

Alimentación y refrigeración para aplicaciones de VoIP y telefonía IP

Por Viswas Purani

nº 69

Sumario

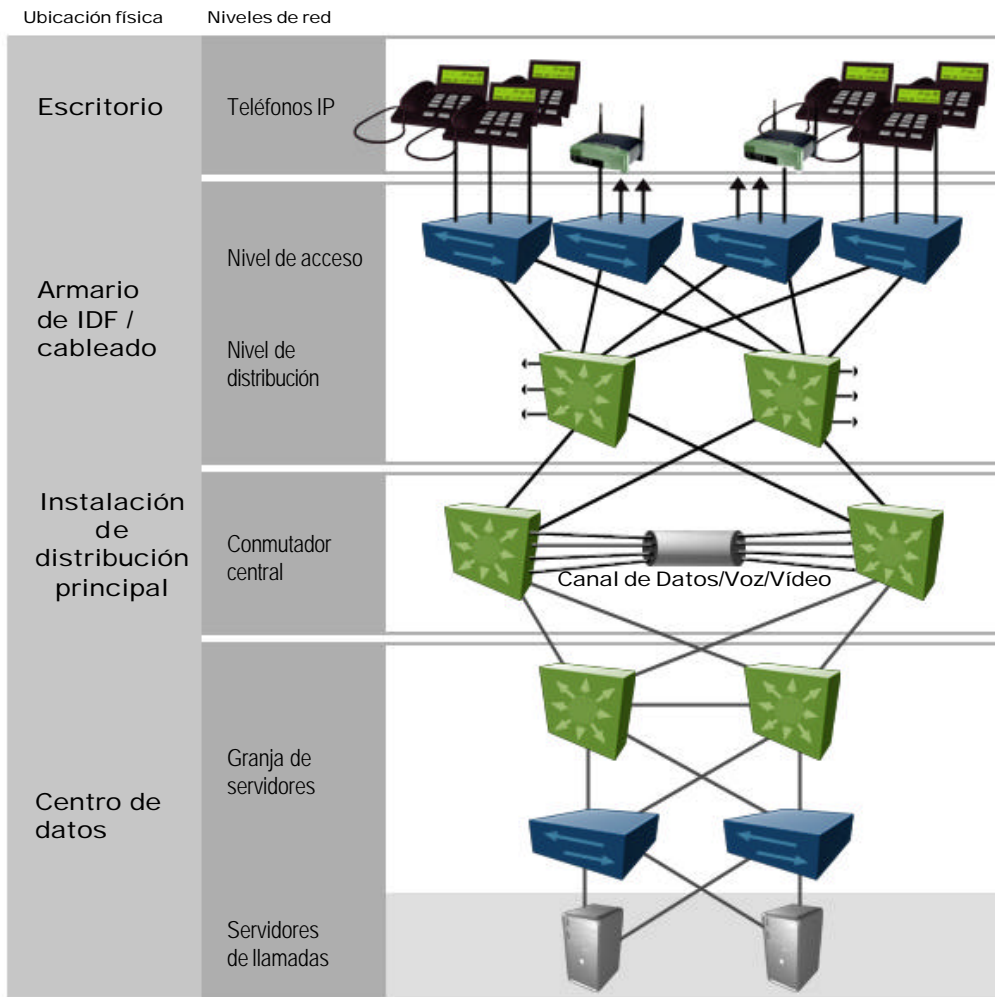
Las implantaciones de voz sobre IP (VoIP, Voice Over IP) pueden ocasionar requisitos de alimentación y refrigeración inesperados o imprevistos en los armarios y salas de cableado. La mayoría de los armarios de cableado no disponen de alimentación ininterrumpida y no proporcionan la ventilación o refrigeración necesaria para evitar que los equipos se sobrecalienten. La comprensión de las necesidades de alimentación y refrigeración exclusivas de los equipos de VoIP permite planificar una implantación con éxito y rentable de VoIP. En este documento se explica cómo se deben planificar las necesidades de alimentación y refrigeración de VoIP y se describen estrategias sencillas, rápidas, fiables y rentables tanto para actualizar instalaciones antiguas como para construir nuevas instalaciones.

Introducción

Para sustituir las centralitas telefónicas privadas conectadas a la red pública (PBX, Private Branch Exchange) y los sistemas de telecomunicaciones heredados, VoIP y la telefonía IP deberán proporcionar una disponibilidad similar o superior. Uno de los principales motivos por los que el sistema PBX heredado tiene alta disponibilidad es el hecho de que dispone de respaldo de batería integrado con un largo tiempo de funcionamiento, proporcionando alimentación al teléfono a través de la red. La telefonía IP deberá explotar el concepto contrastado sobre el terreno durante mucho tiempo de proporcionar alimentación junto con la señal para ofrecer la disponibilidad esperada. De ahí que el armario de cableado heredado, que se utiliza para alojar dispositivos pasivos como paneles de conexiones y concentradores, deba ahora alojar conmutadores, routers y SAI de alta potencia con un largo tiempo de funcionamiento. La refrigeración y el flujo de aire en estos armarios de cableado adquieren importancia para garantizar su funcionamiento continuado.

Una red típica de telefonía IP está integrada por niveles y cada nivel está formado por componentes que residen en una de las cuatro ubicaciones físicas (Figura 1). Los requisitos de alimentación y refrigeración de estas cuatro ubicaciones varían, según se describe en los siguientes apartados.

Figura 1: Niveles y ubicaciones de una red típica de telefonía IP



Dispositivos de comunicaciones

Los dispositivos/puntos finales típicos de telecomunicaciones son los teléfonos IP (Figura 2a) y los concentradores inalámbricos (Figura 2b), así como los portátiles que utilizan teléfonos de software con funciones de telefonía estándar. Estos teléfonos IP generalmente consumen 6 ó 7 vatios, pero algunos dispositivos pueden tener un consumo más alto. Una nueva normativa en proyecto, la IEEE 802.3af, limita a 350 mA el consumo medio de alimentación para dichos dispositivos desde cables CAT5 y especifica las clavijas a través de las que se puede transmitir alimentación. La red que cumpla este nuevo estándar

proporcionará aproximadamente 15 W de alimentación en una distancia de 100 M (328 ft). Para un consumo superior, los dispositivos de comunicaciones deberán confiar en fuentes de alimentación externas, como adaptadores integrables.

Figura 2a: Teléfono IP



Figura 2b: Concentrador inalámbrico



Entorno

Estos dispositivos de comunicación están situados en escritorios, algunas veces montados en la pared y utilizados en entornos de oficina. En las redes de nueva implantación o actualización, lo más probable es que reciban la alimentación de las líneas de datos. No obstante, en algunos casos deben ser alimentados desde las tomas de pared.

Problemas

Por lo general, los teléfonos IP deben estar disponibles en la misma medida que los teléfonos PBX heredados a los que sustituyen. El mayor problema que se debe solucionar en ese sentido es garantizar su funcionamiento continuado incluso cuando se produce un fallo de alimentación de red continuado.

Mejores prácticas

El envío de la alimentación a través de la línea de datos del teléfono (la denominada alimentación 'en línea') es la mejor forma de solucionar este problema. De esta forma se elimina el problema de tener que garantizar la alimentación en la ubicación del escritorio. Ahora la alimentación del teléfono se realiza desde el conmutador de red situado en el armario de cableado, con el apoyo de un sistema SAI con un largo tiempo de funcionamiento. Para los dispositivos de comunicación alimentados desde tomas de pared (sin utilizar alimentación en línea), puede proporcionarse un sistema SAI con un largo tiempo de respaldo a batería (cuatro, seis, ocho o más horas).

