



**SIEMENS**

Totally Integrated Power

# Serie de publicaciones técnicas 3

Modelación de sistemas de alimentación ininterrumpida (SAI) en SIMARIS® design para la aplicación en data centers

[siemens.com/tip-cs](http://siemens.com/tip-cs)

# Serie de publicaciones técnicas 3

## Modelación de sistemas de alimentación ininterrumpida (SAI) en SI-MARIS® design para la aplicación en data centers

### 1. Bases

El sistema de alimentación ininterrumpida de los servidores es fundamental en los data centers para que éstos estén disponibles de manera fiable 24 horas al día y 365 días al año. Para alcanzar este objetivo es indispensable realizar una planificación meticolosa del suministro de energía. Ello incluye la coordinación entre los componentes a utilizar. En este proceso es especialmente importante la selección de los sistemas de alimentación ininterrumpida (SAI) y su integración en el concepto de suministro de energía.

En base a la norma IEC 62040-3 (DIN EN 62040-3; VDE 0558 Parte 530), los fabricantes de SAI pueden identificar sus equipos según la clasificación descrita en esta norma. A continuación se describen parcialmente los criterios de valoración:



Esquema de designaciones: AAA BB CCC  
p.ej.: VFI SS 111 (máxima clasificación)

#### Significado de los elementos de designación:

AAA	BB	CCC
<p><b>AAA</b></p> <p>El valor característico describe la dependencia de la alimentación de salida del SAI durante la operación normal en caso de cambios de tensión y de frecuencia en la alimentación de entrada en corriente alterna.</p> <p><b>"VFD"</b> (<i>Voltage and Frequency Dependent – dependiente de tensión y frecuencia</i>): Los SAI con clasificación VFD deben proteger la carga contra fallos de la red.</p> <p>En este caso, la salida del SAI es influenciada por cambios de la tensión alterna de entrada y de la frecuencia, y no es apropiada para asumir funciones de corrección adicionales que puedan resultar, por ejemplo, de la aplicación de un autotransformador.</p> <p><b>"VI"</b> (<i>Voltage Independent – independiente de tensión</i>):</p> <p>Al igual que los SAI con VFD, los SAI con clasificación VI deben proteger la carga contra fallos de la red, y al mismo tiempo asegurar la alimentación adicionalmente en caso de</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• subtensión permanente en la entrada</li> <li>• sobretensión permanente en la entrada.</li> </ul> <p>La salida de un SAI con clasificación VI depende de la frecuencia de la entrada de tensión alterna, y la tensión de salida debe permanecer dentro de los límites de tensión prescritos.</p> <p><b>"VFI"</b> (<i>Voltage and Frequency Independent – independiente de tensión y frecuencia</i>): Los SAI con clasificación VFI son independientes de variaciones en la tensión y frecuencia de alimentación (de la red), y deben proteger la carga contra efectos negativos de estas variaciones sin descargar el sistema de almacenamiento de energía.</p>	<p><b>BB</b></p> <p>Valores característicos dependientes del trazado de la curva de tensión, para los que se hace una distinción entre los modos de operación siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Operación normal o de bypass (primer carácter)</li> <li>• Operación de almacenamiento de energía (segundo carácter)</li> </ul> <p><b>"S"</b>: El trazado de la curva de tensión es sinusoidal.</p> <p>En caso de carga de referencia lineal y no lineal (la especificación exacta figura en la norma IEC 62040-3), la distorsión armónica total es inferior a un 8 %. La forma de la curva se denomina sinusoidal.</p> <p><b>"X"</b>: La forma de la curva solamente es sinusoidal en caso de carga lineal. En caso de carga de referencia no lineal, la forma de la curva ya no es sinusoidal, dado que la distorsión armónica total excede el límite del 8 %.</p> <p><b>"Y"</b>: El trazado de la curva de tensión no es sinusoidal ni en caso de carga de referencia lineal ni en caso no lineal. En ambos casos se excede el valor límite del 8 %.</p>	<p><b>CCC</b></p> <p>Valores característicos para el comportamiento dinámico de la tensión de salida del SAI:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Primera cifra: al cambiar el modo de operación</li> <li>• Segunda cifra: en caso de salto de carga lineal en operación normal o con batería (indicación para el caso más desfavorable)</li> <li>• Tercera cifra: en caso de salto de carga no lineal en operación normal o con batería (indicación para el caso más desfavorable)</li> </ul> <p><b>"1"</b>: Comportamiento operacional necesario para cargas sensibles y críticas. <i>La tensión de salida del SAI permanece dentro de los valores límites de la curva 1</i> (véase IEC 62040-3) en este apartado.</p> <p><b>"2"</b>: Comportamiento operacional admisible para la mayoría de las cargas críticas. <i>La tensión de salida del SAI permanece dentro de los valores límites de la curva 2</i> (véase IEC 62040-3) en este apartado.</p> <p><b>"3"</b>: Comportamiento operacional admisible para la mayoría de las cargas de TI, p.ej. fuentes conmutadas. <i>La tensión de salida del SAI permanece dentro de los valores límites de la curva 3</i> (véase IEC 62040-3) en este apartado.</p>



