

Resultados del estudio ‘Nivel de Penetración Fotovoltaica Permisible en las Redes de Distribución Dominicanas’



Leonard Hülsmann

I.huelsmann@energynautics.com

Energynautics GmbH

29 de octubre de 2020



Por encargo de:



de la República Federal de Alemania



EL DESARROLLO SOSTENIBLE PARA LA ENERGÍA Y EL PODER

Energías renovables

Sistemas de distribución

Electromovilidad

Redes inteligentes

**Plantas de energía de
motores de combustión**

**Mercados de
Electricidad**

Códigos de la red

**Redes de islas y
microrredes**

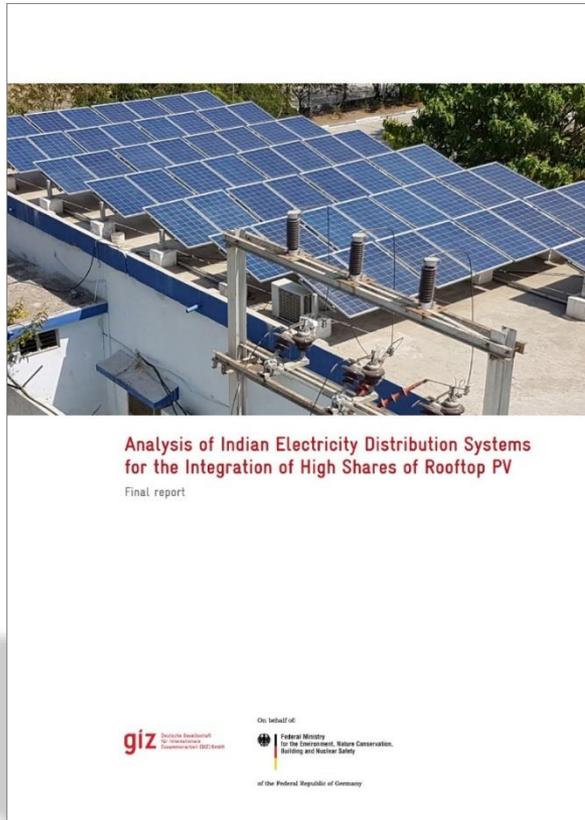
Sistemas de transmisión

OTROS ESTUDIOS DE SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN POR ENERGINAUTICS



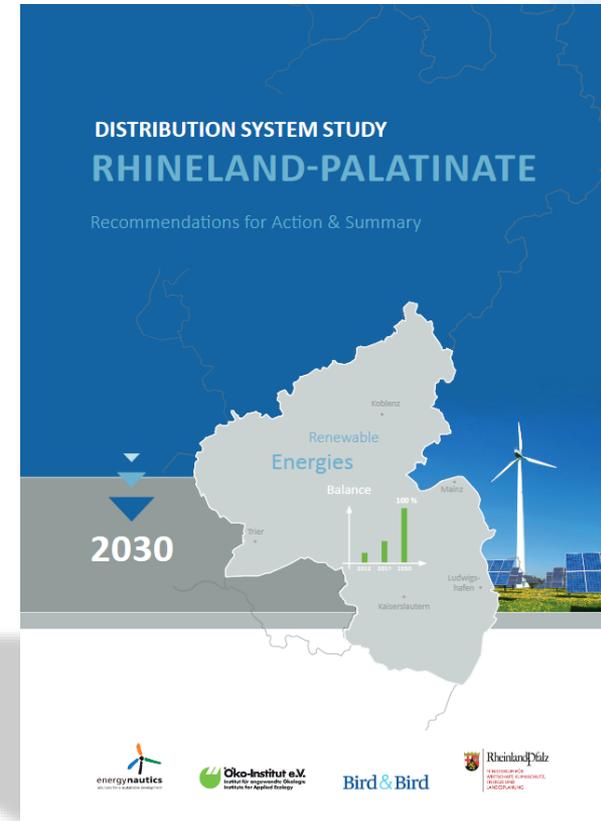
energynautics
solutions for a sustainable development

India



<http://www.comsolar.in/what-we-do/capacity-development/grid-integration-study/>

Alemania



<http://energynautics.com/en/references/distribution-system-study-rhineland-palatinate/>

Instalaciones de techo o rack de instalación de paneles fotovoltaicos (FV)



energynautics
solutions for a sustainable development



Fuente: Solar Directo

AGENDA



energynautics
solutions for a sustainable development

- 1. Los resultados más importantes primero**
- 2. Selección del alimentador**
- 3. Metodología de simulación**
- 4. Resultados de la simulación de la máxima penetración FV en los 12 alimentadores seleccionados**
- 5. Resultados de la simulación de las medidas de mitigación para aumentar la penetración de la FV**
- 6. Proceso de interconexión**