Distribuidor intermedio (IDF)

Los armarios de IDF o cableado están compuestos por conmutadores de acceso y distribución de nivel 2, nivel 3, concentradores, routers, paneles de conexiones, un sistema SAI con un respaldo a batería, así como cualquier otro equipo de telecomunicaciones montado en un rack de dos filas (Figura 3a y 3b).

Muchos conmutadores nuevos tienen la capacidad integrada de suministrar alimentación a través de las líneas de datos (denominadas fuentes de alimentación "end-span") para proporcionar alimentación a los dispositivos de comunicaciones. Para los conmutadores que no tienen esta capacidad, se utiliza una fuente de alimentación "mid-span" para inyectar alimentación en línea.

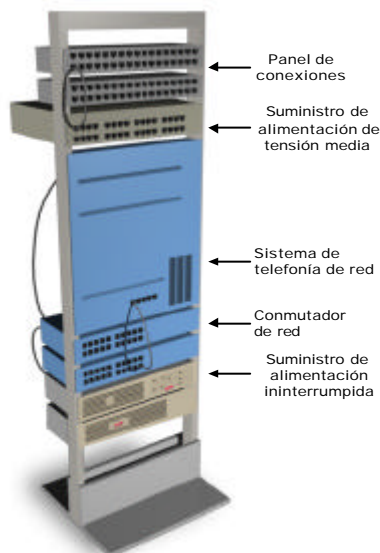


Figura 3a: IDF (armario de cableado)

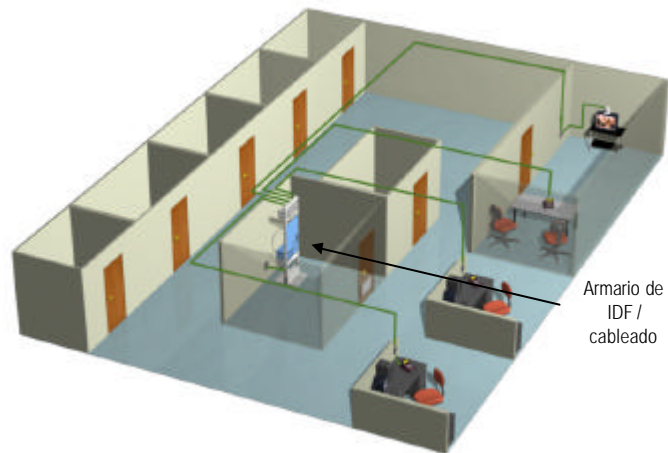


Figura 3b: Diseño típico de IDF

Entorno

Estos IDF o armarios de cableado suelen estar ocultos en alguna ubicación remota del edificio con poca o escasa ventilación e iluminación. Salvo que el cliente se vaya a trasladar a un nuevo edificio, lo más probable es que desee reutilizar estos armarios de cableado. Las redes de telecomunicaciones heredadas generalmente utilizan armarios de cableado principalmente para bloques de perforación, paneles de conexiones y algunos concentradores o conmutadores pequeños apilables, pero la mayor parte de los equipos de telefonía IP utiliza y disipa considerablemente más energía. Estos nuevos conmutadores de telefonía IP suelen ser de tipo montado en rack de 19 pulgadas y tienen patrones de flujo de aire variables, dependiendo del fabricante (por ejemplo, de lado a lado, de delante a atrás, etc.). Un IDF típico alojará de 1 a 3 racks de equipos y consumirá de 500 W a 4000 W de alimentación CA monofásica.

Problemas

Al implantar VoIP y telefonía IP, estos IDF exigen una mayor atención en términos de alimentación y refrigeración. Tienen un consumo de alimentación del rango de los 500 W pero puede llegar hasta los 4000 W monofásica a 120 ó 208 V CA, dependiendo de la arquitectura de la red y del tipo de conmutador que se utilice. Garantizar que se utiliza el tipo adecuado de receptáculo (como L5-20, L5-30, L6-20, L6-30) y la cantidad de alimentación adecuada con la protección de cortocircuito correcta para todos los equipos de red, SAI y PDU en el armario de distribución representa un reto. A menudo, la refrigeración y el flujo de aire son un problema mayor al trabajar con estos armarios de cableado aunque se ignoren.

Mejores prácticas

Todos los equipos del IDF deben estar protegidos por un sistema SAI. La selección del sistema SAI se basa en:

- la alimentación total necesaria en vatios
- el tiempo de funcionamiento necesario en minutos
- el nivel de redundancia o tolerancia a errores deseado
- los voltajes y receptáculos requeridos

El sistema SAI se dimensiona en función de la suma de los índices de vatios de las cargas. Un SAI común montado en rack como el APC Smart-UPS (Figura 4a) proporcionará aproximadamente un 99,99 % de disponibilidad de alimentación, mientras que un SAI redundante N+1 con derivación integrada como el APC Symmetra RM (Figura 4b), con una hora de tiempo de funcionamiento, proporcionará aproximadamente un 99,999 %, que es suficiente para la mayoría de aplicaciones. Consulte los detalles sobre el análisis de disponibilidad en el Apéndice.

Figura 4a: APC Smart-UPS



Figura 4b: APC Symmetra RM



Los productos SAI están disponibles con paquetes de batería para proporcionar distintas duraciones de tiempo de funcionamiento. Los productos del tipo que se muestra en las figuras 4a y 4b tienen paquetes de batería opcionales, que pueden utilizarse para ampliar el tiempo de funcionamiento hasta 24 horas.

Para algunas aplicaciones críticas, como el servicio 112, pueden ser necesarios niveles de disponibilidad superiores al 99,999 %. Estos requisitos podrían cumplirse duplicando el número de conmutadores, cables y SAI, y utilizando arquitecturas eléctricas que permitan realizar un mantenimiento concurrente mediante el respaldo de un generador. Muchas empresas, como American Power Conversion Corporation, cuentan con servicios de consultoría dedicados para evaluar y recomendar infraestructuras de alimentación de alta disponibilidad para estas redes críticas.

Por último, identificar los conectores y receptáculos necesarios para todos los equipos, incluido el SAI, en el armario de cableado. Lo ideal sería que todos los equipos se conectaran directamente a la parte posterior del SAI o del transformador y se evitara el uso de bandas de salida adicionales o PDU de rack. No obstante, cuando existe un gran número de equipos, puede resultar poco práctico y debe utilizarse una banda de PDU de rack. En tal caso, deberá utilizarse una PDU de rack de alta calidad específicamente diseñada para esta finalidad. La PDU deberá tener suficientes receptáculos para conectar todos los equipos actuales y algunos de recambio para cubrir posteriores necesidades. Las PDU con un medidor que indica el consumo de alimentación actual son preferibles, ya que reducen los errores humanos como la sobrecarga accidental y las consecuentes caídas de carga.

Para la selección correcta del modelo SAI adecuado que cubra el nivel necesario de alimentación, redundancia, voltaje y tiempo de funcionamiento, el proceso se simplifica si se utiliza un selector de SAI como el de APC que encontrará en <http://www.apcc.com/template/size/apc/>. Este sistema contiene datos de alimentación de todos los conmutadores, servidores y dispositivos de almacenamiento más comunes, lo que evita tener que recopilar esta información. En sistemas como éste, la elección de configurar un SAI proporcionará distintas opciones de receptáculo.