Con SIMARIS design es posible dimensionar redes eléctricas en base a productos reales con un trabajo mínimo de introducción de datos – desde la media tensión hasta el consumidor (es decir, en caso de un data center, hasta el bastidor en el cual se alimentan los equipos de TIC (TIC: tecnología de información y comunicación)). De este modo se reduce considerablemente el trabajo para la planificación completa de la distribución de energía y el tiempo necesario para seleccionar y dimensionar los equipos eléctricos – obteniendo un alto nivel de seguridad en la planificación.

Al integrar el SAI en la planificación de la distribución de energía, la funcionalidad se clasifica en SIMARIS design

- tanto como **carga**, para seleccionar los componentes de la acometida (transformadores, generadores, cables, canalizaciones, aparatos de maniobra)
- al igual que como **fuente**, para representar los efectos sobre la red subordinada en lo que se refiere a las corrientes máximas de cortocircuito en caso de suministro a través del transformador así como las corrientes mínimas de cortocircuito en caso de operación con inversores.

Los elementos funcionales de un sistema de distribución de energía deben seleccionarse, de acuerdo con la norma EN 50600-2-2, Apartado 6.3.2, según los requisitos de selectividad y resistencia a los cortocircuitos en todos los modos de operación correspondientes y durante distintas fases de operación.

Para alimentar las cargas conectadas, hay que considerar

- la alimentación mediante el SAI
- la alimentación mediante un bypass del SAI.

La alimentación se realiza o bien mediante una red de alimentación (p.ej. alimentación primaria con operación VFI y alimentación secundaria en caso de operación de bypass interno del SAI), o bien mediante una alimentación adicional (p.ej. generador).

Con SIMARIS design se puede verificar el cumplimiento de las condiciones electrotécnicas en la red situada aguas abajo según las normas, como por ejemplo la condición de desconexión según IEC 60364-4-41 (DIN VDE 0100 Parte 410), así como la selectividad.

## 2. Integración de SAI en redes de distribución de energía

En las redes de distribución de energía, los SAI se emplean para proteger aquellos consumidores críticos que, en caso de interrupción del suministro o fallos en la calidad de suministro, pudieran sufrir graves consecuencias como pérdida de datos, parada de producción o problemas de seguridad. Normalmente, la finalidad determina el modo de funcionamiento de un SAI y su correspondiente clasificación. Al integrar el SAI en la red de distribución de energía hay que observar el modo de funcionamiento del SAI para evitar funciones equivocadas y efectos indeseados en caso de defecto o modificaciones operacionales.

Los SAI con doble conversión (en su mayoría, SAI con clasificación VFI) ofrecen la máxima seguridad al desacoplar la alimentación de la carga de la entrada del SAI (véase la Fig. 1), y son la base de las consideraciones siguientes.

Mediante un ejemplo de planificación concreto, a continuación se mostrará la integración de un SAI estático en un concepto para una red de suministro de energía, inclusive simulación del SAI en SIMARIS design.

Partiendo de la suposición de que la entrada para el bypass estático es alimentada por el embarrado de AG (alimenta-