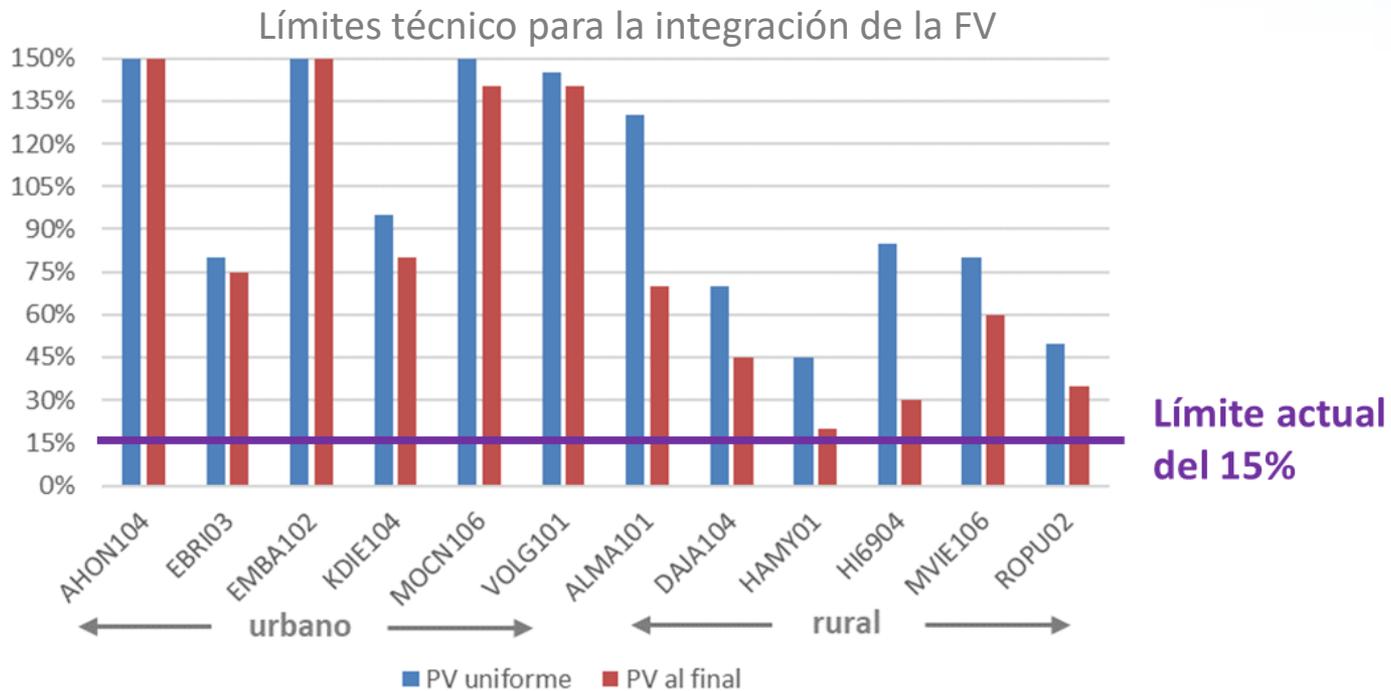


1. Los resultados más importantes primero



LOS RESULTADOS MÁS IMPORTANTES PRIMERO

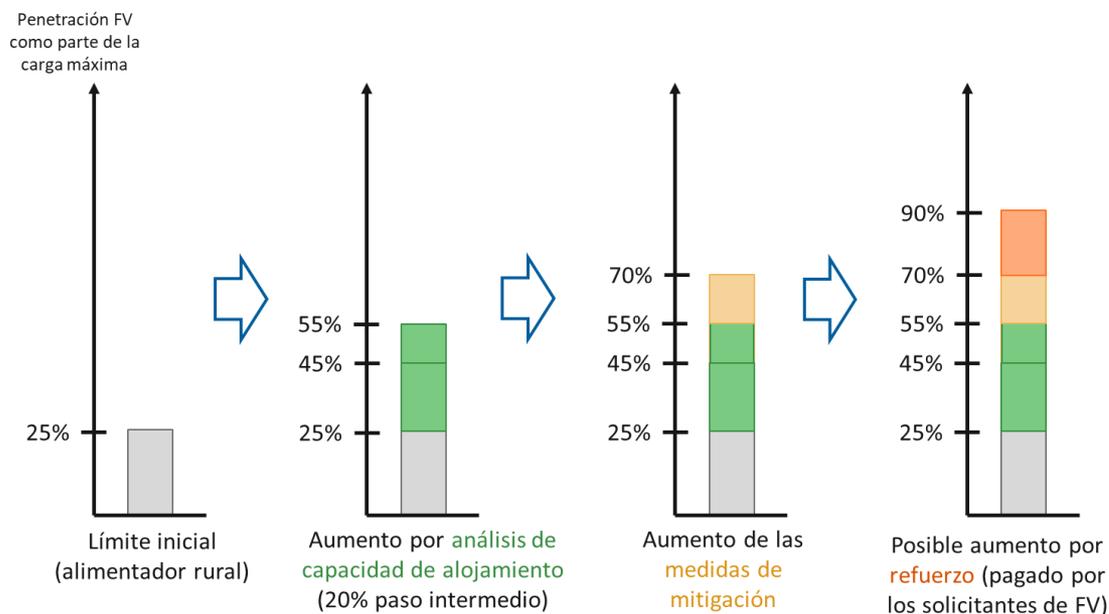
- El límite técnico a menudo es mucho más alto que el actual límite del 15%
- Las medidas de mitigación pueden aumentar aún más el nivel de penetración de FV