Para garantizar el funcionamiento continuado de los equipos del armario de cableado 7 x 24 x 365, es necesario identificar y tratar los problemas de refrigeración y flujo de aire. Debe calcularse la disipación de energía en el armario de cableado para decidir una forma rentable de solucionar el problema (consulte la Tabla 1). Lo más importante que cabe observar es que muchos conmutadores de red consumen mucha energía; no obstante, esto no significa que disipen toda la energía consumida en el armario de cableado. Por ejemplo, un conmutador de nivel 2 puede consumir 1800 W de energía pero podría disipar sólo entre 200 y 500 W en el armario. El resto de la alimentación se suministra a través de la red a los distintos teléfonos IP repartidos y dispersados por toda la zona de oficinas.

Tabla 1: Hoja de trabajo para el cálculo de la energía térmica producida por el armario de cableado de VoIP

Elemento	Datos necesarios	Cálculo de la energía térmica producida	Subtotal de energía térmica producida
Conmutadores sin alimentación en línea, otros equipos de TI (salvo unidades de alimentación "mid-span")	Suma de la potencia nominal de entrada en vatios	Igual al total de alimentación de carga de TI en vatios	_____ vatios
Conmutador con capacidad de alimentación en línea	Potencia nominal de entrada en vatios	0,6 x valor nominal de alimentación de entrada	_____ vatios
Unidades de alimentación "mid-span"	Potencia nominal de entrada en vatios	0,4 x valor nominal de alimentación de entrada	_____ vatios
Iluminación	Valor nominal de alimentación de los dispositivos de iluminación encendidos permanentemente en vatios	Valor nominal de alimentación	_____ vatios
Sistema SAI	Valor nominal de alimentación del sistema SAI (no la carga) en vatios	0,09 x valor nominal de alimentación del SAI	_____ vatios
Total	Subtotales de arriba	Suma de los subtotales de energía térmica producida	_____ vatios

Una vez calculada la energía disipada en el armario de cableado, siga las directrices generales que se indican en la Tabla 2.

Tabla 2: Hoja de trabajo para soluciones de refrigeración de armarios de cableado de VoIP

Carga térmica total en el armario	Estado	Análisis	Acción
< 100 W	La media de los espacios del edificio están acondicionados	La conducción e infiltración de las paredes será suficiente	Ninguno
< 100 W	La media de los espacios del edificio son hostiles, sin sistema HVAC	El aire fresco de fuera de la sala no puede considerarse seguro para utilizarse debido a la temperatura o los contaminantes	Instalar un aire acondicionado para ordenadores independiente en el armario junto al equipo
100 – 500 W	Existe un sistema HVAC de techo bajo (aéreo) y la media de los espacios del edificio están acondicionados	El aire fresco de fuera del armario será suficiente si se aspira, pero la puerta puede bloquear el aire. Conducir aire hacia dentro a través de la puerta y enviar el aire de salida hacia el retorno de HVAC	Colocar una rejilla de retorno en el sistema de ventilación aéreo sobre el armario y colocar una ventilación en la mitad inferior de la puerta del armario.
100 – 500 W	El armario no tiene acceso a ningún sistema HVAC. La media de los espacios del edificio están acondicionados	El aire fresco de fuera del armario será suficiente si se aspira, pero la puerta puede bloquear el aire. Incorporar aire por la parte inferior de la puerta y hacerlo salir por la parte superior de la misma	Colocar una rejilla de escape en la parte superior de la puerta del armario y una ventilación de entrada en la mitad inferior.
500 – 1000 W	Existe un sistema HVAC de techo bajo (aéreo) y la media de los espacios del edificio están acondicionados	El aire fresco de fuera del armario será suficiente si se aspira de forma continua, pero la puerta puede bloquear el aire y es necesario que el ventilador funcione de forma continuada, lo que no se puede asegurar	Colocar una rejilla de retorno con una ayuda de ventilador en la parte superior del armario y una ventilación en la mitad inferior de la puerta del armario.
500 – 1000 W	El armario no tiene acceso a ningún sistema HVAC. La media de los espacios del edificio están acondicionados	El aire fresco de fuera del armario será suficiente si se aspira de forma continuada, pero no hay forma de hacer entrar el aire.	Colocar una rejilla de escape con una ayuda de ventilador en la parte superior de la puerta y una rejilla de ventilación en la mitad inferior de la puerta del armario.
> 1000 W	Existe un sistema HVAC de techo bajo (aéreo) que está disponible y la media de los espacios del edificio están acondicionados	El aire fresco de fuera del armario será suficiente si se aspira directamente a través de los equipos y no recircula nada de aire de escape de los equipos hacia la entrada de los mismos	Colocar los equipos en un estante cerrado con un sistema de barrido de aire de escape caliente y colocar una rejilla de ventilación en la mitad inferior de la puerta del armario.
> 1000 W	El sistema HVAC no es accesible. La media de	Mover aire a través de la puerta no es suficiente. Se requiere refrigeración	Instalar un aire acondicionado para ordenadores

espacios del edificio están acondicionados.	local del aire de escape de los equipos.	independiente en el armario junto al equipo
---	--	---

Por último, se recomienda realizar un control de las condiciones ambientales (como temperatura y humedad) de estos armarios de cableado, ya que ayudará a identificar cualquier condición anormal, dejará suficiente tiempo para medidas proactivas y evitará los tiempos de inactividad.

Distribuidor principal (MDF)

Los MDF se denominan también salas MER (salas de equipos principales) o POP (punto de ping o presencia). Alojan los equipos más críticos de VoIP y telefonía IP, como routers de nivel 3, conmutadores y otros equipos de networking, TI y telecomunicaciones (Figura 5). Las líneas T1 y T3 típicas terminan en un MDF y proporcionan conectividad al servidor troncal de Internet.