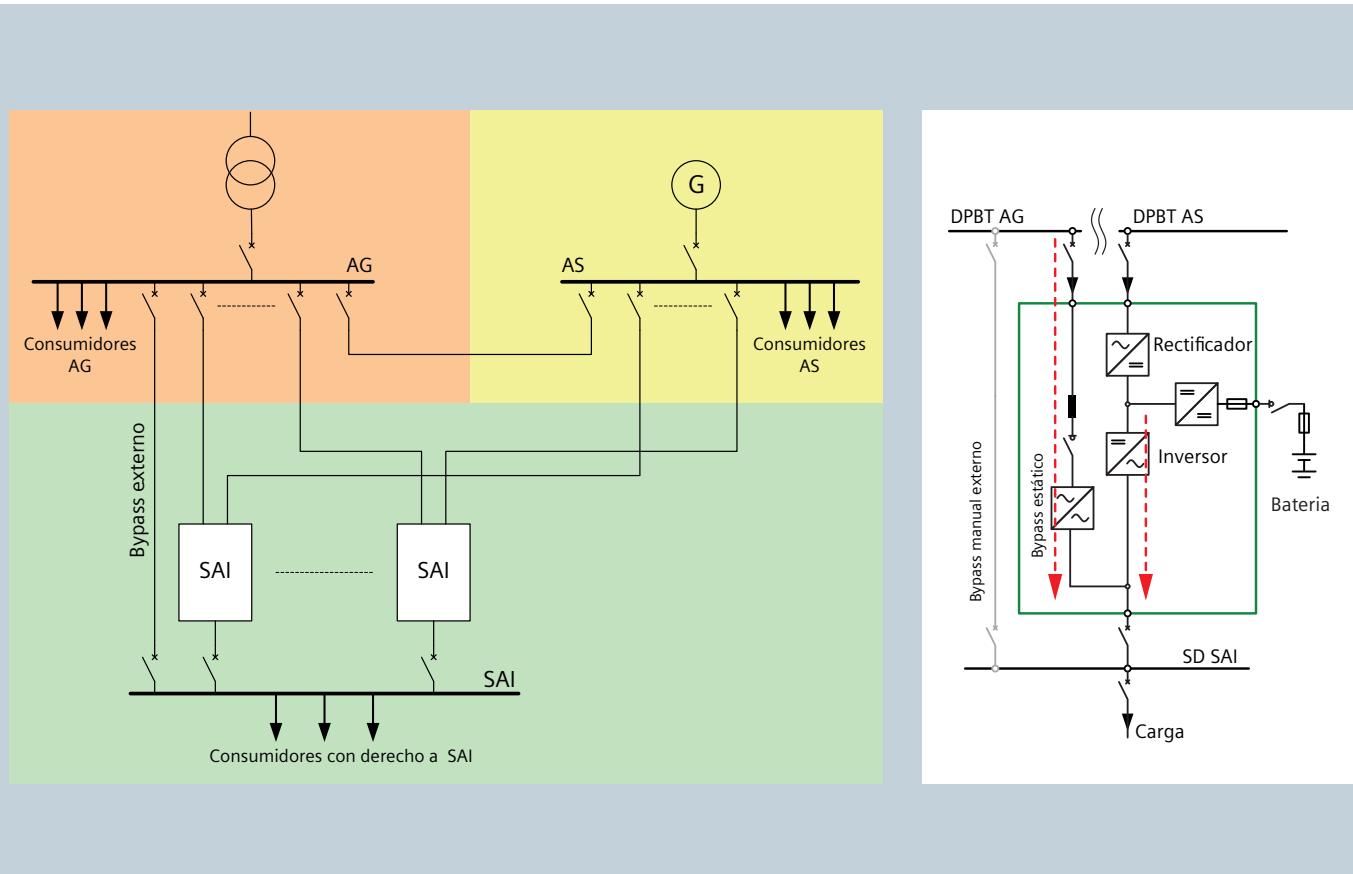
ción por transformador; distribución principal de baja tensión DPBT de la alimentación general AG) y la entrada del rectificador es alimentada por el embarrado de AS (generador, DPBT de la alimentación de seguridad AS), desde la perspectiva del lado de salida del SAI (distribución principal DP SAI) se obtienen condiciones como las representadas en la Fig. 2 de manera simplificada.

El bypass estático es alimentado por la DPBT AG (transformador). De esta manera se tienen en cuenta las altas corrientes de cortocircuito en caso de alimentación por transformador.

En operación con doble conversión, la alimentación del rectificador del SAI a través de la DPBT AS (generador) está desacoplada de la salida del inversor, de modo que las corrientes de defecto en la salida del SAI en operación con inversor quedan determinadas exclusivamente por el inversor y deben ser consideradas según los datos del fabricante.

*Fig. 1:* Integración de SAI con circuito intermedio de c.c. (doble conversión; inglés: double conversion)

*Fig. 2:* Alimentación de un cortocircuito en la salida a través del transformador mediante el bypass y/o mediante el inversor



### 3. Simulación de SAI en SIMARIS design

SIMARIS design ofrece varias posibilidades para simular los SAI, de las cuales aquí solamente se representa la simulación detallada según la Fig. 3. En este contexto hay que observar que la simulación de los modos de funcionamiento del SAI se realiza conjuntamente mediante elementos SIMARIS design y mediante la configuración de distintos modos de operación.

