

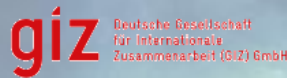
Capacitación en cálculo de Pérdidas Técnicas y No Técnicas en el Sector Eléctrico incluyendo Generación Distribuida

- La Paz, del 3 al 7 de febrero de 2020

Generación Distribuida



Implementada por:



estudios energéticos consultores.
GRUPO MERCADOS ENERGÉTICOS CONSULTORES

Contenido

- Aspectos Técnicos de la Generación Distribuida sobre los Sistemas de Distribución
- Revisión de la Norma IEEE 1547 - 2018
- Aspectos Regulatorios de la Generación Distribuida sobre los Sistemas de Distribución
- Efecto de la Generación Distribuida sobre las pérdidas de los Sistemas de Distribución



Implementada por:

giz Deutsche Gesellschaft
für Internationale
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

 **estudios energéticos consultores.**
GRUPO MERCADOS ENERGÉTICOS CONSULTORES

Aspectos Técnicos de la Generación Distribuida

- En los últimos años, se han dado pasos significativos para promover el uso de fuentes de energía renovables y la integración de dichos recursos en las redes eléctricas de distribución.
- Esta nueva realidad de los sistemas de distribución significa un cambio de paradigma en la concepción y el funcionamiento de los mismos, desde el paradigma actual en donde el flujo de energía es desde los niveles de más alta tensión, en donde se concentra la generación, hacia la baja tensión.
- Particularmente cuando se presentan altos niveles de penetración, plantea importantes desafíos técnicos que deben ser enfrentados por los operadores, al menos hasta tanto los sistemas se adecúen a esta nueva realidad.



Implementada por:

giz Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

 **estudios energéticos consultores.**
GRUPO MERCADOS ENERGÉTICOS CONSULTORES

Aspectos Técnicos de la Generación Distribuida

- Dichos desafíos técnicos consisten principalmente en mantener a los sistemas de distribución en funcionamiento dentro de los rangos normales respecto de:
 - Nivel de rangos térmicos de los componentes de la red
 - Niveles de cortocircuito
 - Regulación de tensión
 - Dirección de los flujos de potencia
 - Funcionamiento en isla
 - Calidad de la energía (parpadeo, armónicos), etc.

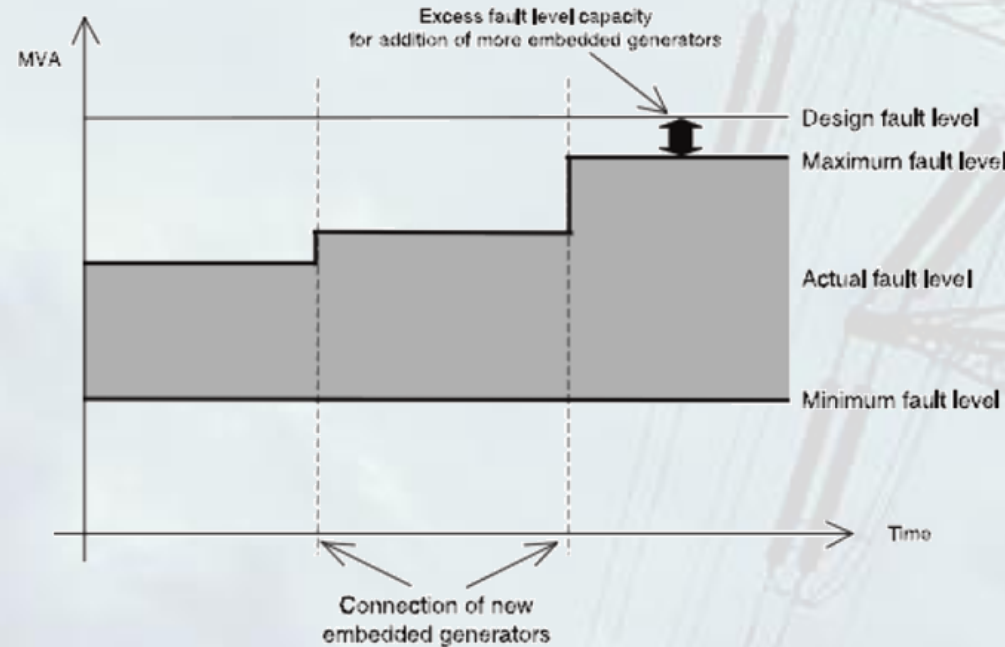
Aspectos Técnicos de la Generación Distribuida

- Nivel de rangos térmicos de los componentes de la red
 - Conectar GD a una red de distribución tiene el efecto de cambiar los flujos de corriente.
 - Con una elección adecuada del sitio y el esquema de conexión, la conexión de los mismos puede tener un efecto beneficioso, sin aumentos en los niveles de carga actuales de los componentes de la red y, en algunos casos, con reducciones significativas.
 - Aunque el planteo anterior es el resultado deseable, no siempre es posible. En muchos casos, el diseño de conexión no puede ser elegidos y resulta en niveles de corriente más altos en algunas partes del sistema.
 - Esta situación conlleva aumentos de los niveles de carga de elementos individuales (transformadores, líneas y cables), específicamente en casos de máxima generación y mínima carga.

Aspectos Técnicos de la Generación Distribuida

- Niveles de cortocircuito
 - Cada punto en una red de distribución tiene un nivel de cortocircuito específico, el cual indica el nivel de la corriente de cortocircuito máxima esperada en ese punto.
 - Las corrientes de cortocircuito deben detectarse e interrumpirse rápidamente, ya que presentan un riesgo para la vida y pueden causar daños importantes a los cables, transformadores y otros equipos, entre otros.
 - Los cambios que puedan producirse en una red de distribución, como por ejemplo la conexión de nuevas GD, pueden causar un aumento significativo en los niveles de cortocircuito.
 - A esto se suman complejidades adicionales para los cálculos de corriente de cortocircuito, en virtud del nivel de tensión de conexión y su ubicación dentro del sistema eléctrico.
 - En virtud de esto, los niveles de cortocircuito reales en las redes de distribución suelen ser un factor limitante para la conexión de nueva GD, como se muestra en la siguiente figura.