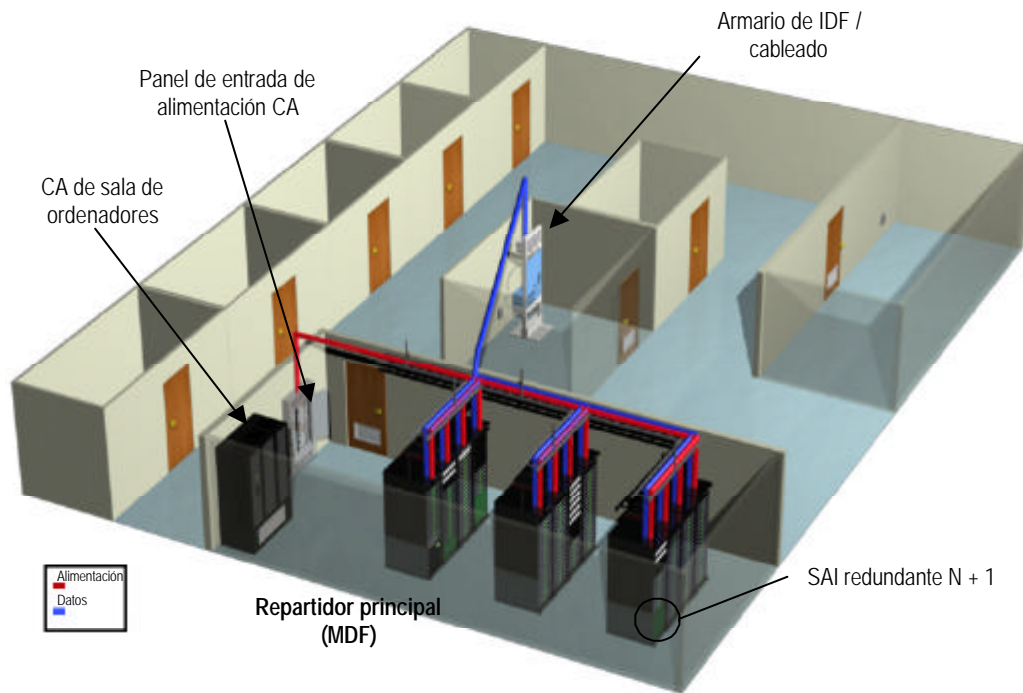


Figura 5: Distribuidor principal

Entorno

Los MDF suelen estar situados en el sótano o el primer piso, proporcionando entrada a los servicios del edificio. Un MDF típico puede tener de 4 a 12 racks de equipos y consumir de 4 kW a 40 kW de corriente de 208 V CA monofásica o trifásica. Puede ser que algunos equipos requieran alimentación -48 V CC. La mayoría de los racks en los MDF son racks abiertos de dos filas que se utilizan para montar varios equipos de telefonía IP y de TI. Estos equipos pueden tener distintos patrones de flujo de aire (por ejemplo, de lado

a lado, de delante a atrás, etc.), y pueden ser de tipo montado en rack de 19 o 23 pulgadas. No obstante, la mayoría de los nuevos equipos de telefonía IP y de TI son de tipo montado en rack de 19 pulgadas.

Problemas

Algunas salas MDF no tienen SAI, muchas no tienen el tiempo adecuado de respaldo de batería y a menudo no disponen de un sistema de refrigeración del aire de precisión dedicado.

Mejores prácticas

Dado que estos MDF alojan varios equipos críticos de red, TI y telefonía, deberían tratarse como un pequeño centro de datos o una sala de ordenadores. Para conseguir aproximadamente un 99,999 % de disponibilidad de alimentación, la sala de MDF debería protegerse con un SAI modular y redundante con derivación interna y un mínimo de treinta minutos de tiempo de respaldo. Los tiempos de funcionamiento superiores con niveles superiores de disponibilidad, como 99,9999 % o 99,99999 %, pueden conseguirse duplicando el número de conmutadores, cables y SAI, y utilizando arquitecturas eléctricas que se puedan mantener de forma simultánea con respaldo de generador. Empresas como American Power Conversion Corporation cuentan con servicios de consultoría dedicados para evaluar y recomendar arquitectura de alta disponibilidad para esta infraestructura para redes críticas.

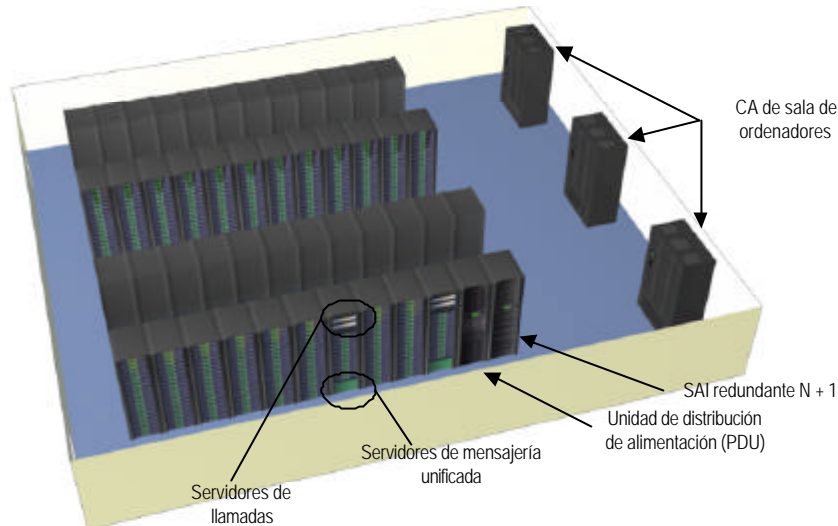
Los MDF deben tener sus propias unidades de aire acondicionado de precisión con monitorización de las condiciones ambientales. Para las aplicaciones críticas que requieren una mayor disponibilidad, debería considerarse la instalación de unidades de aire acondicionado redundantes. Para los racks de alta densidad de alimentación (> 3 kW/rack) deberían utilizarse unidades adicionales de distribución y extracción de aire para evitar los puntos calientes. Al contrario que los servidores y dispositivos de almacenamiento, muchos conmutadores utilizan flujo de aire de lado a lado. Esto crea problemas especiales al instalarlos en un entorno donde se utilizan racks cerrados. Estos problemas se discuten de forma detallada en el documento útil nº 50 de APC, "Cooling Solutions for Rack Equipment with Side-to-Side Airflow" (sólo disponible en inglés).

Centro de datos o grupo de servidores

El centro de datos o grupo de servidores (Figura 6) aloja todos los servidores de aplicaciones de telefonía IP junto con el software correspondiente, como administradores de llamadas, mensajería unificada, etc. Además, según la arquitectura de la red y el tamaño de la organización, puede alojar también conmutadores centrales (nivel 3) y conmutadores de distribución (nivel 2). Dependiendo de su tamaño (pequeño, medio o grande), un centro de datos o grupo de servidores típico puede alojar desde unas decenas hasta cientos de racks, cargados con decenas o cientos de servidores y varios sistemas de TI,

networking y sistemas informáticos que ejecuten aplicaciones críticas para la empresa, como ERP, CRM y otros servicios basados en Web.

Figura 6: Centro de datos o grupo de servidores típico



Entorno

Los centros de datos suelen encontrarse en oficinas corporativas. El consumo de alimentación oscila entre los 10 kW de alimentación 208 V CA monofásica o trifásica, como mínimo, hasta miles de kilovatios de alimentación 480 V CA trifásica, como máximo. Puede haber algún requisito menor de alimentación de -48 V CC para algunas cargas de telecomunicaciones, pero predominantemente serán todo cargas de alimentación CA. La mayoría de los centros de datos tienen un SAI con respaldo de batería, generador y unidades de aire acondicionado de precisión.

Problemas

Los servidores y conmutadores de telefonía IP son básicamente una carga incremental incidental para el centro de datos que puede requerir un tiempo de funcionamiento, una redundancia y disponibilidad superiores a otros equipos de TI y networking.

Mejores prácticas

Aunque el centro de datos puede tener su propio SAI y generador, muchas veces puede ser adecuado proporcionar un SAI redundante independiente con un tiempo de respaldo de batería más largo para los equipos de telefonía IP. Identifique y agrupe en un área independiente los aparatos de telefonía IP que requieran un tiempo de funcionamiento más largo y una mayor disponibilidad, en racks separados en el centro de datos. Provéalos de un SAI dedicado con un tiempo de funcionamiento más largo y disponibilidad N+1, N+2, según sea necesario. Este concepto de "disponibilidad prevista" ayuda a aumentar la disponibilidad de los equipos de telefonía IP críticos para la empresa sin necesidad de incurrir en grandes gastos de capital para todo el centro de datos. Para los centros de datos y redes de alta disponibilidad,

pueden considerarse niveles superiores de redundancia, como doble alimentación desde generadores y doble SAI N+1 con rutas de doble alimentación en todo el recorrido hasta el servidor y otros equipos críticos del rack.