En la Fig. 3, los componentes esenciales para el funcionamiento del SAI están marcados con cajas de color. La caja roja marca el SAI de manera simbólica:

**Amarillo: Bypass de SAI interno, estático** en un interruptor de salida de la DPBT AG a la salida del SAI

**Verde: Inversor** como fuente de energía conectada a la salida del SAI

**Rojo oscuro: Rectificador** como carga para la alimentación del inversor y carga de batería en la distribución de entrada desde el embarrado del generador

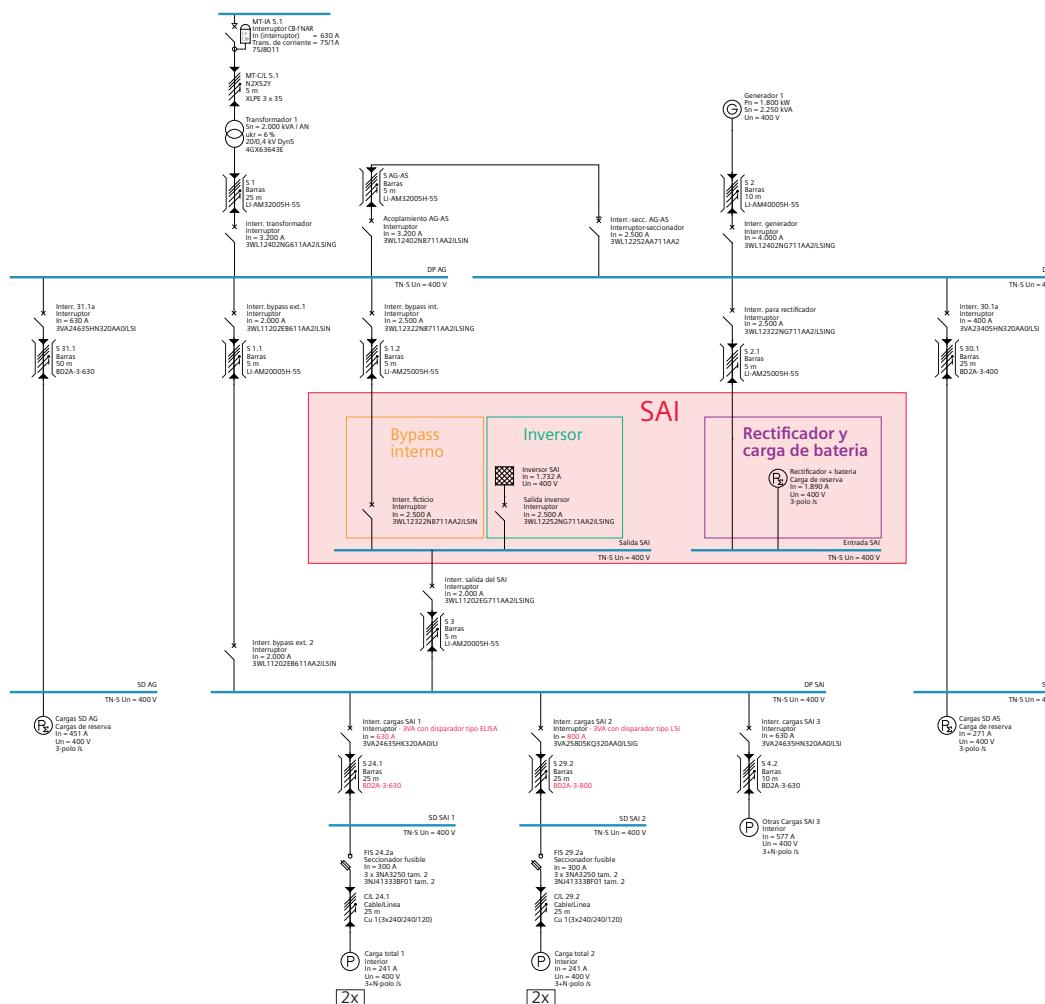
Nota: En los requisitos para el rectificador también hay que considerar, aparte de la carga de la batería, las pérdidas del SAI durante el servicio.

Además, en la Fig. 3 se representan los tres tipos de alimentación de energía a través de las subdistribuciones correspondientes:

- Alimentación general AG (subdistribución SD AG)
- Alimentación de seguridad AS (subdistribución SD AS)
- Sistema de alimentación ininterrumpida (subdistribución SD SAI)

Adicionalmente, la Fig. 3 muestra – en la subdistribución del SAI – una comparación entre un interruptor automático de caja moldeada 3VA con la unidad de disparo ELISA y un interruptor automático 3VA con una unidad de disparo LSI. Las ventajas proporcionadas por el ajuste de la característica de disparo ELISA a la característica de un fusible se sugieren. El ejemplo también se encuentra en el archivo de SIMARIS design adjunto. Para más información puede contactar con su colaborador de TIP en Siemens.