Aspectos Técnicos de la Generación Distribuida



Fuente: CIGRE

Aspectos Técnicos de la Generación Distribuida

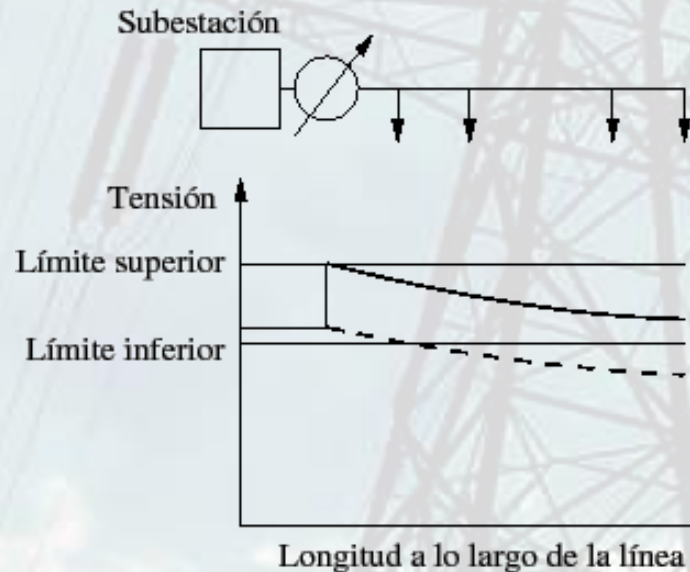
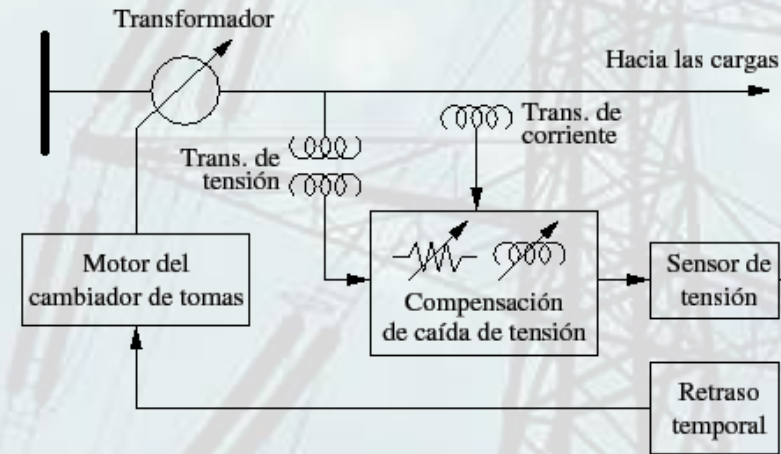
- Niveles de Cortocircuito
 - La contribución al nivel de cortocircuito del sistema de distribución producida por la instalación de GD está determinada por una serie de factores, que incluyen:
 - El tipo de GD, ya que los diferentes tipos de GD contribuyen con diferentes corrientes de cortocircuito.
 - La distancia de la GD de la falla, ya que el aumento de la impedancia del cable en distancias más largas reducirá la corriente de cortocircuito,
 - La existencia de un transformador intermedio entre la GD y el cortocircuito, ya que la impedancia de cortocircuito del transformador puede ayudar a limitar la corriente de cortocircuito,
 - La configuración de la red entre el GD y el cortocircuito, ya que las diferentes rutas para el flujo de la corriente de cortocircuito alterarán la magnitud de dicha corriente,
 - El método de acoplamiento de la GD a la red. El GD con generadores eléctricos conectados directamente contribuirá con una corriente de cortocircuito significativamente mayor que el GD conectado a través de interfaces de electrónica de potencia.

Aspectos Técnicos de la Generación Distribuida

- Regulación de tensión
 - La regulación de voltaje en las redes de distribución se logra habitualmente a través de cambiadores de tomas bajo carga controlados por reguladores automáticos de tensión (RAT) en cada punto de transformación de una subestación primaria (AT/MT o MT/MT).
 - Los RAT típicamente buscarán mantener la tensión de barra a un valor ligeramente más alto que el nominal (dentro de los márgenes permitidos) con el objetivo de que la caída de tensión producida a lo largo de los alimentadores se ubique dentro del rango de operación aceptable del sistema.
 - La presencia de GDR puede ayudar a mejorar los perfiles de voltaje, pero a menudo hace que el proceso de control de voltaje sea más complejo.

Aspectos Técnicos de la Generación Distribuida

- Regulación de Tensión
 - Baja Tensión
 - La mayoría de los RAT están equipados con compensación de caída de tensión en línea, cuya función es la de elevar el voltaje de salida en proporción a la carga.
 - Esta característica busca mantener la tensión en un punto aguas abajo del circuito, elevando el voltaje de salida del transformador para compensar la caída de tensión en la línea.
 - Si un generador se ubica, aguas abajo, en las proximidades de un RAT puede interferir con el funcionamiento adecuado del regulador, dependiendo del nivel de generación frente a la carga normal del transformador.





Implementada por:

giz Deutsche Gesellschaft
für Internationale
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

 estudios energéticos consultores.
GRUPO MERCADOS ENERGÉTICOS CONSULTORES

Aspectos Técnicos de la Generación Distribuida

- Regulación de Tensión
 - Baja Tensión
 - Durante la operación normal del alimentador radial, se produce una caída de tensión a través de los conductores primarios, el transformador de distribución y los conductores secundarios. Bajo ciertas condiciones con el GD instalado, algunos usuarios podrían recibir niveles de tensión más alto de lo normal
 - Objetivos de regulación de voltaje conflictivos y efecto sobre el control de voltaje
 - El regulador bajo carga de los transformadores AT/MT o MT/MT ajusta el voltaje de la barra de MT para contrarrestar la caída de tensión a lo largo de los alimentadores de distribución.
 - Este tipo de regulación no es adecuada para alimentadores de MT con un nivel apreciable de GD, donde el aumento de voltaje a lo largo del alimentador requeriría una tensión de barra colectora reducida.
 - En subestaciones de AT/MT o MT/MT con grandes capacidades de generación distribuida conectada, el aumento de los niveles de generación local puede enmascarar un nivel de carga visto por los RAT diferente del real, lo que conduce a una sub-regulación de la tensión incluso en períodos de carga alta.



Implementada por:

giz Deutsche Gesellschaft
für Internationale
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

 estudios energéticos consultores.
GRUPO MERCADOS ENERGÉTICOS CONSULTORES

Aspectos Técnicos de la Generación Distribuida

- Regulación de Tensión
 - Operaciones excesivas de control de tensión
 - La introducción de generación en circuitos de distribución, especialmente aquellos con una fuente fluctuante, como la eólica o la solar, puede interferir el funcionamiento normal e interactuar con los RAT.
 - Los cambios en la producción de energía de los generadores pueden producir cambios excesivos de tomas u operación del interruptor de los capacitores.



cooperación
alemana
DEUTSCHE ZUSAMMENARBEIT

Implementada por:

giz

Deutsche Gesellschaft
für Internationale
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH



estudios energéticos consultores.
GRUPO MERCADOS ENERGÉTICOS CONSULTORES

Aspectos Técnicos de la Generación Distribuida

- Dirección de los flujos de potencia
 - El diseño y la operación de la mayoría de las redes de distribución de electricidad se basan en el supuesto clave de que los flujos de energía de la red siempre serán de una red de mayor a una red de menor tensión.
 - Esta "regla" puede cambiar ya que el aumento de los niveles generación distribuida en los sistemas de distribución puede conducir a la exportación de energía cuando la generación exceda la demanda local de la red, en cuyo caso los transformadores experimentarán flujos de energía inversos.
 - La posibilidad de flujos de potencia inversa en los transformadores a veces puede presentar un problema con el funcionamiento de los RAT y en las protecciones.