Asegúrese de que los equipos de aire acondicionado de precisión del centro de datos tengan suficiente capacidad de refrigeración para los nuevos equipos adicionales de telefonía IP. Puede considerarse la instalación de unidades de aire acondicionado redundantes para una mayor disponibilidad. Para los racks de alta densidad de alimentación (> 3 kW/rack) deberían utilizarse unidades adicionales de distribución y extracción de aire para evitar los puntos calientes. Los errores evitables que se producen habitualmente al instalar sistemas de refrigeración y racks en centros de datos o salas de red afectan a la disponibilidad e incrementan los costes. Si desea obtener más información sobre este tema, consulte el documento útil nº 49 de APC, "Avoidable Mistakes that Compromise Cooling Performance in Data Centers and Network Rooms" (sólo disponible en inglés).

Conclusión

Los dispositivos de comunicaciones tal y como se utilizan en los entornos de oficina no plantean problemas. De forma similar, no plantean problemas importantes en los centros de datos o grupos de servidores, ya que los equipos de telefonía IP son sólo una carga incremental incidental. No obstante, puede proporcionarse 'disponibilidad prevista' a los servidores y conmutadores críticos de telefonía IP. Con los MDF hay un problema relativo con el tiempo de funcionamiento disponible, que puede solucionarse proporcionando un generador o respaldo de batería mayor mediante un SAI. Los mayores problemas en términos de alimentación y refrigeración residen en los armarios de cableado. Un SAI pequeño y dedicado con tiempo de funcionamiento ampliado es una solución rentable en comparación con un gran SAI central que alimente todos los armarios de cableado. La refrigeración es un problema especial de los armarios de cableado, donde la ventilación no es suficiente en muchos casos. En algunos casos es necesario aire acondicionado para puntos concretos.

Bibliografía

1. [Documento útil nº 37 de APC: "Evitar costes de sobredimensionamiento en la estructura para Centros de Proceso de Datos \(Datacenters\)"](#)
2. [Documento útil nº 5 de APC: "Requisitos esenciales de los centros de datos de la siguiente generación en cuanto al sistema de refrigeración"](#)
3. [Documento útil nº 24 de APC: "Effect of UPS on System Availability" \(disponible sólo en inglés\)](#)
4. [Documento útil nº 43 de APC: "Dynamic Power Variations in Data Centers and Network Rooms" \(disponible sólo en inglés\)](#)

5. [Documento útil nº 1 de APC: "The Different Types of UPS Systems" \(disponible sólo en inglés\)](#)
6. Documento útil de APC nº 50: "Cooling Solutions for Rack Equipment with Side-to-Side Airflow"
(sólo disponible en inglés)
7. Documento útil de APC nº 49: "Avoidable Mistakes that Compromise Cooling Performance in Data Centers and Network Rooms" (sólo disponible en inglés)

Referencias

1. [American Power Conversion Corporation](#)
2. [Avaya](#)
3. [Cisco Systems](#)
4. [Nortel Networks](#)
5. [3COM](#)
6. [IEEE](#)

Acerca del autor:

Viswas Purani es director de Tecnologías y aplicaciones emergentes de APC en RI, EE.UU. Tiene 16 años de experiencia global en el sector de la electrónica de alimentación. Es diplomado con especialización en ingeniería electrónica en India y ha participado en transferencias de tecnología de SAI, unidades de CA/CC de las principales empresas europeas y americanas, a India. Obtuvo su licenciatura en administración de empresas con especialización en negocios internacionales en los EE.UU. y ha creado con éxito una empresa de soporte para centros de datos en Oriente Medio, y es distribuidor de semiconductores Motorola en el oeste de India. Ha trabajado para APC durante siete años y ha sido director de productos y programas de las líneas Symmetra e InfraStruxure, participando activamente en su diseño, desarrollo, lanzamiento y soporte mundial.

Apéndice

Enfoque de análisis de disponibilidad

El centro científico de disponibilidad de APC utiliza un enfoque integrado de análisis de disponibilidad para calcular los niveles de disponibilidad. Este enfoque utiliza una combinación de modelado de diagramas de bloques de fiabilidad (RBD, Reliability Block Diagram) y espacio - estado (State Space) para representar el modelo que se desea modelar. Los RBD se utilizan para representar subsistemas de la arquitectura, y los diagramas de estado - espacio, también denominados diagramas de Markov, se utilizan para representar los distintos estados que puede tener la arquitectura eléctrica. Por ejemplo, cuando la instalación falla, el SAI pasa a funcionar mediante batería. Todas las fuentes de datos para el análisis se basan en terceros aceptados por el sector, como IEEE y RAC (Tabla A2). Estos niveles de disponibilidad estadística se basan en suposiciones validadas independientemente.

Doctora Joanne Bechta Dugan, profesora de la Universidad de Virginia.

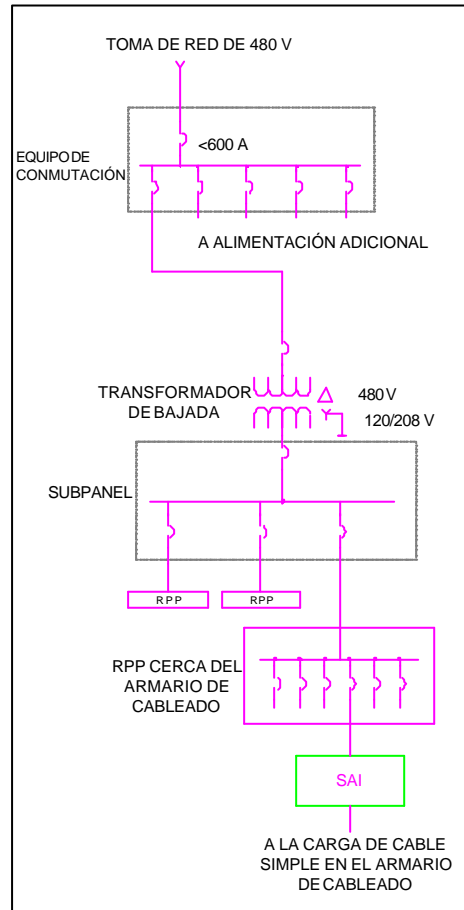
“El análisis [me ha parecido] creíble y metodológicamente sólido. La combinación de diagramas de bloques de fiabilidad (RBD) y modelos de recompensa de Markov (MRM, Markov Reward Models) es una elección excelente que permite combinar la flexibilidad y precisión de los modelos MRM con la simplicidad de los diagramas RBD.”

Un análisis de disponibilidad se realiza para cuantificar el efecto de varias arquitecturas eléctricas. Se calcularon y compararon entre sí las disponibilidades de 26 arquitecturas distintas. A continuación, se eligieron seis arquitecturas para representar la arquitectura BUENA, MÁS BUENA y MEJOR para un armario de cableado y para un centro de datos. Las opciones se basan en los balances entre coste y disponibilidad. Las seis arquitecturas elegidas se muestran a continuación con sus resultados de disponibilidad.