Fig. 3: Simulación detallada de SAI en SIMARIS design



Para los diferentes modos de funcionamiento del SAI, en SIMARIS design pueden definirse y calcularse distintos modos de operación (Fig. 4):

- Operación normal VFI del SAI ①:

Operación del SAI con doble conversión a través de rectificador e inversor alimentados por transformador

- Operación VFI del SAI a través de generador ②:

Operación del SAI con doble conversión a través de rectificador e inversor alimentados por generador

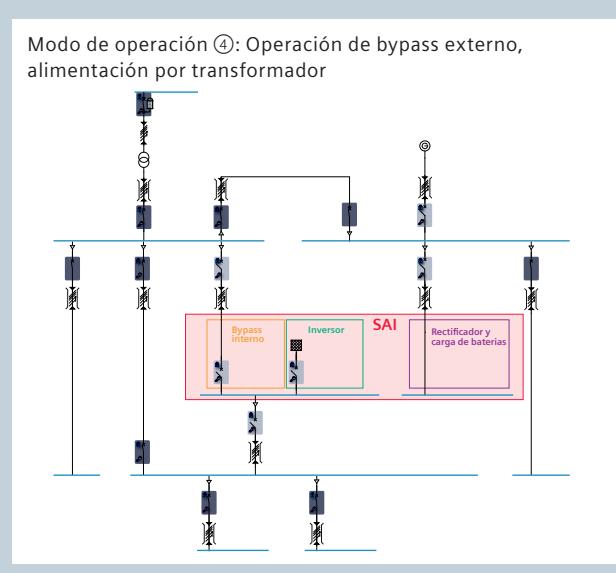
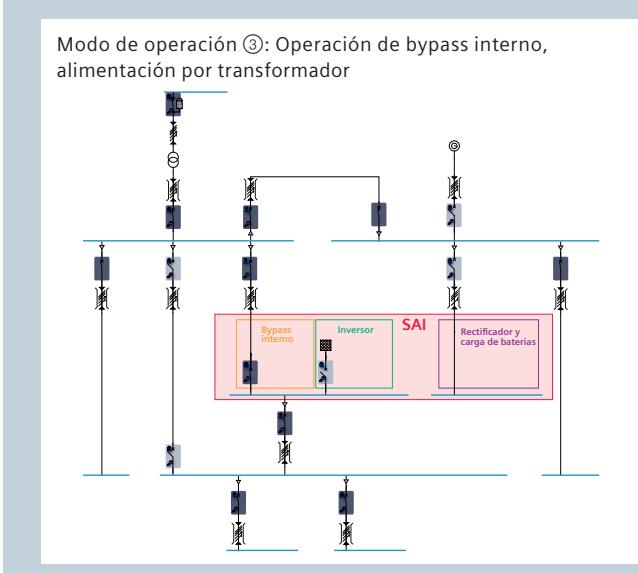
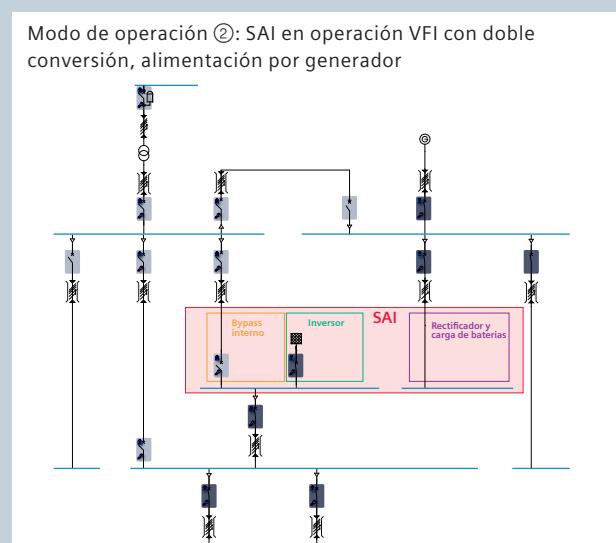
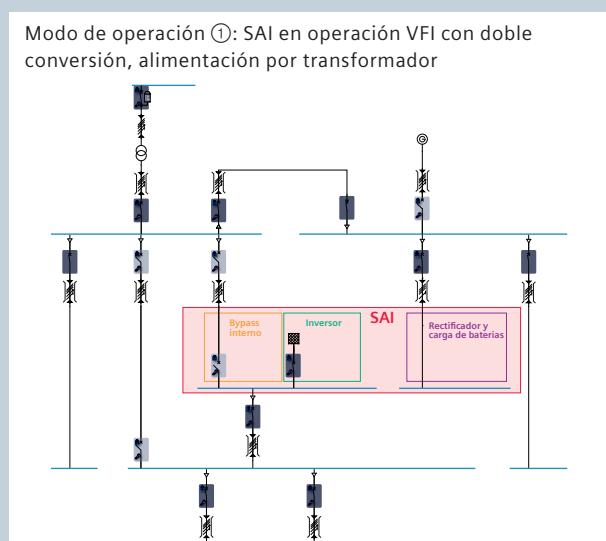
- Operación de bypass interno del SAI ③:

El rectificador y el inversor se rodean; la subdistribución del SAI, SD SAI, es alimentada a través del transformador

- Operación de bypass externo para propósitos de mantenimiento del SAI ④:

El SAI se aísla y todas las cargas son alimentadas a través del transformador.