Aspectos Técnicos de la Generación Distribuida

- Funcionamiento en isla
 - Una condición de isla se forma cuando un GD continúa alimentando la carga en una parte de la red que ha sido desconectada aguas arriba.
 - En general esta es una situación no deseada en la operación del sistema de distribución, por lo que debe ser detectada y despejada en un lapso breve de tiempo.
 - Las medidas de seguridad llamadas requisitos de Anti-Islanding (AI) se han definido e incorporado en estándares para prevenir la formación de isla en los sistemas eléctricos de distribución.
 - Por ejemplo, IEEE 1547 requiere que el sistema de interconexión de la GD detecte condición isla y deje de energizar el área EPS dentro de los dos segundos posteriores a la formación de una isla.
 - La IEEE 1547.1 describe también un procedimiento de prueba destinado a verificar que la GD cumplen con este requisito.

Aspectos Técnicos de la Generación Distribuida

- Calidad de la energía
 - La alta penetración de GD puede afectar negativamente la calidad de la energía, generando problemas tales como fluctuaciones de voltaje y armónicos principalmente.
 - En lo que respecta a las plantas con generación renovable intermitente, el impacto en la calidad de producto podría ser causado por las variaciones de tensión producidas por las fluctuaciones de generación debido a la variación de la radiación solar o la velocidad del viento.
 - Como se mencionó anteriormente, la fluctuación de tensión puede causar una operación excesiva del RAT del alimentador en la subestación. Por lo tanto, para reducir el impacto de los transitorios de la nube o velocidad del viento en la operación del RAT del alimentador, en muchos casos se ha propuesto que los generadores contribuyan a la regulación de tensión.
 - En otros casos más extremos, como en sistemas aislados híbridos (p.e. generación diésel y fotovoltaica) se suele incorporar almacenamiento con capacidades de unas decenas de minutos.



Implementada por:

giz Deutsche Gesellschaft
für Internationale
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

 **estudios energéticos consultores.**
GRUPO MERCADOS ENERGÉTICOS CONSULTORES

Aspectos Técnicos de la Generación Distribuida

- Coordinación de Protecciones
 - La inclusión de generación distribuida en los sistemas de distribución tiene un efecto negativos en la coordinación de protecciones, ya que la misma empeora respecto del estado previo a la incorporación de la generación distribuida.
 - El impacto de la generación distribuida sobre la coordinación de protección depende principalmente del nivel de penetración de la misma como de su ubicación a lo largo del circuito.



Implementada por:

giz Deutsche Gesellschaft
für Internationale
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

 estudios energéticos consultores.
GRUPO MERCADOS ENERGÉTICOS CONSULTORES

Aspectos Técnicos de la Generación Distribuida

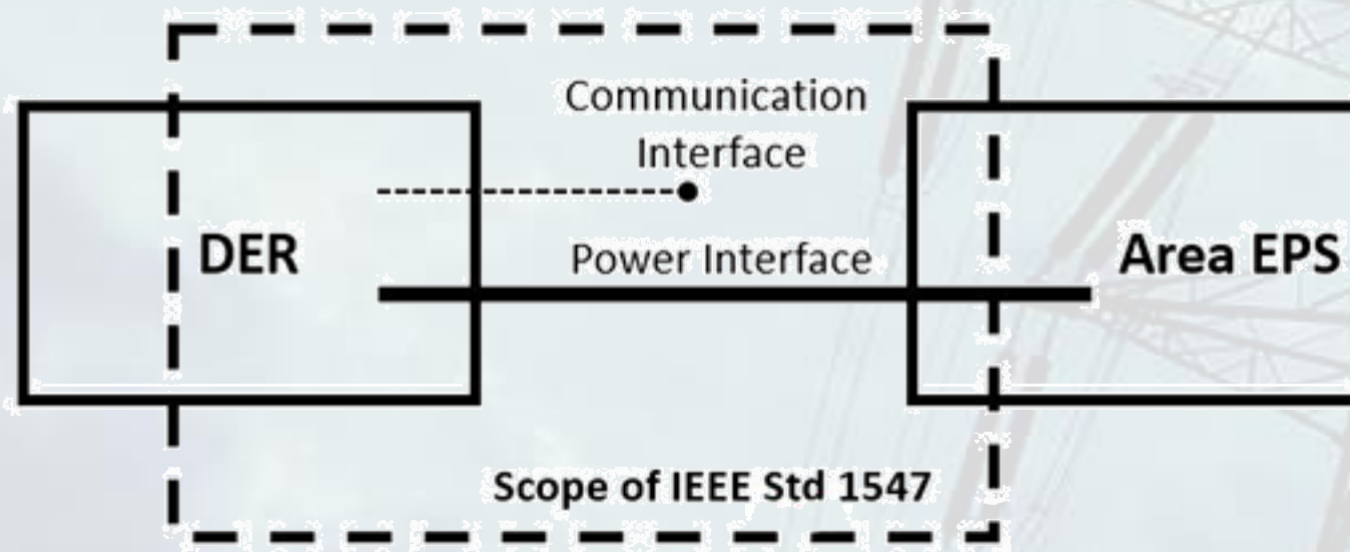
- Calidad de la energía
 - Las emisiones de armónicos pueden ser un problema cuando se emplean convertidores de potencia para conectar el GDR a la red.
 - Aunque los convertidores se suministran con filtros de armónicos y siempre se aplican técnicas PWM avanzadas, en casos de gran penetración de GDR con este tipo de conexión es posible que se alcancen e incluso excedan los límites máximos de contaminación armónica permitidos.

IEEE 1547 – 2018

- Esta norma proporciona especificaciones y requisitos técnicos y de prueba de interconexión e interoperabilidad para los recursos de energía distribuida (DER).
- Los criterios y requisitos de esta norma son aplicables a todas las tecnologías de recursos energéticos distribuidos interconectados a EPS a niveles de voltaje de distribución primarios o secundarios típicos.
- Este estándar pone énfasis principalmente en la instalación de DER en los sistemas de distribución radial primaria y secundaria, aunque también se considera la instalación de DER en los sistemas Network de distribución de red primaria y secundaria.

IEEE 1547 – 2018

- Alcance de la Norma



Fuente IEEE 1547 – 2018

IEEE 1547 -2018

- Quedan fuera del alcance de esta norma los siguientes aspectos:
 - Recursos energéticos conectados a los sistemas de subtransmisión y transmisión.
 - La capacidad máxima de DER para una instalación en particular.
 - La autoprotección de DER ni ningún requisito operativo de DER.
 - La planificación, diseño, operación o mantenimiento del Área EPS con DER.
 - Los detalles de la red de comunicación.
 - Los DER de emergencia y de reserva (están exentos de ciertos requisitos de esta norma).
 - La interconexión de DER que incluyen unidades generadoras síncronas individuales de 10 MVA y más.