Arquitecturas para armario de cableado o IDF

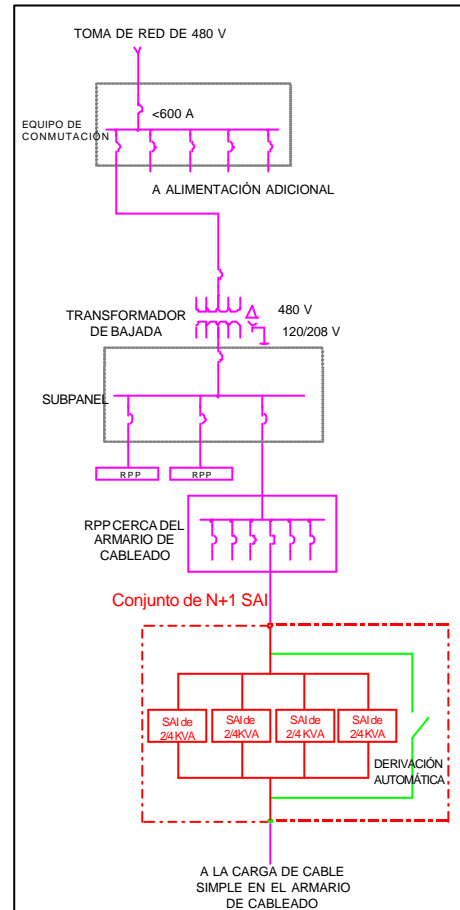
BUENA

CARGA DE CABLE SIMPLE
 Tiempo de funcionamiento
 de batería = 1 Hr
 4-9s
 99.9979872%



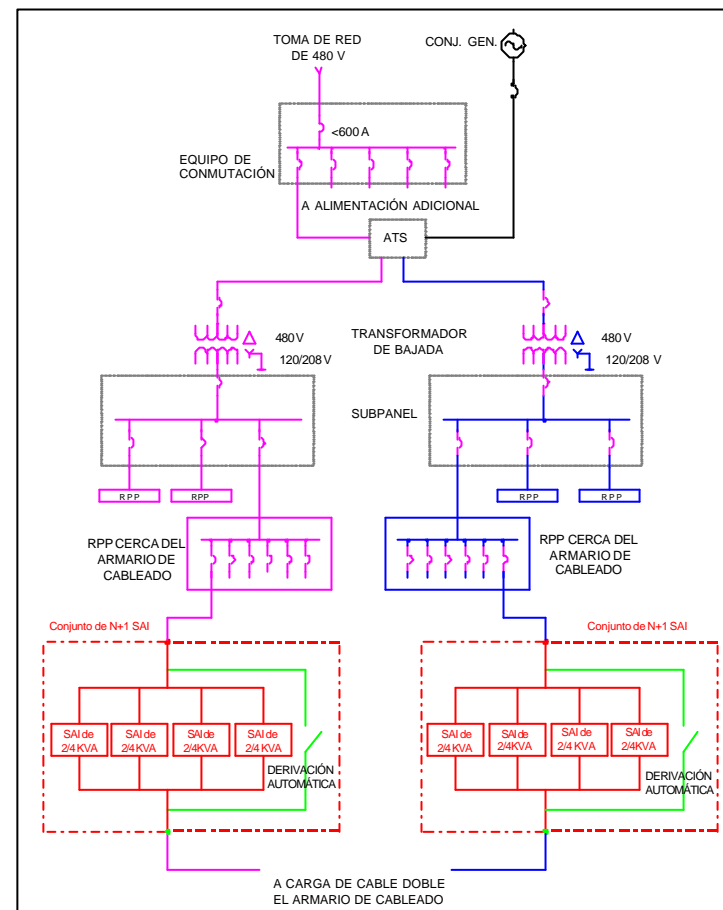
MAS BUENA

CARGA DE CABLE SIMPLE
 Tiempo de funcionamiento
 de batería = 1 Hr
 5-9 s
 99.99938958%



BEST

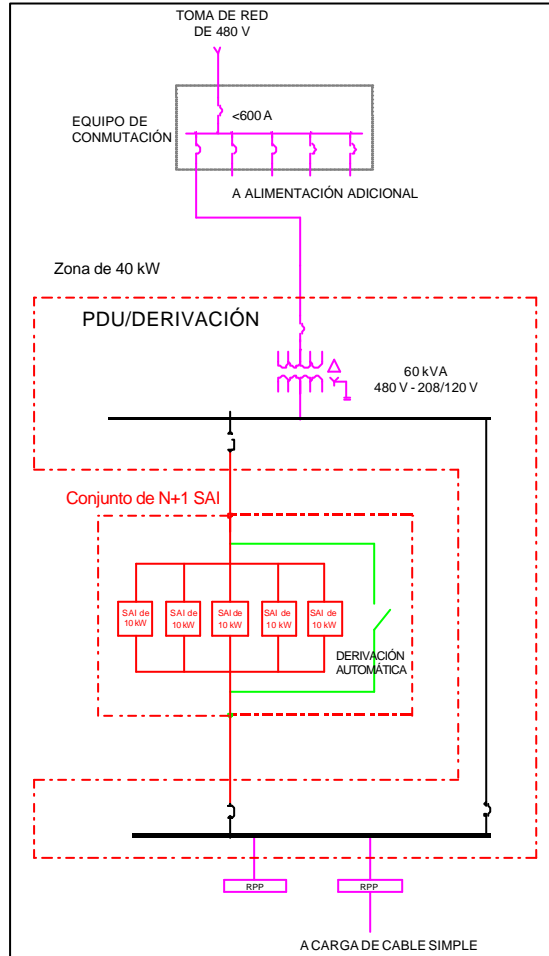
CARGA DE CABLE DOBLE
 Tiempo de funcionamiento
 de batería = 1 Hr
 6-9s
 99.9995489%