Fig. 4: Simulación funcional del SAI mediante determinación de los modos de operación en SIMARIS design



Para ilustrar las correlaciones entre los modos de operación y los cálculos en SIMARIS design, los modos de operación están clasificados en las Tablas 1 y 2:

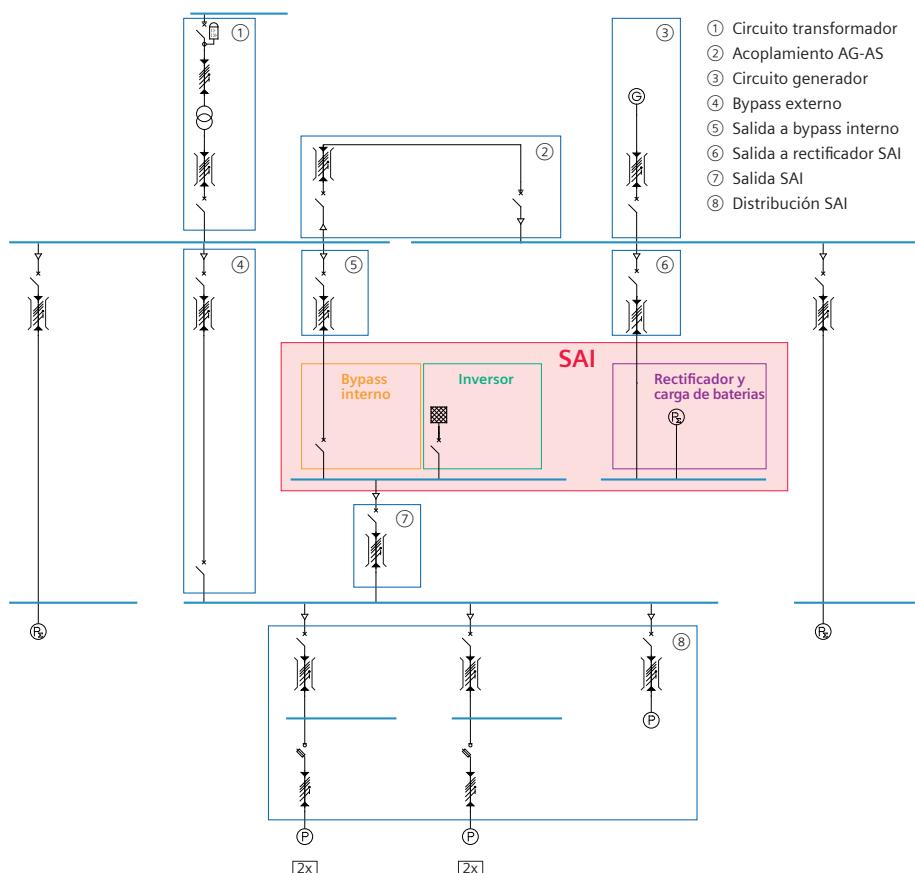
- En la Tabla 1 se indican los circuitos relevantes para el dimensionamiento del modo de operación correspondiente (ilustración en la Fig. 5)

- En la Tabla 2 se indican las vías de corriente para la determinación de la selectividad y de las condiciones de desconexión que se asignan a los modos de operación correspondientes (ilustración en la Fig. 6).

*Tab. 1: Observación de la determinación de los modos de operación durante el dimensionamiento con SIMARIS design*

		Dimensionamiento de productos y sistemas (la x identifica los modos de servicio a observar durante el dimensionamiento)							
		Círcuito (véase la Fig. 5)							
		①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧
Modo de operación	Operación VFI del SAI a través de transformador	x	x				x	x	x
	Operación VFI del SAI a través de generador			x			x	x	x
	Operación de bypass interno	x	x			x		x	x
	Operación de bypass externo	x	x		x				x