IEEE 1547 – 2018

- Contenido
 - Especificaciones técnicas generales de interconexión y requisitos de performance
 - Sistemas de tensiones aplicables
 - Precisiones de la medición
 - Requerimientos de control de capacidad
 - Dispositivo de aislamiento
 - Energización del sistema de distribución
 - Entrada en servicio
 - Integridad de la interconexión (interferencia electromagnética, soretensiones)
 - Integración con el sistema de puesta a tierra del distribuidor
 - Exenciones para DER de emergencia y reserva

IEEE 1547 – 2018

- Contenido
 - Capacidad de potencia reactiva y requisitos de control de voltaje / potencia.
 - Respuesta a condiciones anormales del sistema de distribución
 - Falla y apertura de fase
 - Reconexiones del sistema de distribución
 - Voltaje
 - Frecuencia
 - Reconexión después de un disparo
 - Calidad de la energía
 - Limitación a la inyección de DC
 - Limitación a las fluctuaciones de voltaje introducida por los DER
 - Limitación a la distorsión armónica
 - Limitación a la contribución al sobrevoltaje

IEEE 1547 – 2018

- Contenido
 - Funcionamiento en Isla
 - Isla intencional
 - Isla no intencional
 - Interoperabilidad, intercambio de información, modelos de información y protocolos.
 - Requerimientos de interoperabilidad
 - Requerimientos de monitoreo, control e intercambio de información
 - Protocolos de comunicación
 - Performance de la comunicación
 - Requerimientos de Cyber seguridad
 - Pruebas

IEEE 1547 – 2018

- Regulación de Tensión
 - La norma establece la siguiente clasificación de GD:
 - Tipo A: bajo impacto en la red
 - Tipo B: gran impacto en la red
 - La forma de determinar el tipo de GD bajo estudio, es mediante flujos de carga, con el objetivo de analizar la variación de la tensión de los nodos del área ante la desconexión del generador y ante las mayores variaciones frecuentes de potencia.
 - Factores que influyen en la clasificación del GD:
 - Nivel de cortocircuito del área.
 - Potencia nominal del GD a instalar.
 - Potencia firme o no firme del GD.
 - Nivel de penetración de GD de potencia no firme.

IEEE 1547 – 2018

- Regulación de Tensión
 - Curva de capacidad
 - El requisito de inyección y absorción de reactivo para el control de la tensión depende del tipo de generador distribuido (A o B).

Category	Injection capability as % of nameplate apparent power (kVA) rating	Absorption capability as % of nameplate apparent power (kVa) rating
A (at DER rated voltage)	44	25
B (over the full extent of ANSI C84.1 range A)	44	44

Tabla: Valores mínimos en el punto de conexión que se debe mantener desde el 100% hasta el 20% de la potencia activa nominal.

IEEE 1547 – 2018

- Controles de U, P y Q requeridos
 - GD Tipo A:
 - Control de factor de potencia constante
 - Control de potencia activa constante
 - Control de potencia reactiva constante
 - GD Tipo B:
 - Control de factor de potencia constante
 - Control de potencia activa constante
 - Control de potencia reactiva constante
 - Control volt/var
 - Control volt/watt
 - Se deben analizar posibles conflictos con los RBC de los transformadores en el control de la tensión

IEEE 1547 – 2018

- Otros Controles: Control P/F
 - La norma requiere que los GD respondan a sobrefrecuencias (y opcionalmente a subfrecuencias) de la red, reduciendo potencia activa como porcentaje de la potencia disponible:

Table 23—Formula for frequency-droop (frequency-power) operation for low-frequency conditions and high-frequency conditions for DER for all performance categories

Operation for low-frequency conditions	Operation for high-frequency conditions
$p = \min_{f < 60 - db_{UF}} \left\{ p_{pre} + \frac{(60 - db_{UF}) - f}{60 \cdot k_{UF}}; p_{avl} \right\}$	$p = \max_{f > 60 + db_{OF}} \left\{ p_{pre} + \frac{f - (60 + db_{OF})}{60 \cdot k_{OF}}; p_{min} \right\}$

- P: es la referencia de potencia activa del GD, en pu de su potencia nominal.
- f: es la frecuencia de la red.
- P_{avl}: potencia activa disponible, en pu de la potencia nominal del GD.
- P_{pre}: potencia generada por el GD antes del desvío de frecuencia.
- P_{min}: potencia activa mínima del GD, en pu de la nominal.
- db_{OF}, db_{UF}: valores laterales de la banda muerta de frecuencia.
- k_{OF}, k_{UF}: son los “droop” de potencia/frecuencia
- P_{min}: es la potencia mínima técnica del generador, en pu de la potencia disponible.

IEEE 1547 – 2018

- Respuesta del GD a señales Externas
 - El GD deberá responder a **señales externas de desconexión en un tiempo total menor que 2 segundos**, y quedar bloqueado para su reconexión hasta que la ED la habilite nuevamente.
 - El GD deberá **responder a señales externas de limitación en la inyección de potencia activa** en un tiempo menor que 30 segundos.
 - El GD deberá responder a **señales externas de cambio en el modo o en los parámetros de control** en un tiempo menor que 30 segundos.
- Formación de Islas
 - **Islas no intencionales:** Se requiere que los generadores distribuidos sean capaces de detectar la operación en isla y se desconecten automáticamente.
 - **Islas intencionales (micro-red):** deben estar previstas en los manuales de operación de la red. Pueden ser programadas por el operador o formarse como consecuencia de condiciones anormales de la red aguas arriba.

IEEE 1547 – 2018

- Protecciones
 - **Dispositivo de aislamiento:** la ED puede requerir, de acuerdo a sus prácticas operativas, un dispositivo que desconecte al GD, que sea visible, accesible y bloqueable por parte de los operadores de la ED.
 - **Cortocircuitos:** el GD debe desconectarse cuando detecta una falla en el sistema, de manera coordinada con las protecciones preexistentes. Circuito con reconectador: desconexión del generador previa al primer recierre.
 - **Apertura de fase:** el GD debe detectar la falta de una de las fases del sistema y desconectarse en menos de 2 segundos.
 - **Anti-Isla:** el GD debe ser capaz de detectar la formación de islas no intencionales, desconectándose en menos de 2 segundos. No se considera suficiente implementar una protección anti-isla basada únicamente en la protección por desvío de tensiones y/o frecuencia (p.e. protección por vector shift).
 - **Pérdida de sincronismo:** requisito para GD que consistan en generadores sincrónicos sin convertidor de potencia.

IEEE 1547 – 2018

- Protecciones
 - **Desvíos de tensión y frecuencia:** la norma establece 3 categorías para los requerimientos de tolerancia a desvíos de tensión y frecuencia (Categorías I, II y III), que responden a distintos niveles de penetración de generación distribuida en función del impacto que generan en la red de transmisión (la categoría I contempla los casos de baja penetración).

IEEE 1547 – 2018

- Calidad de la Energía
 - **Inyección de CC:** debe permanecer en un nivel menor al 0.5% de la corriente nominal en el PCC.
 - **Flicker y armónicos:**

Table 25—Minimum individual DER flicker emission limits^a

E_{Pst}	E_{Pth}
0.35	0.25

^a95% probability value should not exceed the emission limit based on a one week measurement period.