Arquitecturas para centro de datos o MDF

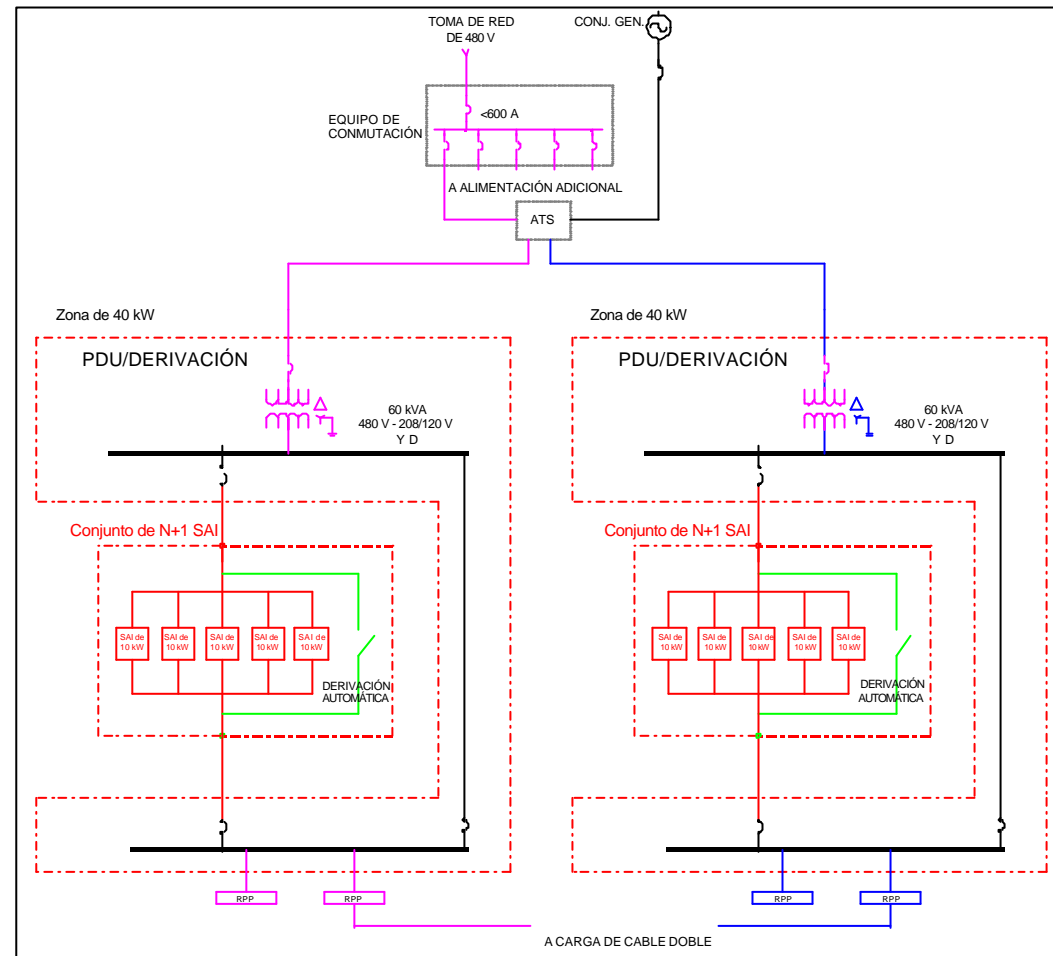
BUENA

CARGA DE CABLE SIMPLE
 Tiempo de funcionamiento
 de batería = 1/2 Hr
 4-9 s
 99.99860878%



MAS BUENA

CARGA DE CABLE DOBLE
 Tiempo de funcionamiento
 de batería = 1/2 Hr
 6-9 s
 99.99994652%



Arquitecturas para centro de datos o MDF

MEJOR

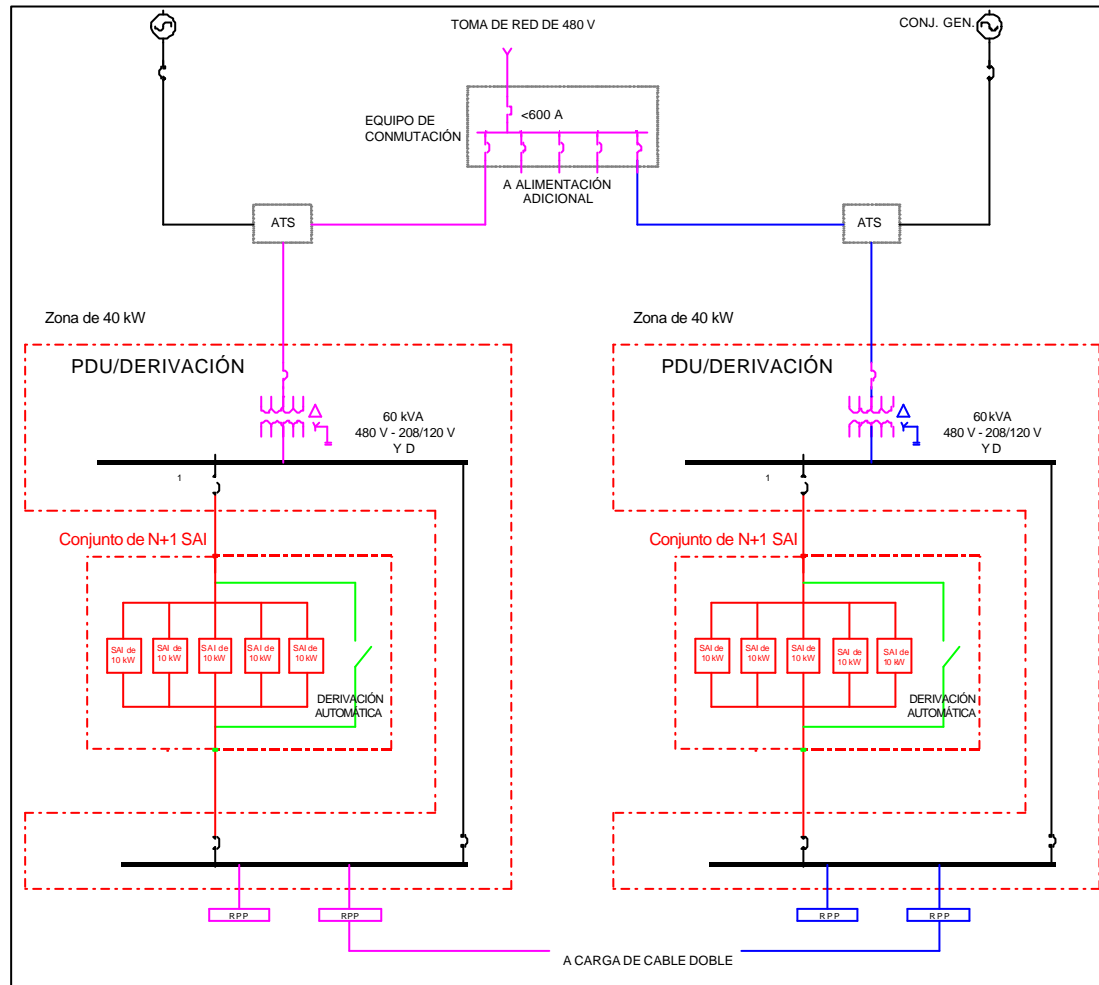
CARGA DE CABLE DOBLE

Tiempo de funcionamiento

de batería = 1/2 Hr

7-9 s

99.99999517%



Datos utilizados en el análisis

La mayor parte de los datos utilizados para modelar las arquitecturas son de terceras partes. Los datos de los ATS de rack se basan en datos de campo del producto ATS de rack de APC, que ha estado en el mercado durante unos 5 años aproximadamente y tiene una base importante de instalaciones. En este análisis se han incluido los siguientes componentes clave:

- 1.terminaciones
- 2.cortacircuitos
- 3.sistemas SAI
- 4.PDU
- 5.conmutador de transferencia estática (STS)
6. conmutador de transferencia automática (ATS) de rack
7. generador
8. conmutador de transferencia automática (ATS)

La PDU se divide en tres subcomponentes básicos: cortacircuitos, transformador de bajada y terminaciones. El subpanel se evalúa a partir del disyuntor principal, un cortacircuitos de bifurcación y terminaciones en todas las series. La Tabla A2 incluye los valores y fuentes de los datos de índice de fallo

$\left(\frac{1}{MTTF}\right)$ e índice de recuperación $\left(\frac{1}{MTTR}\right)$ para cada subcomponente, donde MTTF es el tiempo medio de fallo y MTTR es el tiempo medio de recuperación.

Suposiciones utilizadas en el análisis

Igual que en cualquier análisis de disponibilidad, deben realizarse suposiciones para crear un modelo válido. Éstas se listan en la Tabla A1.