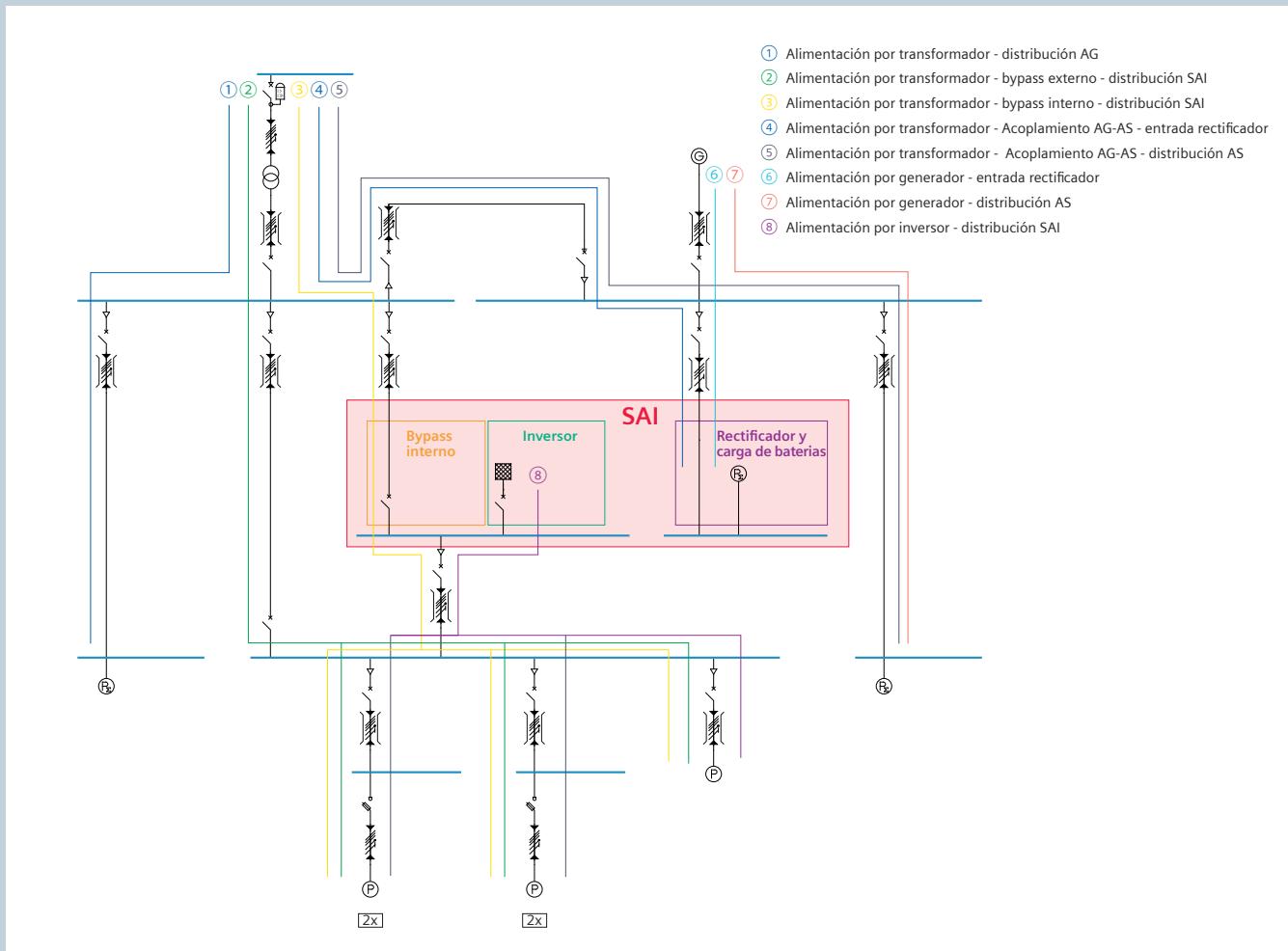
*Fig. 5: Ilustración de los circuitos para el dimensionamiento durante la simulación del SAI*



*Tab. 2:* Observación de la determinación de los modos de operación para consideraciones de la selectividad y de las condiciones de desconexión con SIMARIS design

Selectividad y condiciones de desconexión (la x identifica las vías de corriente a observar)		Operación VFI del SAI a través de transformador	Operación VFI del SAI a través de generador	Operación de bypass interno	Operación de bypass externo
Vías de corriente (véase la Fig. 6)	①	X		X	X
	②				X
	③				X
	④	X			
	⑤	X		X	X
	⑥		X		
	⑦		X		
	⑧	X	X		

*Fig. 6:* Ilustración de las vías de corriente para consideraciones de la selectividad y de las condiciones de desconexión durante la simulación del SAI



## 4. Datos técnicos del SAI para la simulación en SIMARIS design

Para el ejemplo representado aquí se han utilizado los datos del fabricante de un SAI específico con una potencia aparente de 1.200 kVA como datos básicos (véase la Tabla 3).