Table 26—Maximum odd harmonic current distortion in percent of rated current (I_{rated})^a

Individual odd harmonic order h	$h < 11$	$11 \leq h < 17$	$17 \leq h < 23$	$23 \leq h < 35$	$35 \leq h < 50$ ¹⁰⁹	Total rated current distortion (TRD)
Percent (%)	4.0	2.0	1.5	0.6	0.3	5.0

^a I_{rated} = the DER unit rated current capacity (transformed to the RPA when a transformer exists between the DER unit and the RPA).

Table 27—Maximum even harmonic current distortion in percent of rated current (I_{rated})^a

Individual even harmonic order h	$h = 2$	$h = 4$	$h = 6$	$8 \leq h < 50$
Percent (%)	1.0	2.0	3.0	Associated range specified in Table 26

^a I_{rated} = the DER unit rated current capacity (transformed to the RPA when a transformer exists between the DER unit and the RPA).

Aspectos Regulatorios de la Generación Distribuida

- La generación distribuida ha irrumpido en los sistemas de distribución sin que los mismos estén lo suficientemente adaptados para permitir su incorporación.
- La adaptación requerida incluye aspectos técnicos, regulatorios y tarifarios entre otros.
- En particular respecto de este último aspecto, sucede que los usuarios con medición volumétrica, generan ahorros en toda la cadena de valor del sistema eléctrico (generación, transmisión y distribución) cuanto instalan generación distribuida.
- Este tipo de tarifas energizan todos los componentes relacionados a los costos fijos del sistema y de esta manera toda reducción en el consumo, producto de la generación interna del usuario, implica una merma en la remuneración de estos costos.

Aspectos Regulatorios de la Generación Distribuida

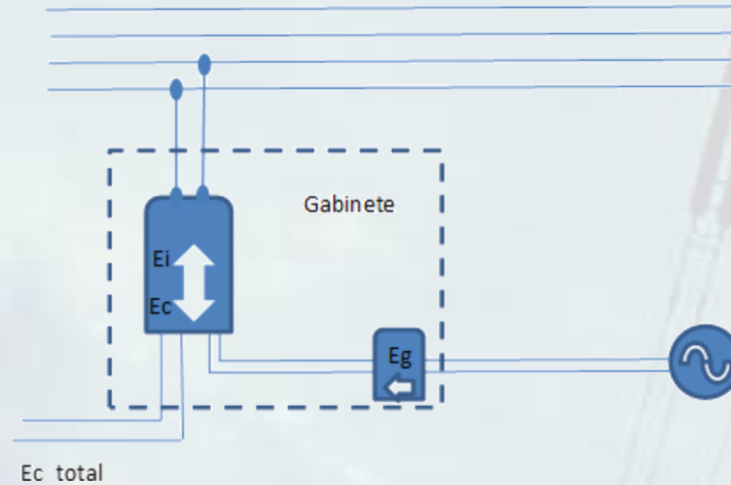
- Los costos fijos incorporados en la tarifa no dependen del consumo, sino que dependen de la mera necesidad de conexión del usuario al sistema eléctrico, por lo que no debieran verse afectados. Cuando los mismos se ven afectados suceden dos fenómenos:
 - Dentro del periodo tarifario, se ve afectada la remuneración de los costos fijos del sistema más allá del riesgo de demanda existente en un esquema de Price Cap.
 - En las revisiones tarifarias, se transfieren al resto de los usuarios del sistema los costos que “ahorran” los usuarios con generación distribuida.
- Para evitar estos efectos se proponen los siguientes dos esquemas tarifarios:
 - Cargos variables con doble medición de energía
 - Cargo por capacidad para los componentes relacionados con los costos fijos del sistema

Aspectos Regulatorios de la Generación Distribuida

- Estos esquemas no resuelven los aspectos relativos a la remuneración de la energía inyectada ya que este aspecto habitualmente excede los alcances de la revisión tarifaria y las incumbencias del regulador.
- Cargos variables con doble medición de energía
 - Este esquema considera dos cargos variables:
 - CVCEB: Energía consumida bruta (E_{c_total}), calculada a partir de las mediciones disponibles: Se remuneran los costos fijos del sistema.
 - CVCEN: Energía consumida neta (E_c): Se remuneran los costos variables del sistema.
 - Para implementar este esquema se requieren dos medidores:
 - Un medidor bidireccional que registra la energía inyectada a la red (E_i) y la energía consumida por el usuario (E_c).
 - Un medidor simple que registra energía generada bruta (E_g).

Aspectos Regulatorios de la Generación Distribuida

- Esquema con doble medición



- El CVCEB aplica a la energía consumida total por el usuario (E_{c_total}), la cual se obtiene a partir de la siguiente expresión: $E_{c_total} = E_c + (E_g - E_i)$.
- El CVCEN aplica a la energía consumida neta E_c registrada por el medidor bidireccional.

Aspectos Regulatorios de la Generación Distribuida

- Estructura de cargos

Cargo Fijo [Bs./Clientes-
mes]

Cargo por unidad de
energía para EC_total
[Bs./kWh]

Cargo por unidad de
energía para EC
[Bs./kWh]

Aspectos Regulatorios de la Generación Distribuida

- Cargo por capacidad
 - Este esquema consiste en incorporar un cargo por unidad de potencia para remunerar los costos fijos del sistema y un cargo por unidad de energía para remunerar los costos variables del mismo.
 - Para esta opción tarifaria se debe instalar un medidor bidireccional con registro de potencia máxima y también se debe definir el esquema para la determinación de la potencia que se va a facturar (potencia máxima registrada mensual, potencia contratada, etc.)

Aspectos Regulatorios de la Generación Distribuida

- Esquema de cargos

Cargo Fijo [Bs./Cliente-mes]

Cargo por unidad de potencia
[Bs./kW-mes]

Cargo por unidad de energía para EC [Bs./kWh]

Aspectos Regulatorios de la Generación Distribuida

- Otros esquemas de medición y tarificación
 - Medición neta de energía (Net Metering)
 - Buy all, sell all
 - Facturación neta (Net Billing)



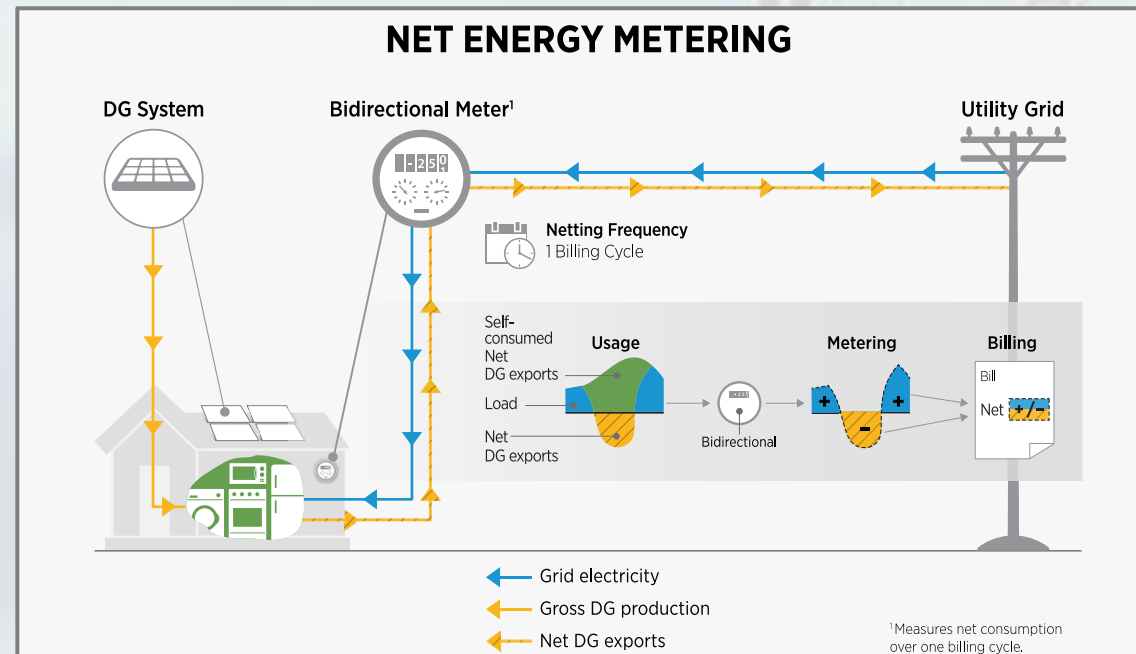
Implementada por:

giz Deutsche Gesellschaft
für Internationale
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

 estudios energéticos consultores.
GRUPO MERCADOS ENERGÉTICOS CONSULTORES

Aspectos Regulatorios de la Generación Distribuida

- Medición neta de energía (Net Metering)
 - El usuario posee un medidor bidireccional que registra la energía tomada de la red y resta la cantidad de energía excedente inyectada a la misma → Se paga la energía neta consumida.



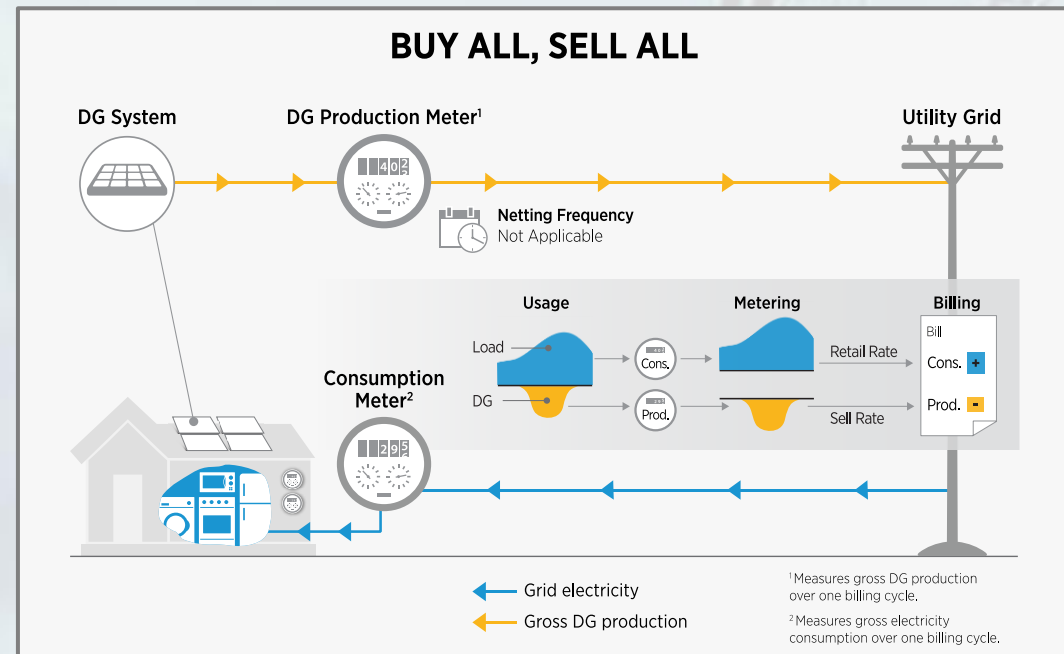
Fuente: NERC

Aspectos Regulatorios de la Generación Distribuida

- Medición neta de energía (Net Metering)
 - Típicamente si:
Energía producida > Energía consumida → Crédito para consumos futuros
 - Precio del kWh producido = precio de compra de energía al distribuidor
 - Ventajas
 - Sencillo de implementar;
 - El usuario consume su propia energía (auto-consumo), reduciendo compras a la red.
 - Desventajas
 - El precio de compra de energía no representa el valor que tiene la generación distribuida para la ED;
 - Como permite el auto-consumo, reduce ventas de la ED que puede llevar a incrementar los costos del servicio para los usuarios que no disponen de GD.

Aspectos Regulatorios de la Generación Distribuida

- Buy all, sell all
 - Producción y consumo se encuentran desacoplados en dos circuitos con medidores unidireccionales independientes (no hay auto-consumo). De esta manera, se puede medir el total de la energía generada y el total de la energía consumida.



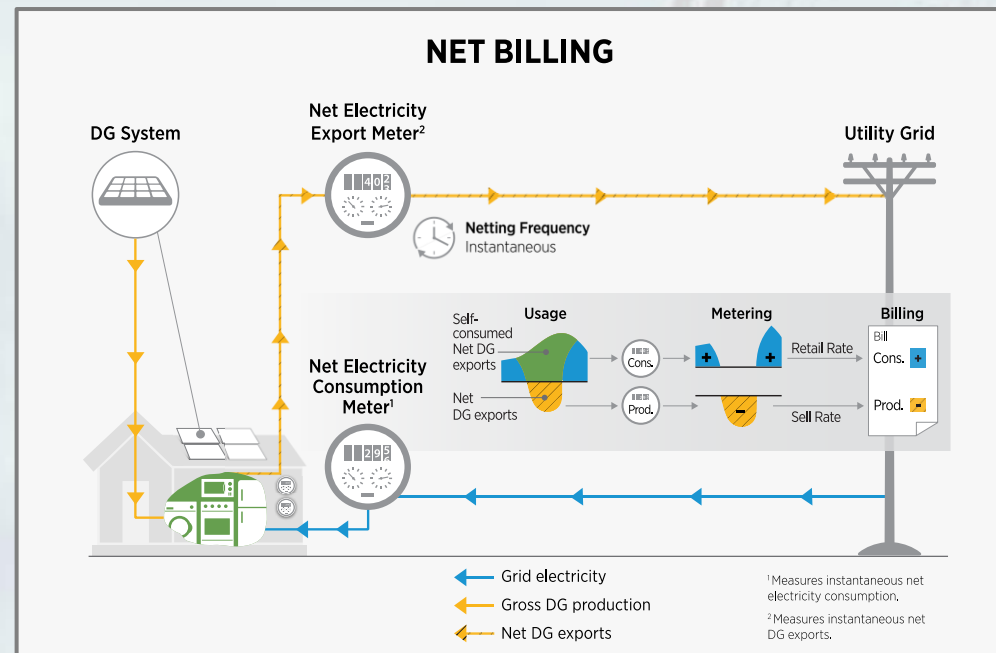
Fuente: NERC

Aspectos Regulatorios de la Generación Distribuida

- Buy all, sell all
 - Este esquema permite que la energía producida tenga un precio de venta diferente (generalmente menor) que el de compra. Además, no se pierde la información de los consumos de los usuarios.
 - Ventajas
 - La ED no ve reducida sus ventas (no hay auto-consumo);
 - El precio de venta es flexible, lo que permite a la ED regular la penetración de GD (un precio bajo desalienta la instalación de nuevos generadores).
 - Desventajas
 - Como los precios de venta son menores que los de compra, el usuario se ve incentivado a auto-consumir ilegalmente.