Tabla A1: Suposiciones del análisis

Suposición	Descripción
Datos de fiabilidad	La mayor parte de los datos utilizados para modelar las arquitecturas son de terceras partes. Cuando no había datos disponibles se utilizan estimaciones del sector. Consulte el resumen de los datos de fiabilidad en la Tabla A2.
Índices de fallo de los componentes	Todos los componentes del análisis muestran un índice de fallos constante. Esta es la mejor suposición, dado que los equipos se utilizarán sólo durante su ciclo de vida útil designado. Si los productos se utilizaran más allá del límite de su ciclo de vida útil, debería integrarse no linealidad en el índice de fallos.
Equipos de reparación	Para "n" componentes en serie, se asume que están disponibles "n" personas de reparaciones.
Los componentes del sistema continúan funcionando	Se asume que todos los componentes del sistema se mantienen en funcionamiento mientras se reparan los componentes con fallos.
Independencia de fallos	Estos modelos asumen que la construcción de las arquitecturas descritas se ha realizado según las mejores prácticas del sector. Esto resulta en una probabilidad muy baja de fallos de causa común y de propagación debido al aislamiento físico y eléctrico.
Índice de fallos de cableado	El cableado entre los componentes de las arquitecturas no se ha incluido en los cálculos porque el cableado tiene un índice de fallos demasiado bajo para predecir con certeza y relevancia estadística. Asimismo, trabajos anteriores demuestran que este bajo índice de fallos afecta mínimamente la disponibilidad general. No obstante, se han tenido en cuenta las principales terminaciones.
Errores humanos	El tiempo de inactividad debido a errores humanos no se ha tenido en cuenta en este análisis. Aunque es una causa importante de tiempo de inactividad de los centros de datos, este modelo está destinado a comparar arquitecturas de infraestructura de alimentación y a identificar debilidades físicas de las mismas. Además, faltan datos relativos acerca de la forma en que los errores humanos afectan la disponibilidad.
La disponibilidad de alimentación es la medida clave	Este análisis proporciona información relacionada con la disponibilidad de alimentación. La disponibilidad del proceso empresarial generalmente será inferior porque el retorno de alimentación no resulta inmediatamente en el retorno de la disponibilidad empresarial. Los sistemas de TI generalmente tienen un tiempo de reinicio que añade disponibilidad y que no se tiene en cuenta en este análisis.
El aislamiento de fallos no beneficia	El fallo de cualquier carga crítica se considera un fallo y es equivalente al fallo de todas las cargas al mismo tiempo. Para algunas empresas, el fallo de una carga concreta implica menos consecuencias para la empresa que el fallo de cargas críticas. En este análisis, sólo se ha analizado una carga.

Tabla A2: Componentes y valores

Componente	Índice de fallos	Índice de recuperación	Fuente de datos	Comentarios
Utilidad en bruto	3.887E-003	30.487	EPRI - Se recopilaron los datos de la alimentación de utilidad y se ha calculado una media ponderada de todos los eventos de alimentación distribuida.	Estos datos dependen en gran medida de la ubicación geográfica.
Generador de motor diesel	1.0274E-04	0.25641	IEEE Gold Book Std 493-1997, página 406	El índice de fallos se basa en las horas de funcionamiento. 0,01350 fallos por intento de inicio por Tabla 3-4 pág. 44.
Conmutador de transferencia automática	9.7949E-06	0.17422	Encuesta de fiabilidad / disponibilidad - ASHRAE documento nº 4489	
Terminación, 0-600 V	1.4498E-08	0.26316	IEEE Gold Book Std 493-1997, página 41	
6 terminaciones	8.6988E-08	0.26316	Calculado a partir del valor de IEEE Gold Book Std 493-1997, página 41	Después del transformador, existe una terminación por conductor. Dado que hay 2 conjuntos de terminaciones entre los componentes, se utiliza un total de seis terminaciones.
8 terminaciones	1.1598E-07	0.26316	Calculado a partir del valor de IEEE Gold Book Std 493-1997, página 41	Antes del transformador, existe una terminación por conductor más la neutra. Dado que hay 2 conjuntos de terminaciones entre los componentes, se utiliza un total de ocho terminaciones.
Cortacircuitos	3.9954E-07	0.45455	IEEE Gold Book Std 493-1997, página 40	Fijo (incluido caso modelado), 0-600A
Transformador PDU, bajada	7.0776E-07	0.01667	MTBF de IEEE Gold Book Std 493-1997, página 40, MTTR es la media dada por Marcus Transformer Data and Square D.	< 100 kVA
Conmutador de transferencia estático	4.1600E-06	0.16667	Gordon Associates, Raleigh, NC	El índice de fallos incluye los controles; el índice de recuperación no fue dado por ASHRAE para este tamaño de STS, por lo que el valor utilizado es de 600-1000A STS
Placa madre SAI	7.0000E-07	0.25000	Estimación basada en datos de campo de Symmetra	
UPS con derivación	4.00E-06	3.00000	El índice de fallos es de Power	Estos datos de fallos asumen un SAI

Componente	Índice de fallos	Índice de recuperación	Fuente de datos	Comentarios
			Quality Magazine, edición de feb. 2001. Los datos de índice de recuperación se basan en la suposición de que se mantiene pieza de recambio in situ.	modular con derivación.

Componente	Índice de fallos	Índice de recuperación	Fuente de datos	Comentarios
SAI sin derivación	3.64E-05	3.00000	El índice de fallos es de Power Quality Magazine, edición de feb. 2001. El índice de recuperación se basa en la suposición de 4 horas de personal de servicio para llegar y 4 horas para reparar el sistema	SAI sin derivación. MTBF de 27,440 h sin derivación según MGE "Power Systems Applications Guide"
Conmutador ATS de rack	2.00E-06	3.00000	Datos de campo de conmutador APC redundante	El MTTF del rack ATS se ha calculado que son 2 millones de horas. Se ha utilizado un valor conservador de 500.000 horas.

Modelos estado-espacio

Se han utilizado seis modelos de estado-espacio para representar los distintos estados que pueden producirse en las seis arquitecturas. Además de los datos de fiabilidad, se definieron otras variables para utilizarse en los seis modelos de estado-espacio (Tabla A3).

Tabla A3: Variables de modelo estado-espacio

Variable	Valor	Fuente de datos	Comentarios
PbypassFailSwitch	0.001	Media del sector	Probabilidad de que la derivación no consiga conmutar con éxito a la utilidad en caso de fallo de SAI.
Pbatfailed	0.001	Gordon Associates - Raleigh, NC	Probabilidad de que la carga de SAI caiga cuando se pase a batería. Incluye controles
Pbatfailed (SAI redundante)	0.000001	El cuadrado del valor anterior	Asume que ambos sistemas de batería SAI son completamente independientes
Tbat	1 o ½ hora		Tiempo de funcionamiento de batería dependiendo del escenario
Pgenfail_start	0.0135	IEEE Gold Book Std 493-1997, página 44	Probabilidad de que el generador no arranque. El índice de fallos se basa en las horas de funcionamiento. 0,01350 fallos por intento de inicio

Variable	Valor	Fuente de datos	Comentarios
			según la Tabla 3-4 pág. 44. Esta probabilidad tiene en cuenta también ATS.

Variable	Valor	Fuente de datos	Comentarios
Pgenfail_start (SAI redundante)	0.00911	50 x el cuadrado del valor anterior	Pgenfailed fue reducido por un factor de 50 para tener en cuenta los fallos de causa común entre conjuntos de generador redundantes
Tgen_start	0.05278	Media del sector	Demora de tiempo en el inicio del generador tras un fallo de alimentación. Equivale a 190 segundos