**Tab. 3: Datos técnicos para el SAI del ejemplo<sup>1)</sup> (utilizados en el archivo de SIMARIS design adjunto)**

Valor nominal de la potencia aparente en kVA	1.200
Potencia activa nominal en kW	1.200
Tensión nominal in V	400 (380/415 seleccionables, 3f + N)
Frecuencia nominal en Hz	50 (60 seleccionable)
Corriente de salida nominal en A	1.731
Corriente de entrada máxima en A	1.890
Corriente de cortocircuito máxima (resistencia a los cortocircuitos del SAI) en A	3.877
Corriente de cortocircuito mínima (capacidad de sobrecarga del SAI <sup>2)</sup> en A	2.597

1) los datos del SAI corresponden a un sistema Liebert® Trinergy™ Cube de Vertiv™ con una potencia aparente de 1.200 kVA

2) Datos de Vertiv™: sobrecarga del 150 % bajo tensión de salida nominal durante 1 min

## 5. Puntos críticos para la integración de SAI en redes de suministro de energía

Independientemente de la simulación de un SAI en SIMARIS design, al integrar SAI en redes de suministro de energía hay que observar especialmente los puntos siguientes:

- Los defectos en la DP SAI son críticos y deben evitarse de manera preventiva – utilizando componentes de alta calidad (sistemas de canalizaciones eléctricas inclusive conexión con verificación de diseño, SIVACON S8 en ejecución libre de raíz, ...).
- En caso de operación con inversor, cualquier defecto en la DP SAI puede convertirse en un problema para la desconexión según IEC 60364-4-41 (DIN VDE 0100 Parte 410) si el valor de las corrientes de defecto se aproxima al valor de las corrientes nominales. En caso de defectos unipolares contra tierra, los interruptores automáticos de alta calidad con disparadores G (p.ej. interruptores 3WL de Siemens con ETU45B, ETU76B e interruptores 3VA con ETU550/560, ETU 850/860) pueden solucionar el problema
- Debido al comportamiento en cortocircuito del SAI, en caso de desconexión según IEC 60364-4-43 (DIN VDE 0100 Parte 430) y para realizar la selectividad se recomienda limitar las corrientes asignadas de los

aparatos de maniobra en las salidas de la DP SAI a un 30 % de la corriente de salida asignada del SAI

- Para SAI de gama baja (< 100 kVA), en caso de defecto unipolar a tierra pueden emplearse aparatos de protección diferencial (RCD). En caso de diseño desfavorable de la DP SAI, un cálculo optimizado de las corrientes mínimas de cortocircuito bajo consideración del comportamiento regular del SAI pueden traer ventajas para el diseño
- En caso de cortocircuito en la salida del SAI hay que comparar la carga admisible para el bypass estático con los datos del fabricante del SAI
- Si el fabricante del SAI emplea un fusible semiconductor para proteger el bypass estático, este fusible debe tenerse en cuenta en las consideraciones de selectividad
- Al integrar los SAI en un sistema TN-S hay que definir, entre otros, el punto central de puesta a tierra y el número de polos de los aparatos de maniobra (3 ó 4 polos)
- En caso de SAI conectados en paralelo, la verificación de defectos en la red de distribución subordinada puede mostrar una posible necesidad de protección adicional.

## 6. Archivos de muestra para SIMARIS design

En el anexo de documento encontrará la red de muestra de SIMARIS design (.sdx) para un SAI estático para la integración en un proyecto. El archivo ha sido creado con SIMARIS design 10.

Encontrará más informaciones así como la suite de SIMARIS, mediante la cual podrá acceder a herramientas de planificación como SIMARIS design 10, bajo [siemens.com/simaris](http://siemens.com/simaris).

## Impreso

Publicado por: Siemens AG

Smart Infrastructure  
Distribution Systems  
Mozartstr. 31 c  
91052 Erlangen, Alemania

E-mail: consultant-support.tip@siemens.com

Sujeto a modificaciones sin previo aviso • 10/20  
© Siemens 2020 • Reservados todos los derechos

Salvedad de modificaciones o errores. Las informaciones de este documento únicamente comprenden meras descripciones generales o bien características funcionales que no siempre se dan en la forma descrita en la aplicación concreta, o bien pudieran cambiar por el ulterior desarrollo de los productos. Las características funcionales sólo son vinculantes si se han acordado expresamente al concluir el contrato.

SIMARIS® es una marca registrada de Siemens AG, cuyo uso no autorizado será inadmisible. Otras designaciones del presente documento pudieran ser marcas cuyo uso por terceros para fines propios vulneraría derechos del propietario.