Aspectos Regulatorios de la Generación Distribuida

- Facturación neta (Net Billing)
 - Mediante dos medidores unidireccionales (o uno inteligente) se miden las inyecciones y los consumos netos de energía, por separado.



Fuente: NERC

Aspectos Regulatorios de la Generación Distribuida

- Facturación neta (Net Billing)
 - El precio de la generación es igual al precio de compra de la energía cuando es auto-consumida, pero puede tener un precio de venta mucho menor aquella que se inyecta a la red como excedente.
 - Ventajas
 - Permite el auto-consumo (como el esquema de medición neta de energía), lo que genera ahorros al usuario al precio de compra;
 - Permite precios de venta y de compra distintos (como el esquema de buy all, sell all), lo que permite incentivar o desalentar los excedentes de generación.
 - Desventajas
 - Como permite el auto-consumo, reduce ventas de la ED que puede llevar a incrementar los costos del servicio para los usuarios que no disponen de GD.

Aspectos Regulatorios de la Generación Distribuida

- Conexión al sistema de distribución
 - Durante las últimas décadas se ha presenciado un desarrollo importante de recursos energéticos distribuidos (DER) en todo el mundo. Varios países han adoptado una variedad de esquemas de apoyo (tarifas, certificados verdes, subsidios directos, exenciones de impuestos, etc.) para promover la generación distribuida (GD), especialmente aquellos que explotan las fuentes de energía renovables (RES).
 - En estas circunstancias, los distribuidores están experimentando una fuerte presión para responder a una demanda de acceso de GD a sus redes.
 - Al mismo tiempo deben asegurar que la conexión DER no viole los estándares técnicos de las redes ni ponga en riesgo la operación del sistema.
 - Para abordar esta necesidad de manera oportuna y efectiva, típicamente se aplican metodologías simplificadas para evaluar la capacidad de incorporación de DER a las redes de distribución existentes, evitando así estudios analíticos detallados y lentos.
 - No obstante, en casos particulares (tamaño del módulo de generación, nivel de penetración de la GD en el área, etc.) el distribuidor o la regulación exige la realización de estudios detallados.

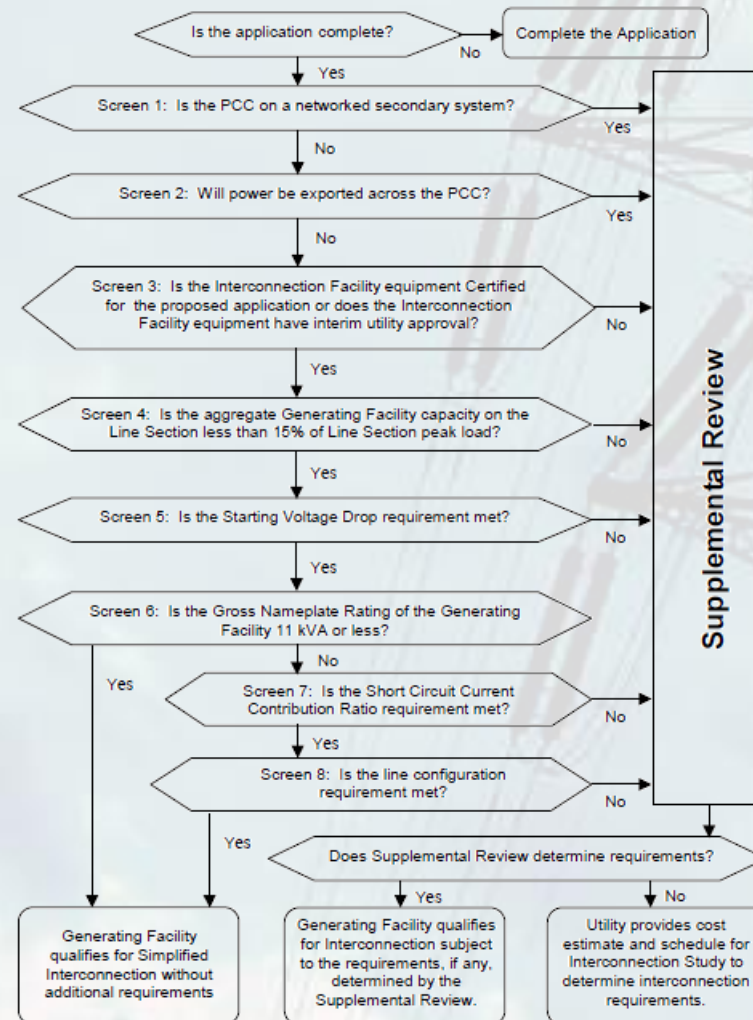
Aspectos Regulatorios de la Generación Distribuida

- Conexión al sistema de distribución
 - Requerimientos típicos para habilitación de conexión de GD – Experiencias Internacionales
 - En general existen procedimientos simplificados.
 - Las exigencias para alcanzar la conexión simplificada presentan varios caminos de acuerdo a la potencia del generador, siendo menos exigentes en la medida que las potencias de generación son menores y basadas en inversores.
 - En todos los casos los procedimientos de conexión simplificada, requieren de la evaluación de ciertos parámetros del sistema como cargabilidad en media y baja tensión, potencia de cortocircuito, impacto en la regulación de tensión, etc.
 - Plazos de respuesta de la distribuidora dentro de los 15 días para potencias pequeñas.
 - Revisión básica a través de un procedimiento estandarizado y sistemático basado en los atributos del generador respecto al punto de conexión de la red para determinar si accede a un procedimiento de conexión simplificado.

Aspectos Regulatorios de la Generación Distribuida

- Conexión al sistema de distribución
 - Requerimientos típicos para habilitación de conexión de GD – Experiencias Internacionales
 - Algunas regulaciones (p.e. EEUU) incorporan una revisión suplementaria sino se cumple con los criterios de la revisión simplificada, esta revisión avanza en la profundidad con que se revisan de algunos aspectos del proceso simplificado sin que esto implique realizar estudios de conexión.
 - Principales criterios de la revisión básica para calificar para conexión simplificada:
 - Finalidad de la conexión el autoconsumo o pequeña capacidad de exportación de energía en relación con su consumo.
 - Certificación bajo normas internacionales del equipamiento de generación sin necesidad de pruebas adicionales.
 - Capacidad de generación no mayor a un porcentaje (típicamente 15%) de la carga máxima de la línea donde se conecta.
 - La capacidad del modulo de generación.
 - Contribución a la potencia de cortocircuito.
 - Regulación de tensión en el punto de conexión.

Conexión al sistema de distribución - California



Conexión al sistema de distribución – California

- Pantalla 1: **¿Está el PCC (Punto de Conexión) en un sistema de red secundario Network?**

El sistema de red secundario Network se refiere al que se encuentra alimentado por varios alimentadores primarios adecuadamente entrelazados (mallados) para lograr una carga aceptable entre los transformadores en caso de emergencia e incrementar la confiabilidad operativa.

Debido al diseño de este tipo de redes las protecciones permiten que la energía fluya en un solo sentido por lo que si el mismo se invierte generaría una operación de la protección. En las redes con alimentadores radiales no existe este tipo de problemas. La conexión de generadores en este tipo de redes requiere revisión suplementaria.

Conexión al sistema de distribución – California

- Pantalla 2: **¿Se exportará energía a través del PCC?**

Los sistemas que tienen poca o ninguna potencia exportada a través del PCC) tienen menos impacto en el Sistema de Distribución local. Esto agiliza el proceso de revisión para que varios pasos de evaluación no necesiten ser analizados, reduciendo así el tiempo y los gastos.

Los sistemas que exportan intencionalmente grandes cantidades de energía requieren abordar más detalladamente otros aspectos operacionales.

Conexión al sistema de distribución – California

- Pantalla 3: **¿Está certificado el equipo de interconexión bajo “Rule 21” o tiene un periodo provisional de aprobación por la distribuidora?**

La “Rule 21” contiene las especificaciones técnicas y requisitos funcionales del equipo de generación y de interconexión. Ya sea a través de relés discretos o multifunción o como parte de un sistema integrado de control las funciones de protección deben ser rigurosamente probadas.

En tal sentido una vez que UL o NRLT prueban y verifican las capacidades de un equipo resulta innecesario probarlos para cada aplicación ahorrando tiempo y costos.

Conexión al sistema de distribución – California

- Pantalla 4: **¿La capacidad total de la instalación generadora agregada en la línea es menor al 15% de la carga máxima de la línea?**

El propósito de este requisito es proveer una verificación si se requiere un ajuste de las protecciones en caso de que otros generadores se hayan instalados en la misma línea.

Un mínimo típico de la línea es el 30% de la carga máxima por lo tanto con un agregado de generación del 15%, la capacidad de generación será del 50% de la carga mínima.

En este caso la generación sería lo suficientemente baja comparada con la carga para minimizar la chance de una isla no intencionada.

Conexión al sistema de distribución – California

- Pantalla 5: **¿La caída de tensión inicial está dentro de límites razonables?**

Este requisito se aplica cuando se trata de instalaciones de generación que arrancan como motor con generadores de inducción.

En este tipo de máquinas la corriente de arranque es varias veces la corriente nominal y puede causar caídas de tensión momentánea y parpadeo (flicker) de la iluminación o daños en algún equipo. Se deben cumplir los requerimientos de flicker indicados en la sección D de la “Rule 21”.

Conexión al sistema de distribución – California

- Pantalla 6: **¿La potencia del generador es menor a 11 kVA?**

El propósito de este requisito es poner un límite inferior en la necesidad de revisar la corriente de cortocircuito para generadores muy pequeños.

Si cumple con este requisito, directamente la instalación de generación califica para el procedimiento simple sin requerimientos adicionales.

Conexión al sistema de distribución – California

- Pantalla 7: **¿Está dentro de límites aceptables el Ratio de la contribución de la corriente de cortocircuito?**

La relación de la corriente de cortocircuito (SCCR) es la relación de la contribución actual del cortocircuito de la instalación generadora dividida por la contribución actual del sistema de distribución en el PCC.

Este requisito se satisface a partir del cumplimiento de estos dos criterios:

- a) En el lado de Alta del transformador (lado primario) la suma de los ratios de las contribuciones de cortocircuito (SCCR) no debe exceder 0.1
- b) En el lado de Baja del transformador (lado secundario) la contribución de la corriente de cortocircuito debe ser menor o igual al 2,5% del rango de interrupción del equipo de servicio.

Conexión al sistema de distribución – California

- Pantalla 8: **¿Es aceptable la configuración conexión de línea para un procedimiento simplificado?**

Si el circuito de distribución primario que sirve a la instalación generadora es de tres conductores o si el transformador de conexión es monofásico y está conectado una configuración de línea a neutro entonces no hay preocupación sobre las sobretensiones en el sistema de distribución causado por la pérdida de la conexión a tierra del neutro durante el tiempo de funcionamiento de la protección anti isla en el caso que se forme isla en forma no intencional.

Si la instalación de generación está servida por un sistema trifásico-4 conductores el agregado de generación que exceda el 10% del pico de carga de la línea debe ser revisado.

Efecto de la GD sobre las pérdidas de los Sistemas de Distribución

- En general, se espera que las pérdidas disminuyan cuando la GD se ubique más cerca de la demanda.
- Si toda la electricidad generada por DG se ubicara directamente en el punto de consumo y si el consumo ocurriera al mismo tiempo que la generación, las pérdidas se reducirían significativamente porque se necesitaría transportar menos energía a través de la red.
- Sin embargo, este no siempre es el caso, ya que el efecto sobre las pérdidas está influenciado por la sincronía local de generación y consumo de energía.

Efecto de la GD sobre las pérdidas de los Sistemas de Distribución

- Esta operación desequilibrada puede conducir a un aumento de los flujos de la red (y, por lo tanto, a un aumento de las pérdidas), que a menudo se traduce en flujos inversos de los sistemas de distribución y transmisión.
- Otro aspecto relevante es el nivel de penetración. Cuando ingresa GD, en general las pérdidas se reducen; sin embargo, existe un nivel de penetración a partir del cual las pérdidas comienzan a aumentar.
- **En resumen, el comportamiento de las pérdidas cuando ingresa GD depende de múltiples variables; entre otras:**
 - la ubicación de la generación distribuida en la red de distribución;
 - su topología y estructura de red;
 - el perfil de demanda de la red;
 - el perfil de producción que modifica los sentidos de los flujos; y
 - el grado de penetración de la generación distribuida en la red.

Efecto de la GD sobre las pérdidas de los Sistemas de Distribución

- Otro aspecto a tener en cuenta es que la GD incrementa el número de variables que el distribuidor debe controlar para saber donde, como y cuando se inyecta y consume electricidad.
- Esto requiere que el distribuidor efectúe inversiones para adaptar la red a los flujos bidireccionales, redimensionar los centros de transformación e incrementar su gestión operativa y comercial.
- Además, se debe tener en cuenta que la GD en principio NO reduce los costos fijos del sistema, por lo que es necesario asegurar que los costos de suministro no se prorrateen sobre aquellos consumidores que no dispongan de GD.

Efecto de la GD sobre las pérdidas de los Sistemas de Distribución

- En conclusión, la regularización del Generador Distribuido requiere de un análisis detallado, así como la adopción de medidas encaminadas a **regular los aspectos técnicos y administrativos correspondientes a la conexión física de la GD, aspectos económicos y la revisión de las estructuras actuales de las tarifas.**