LOS RESULTADOS MÁS IMPORTANTES PRIMERO

- ➔ Aumentar el límite inicial de 15% a 25% (alimentadores rurales) o 50% (alimentadores urbanos)
- ➔ Se recomienda un nuevo proceso de interconexión basado en el análisis de la capacidad de alojamiento = definición del límite basado en un estudio técnico

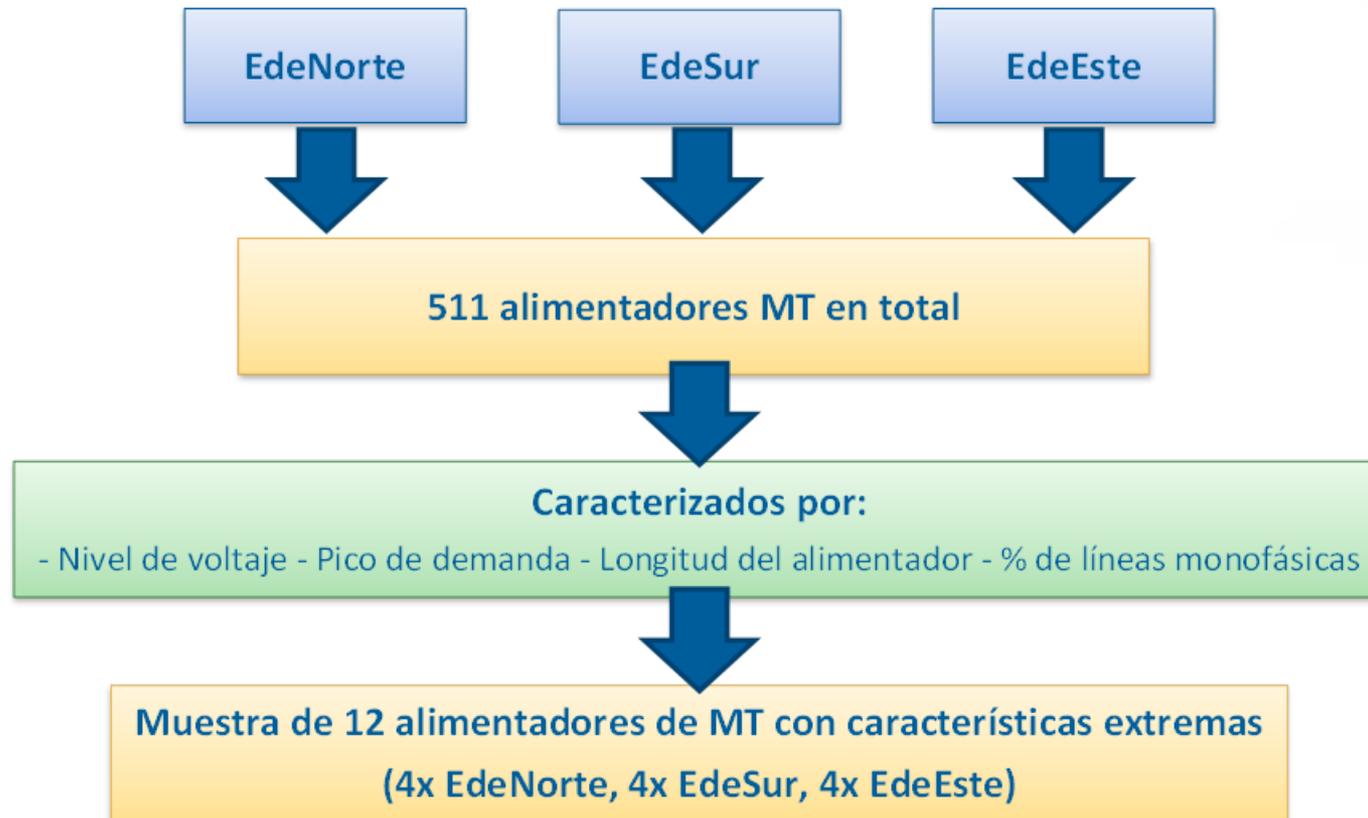


- ➔ Aplicar el control de la potencia reactiva (modo volt-var) en los inversores FV
- ➔ Considere la limitación de generación FV al 70% de la capacidad instalada del panel FV



2. Selección del alimentador

PROCESO DE SELECCIÓN





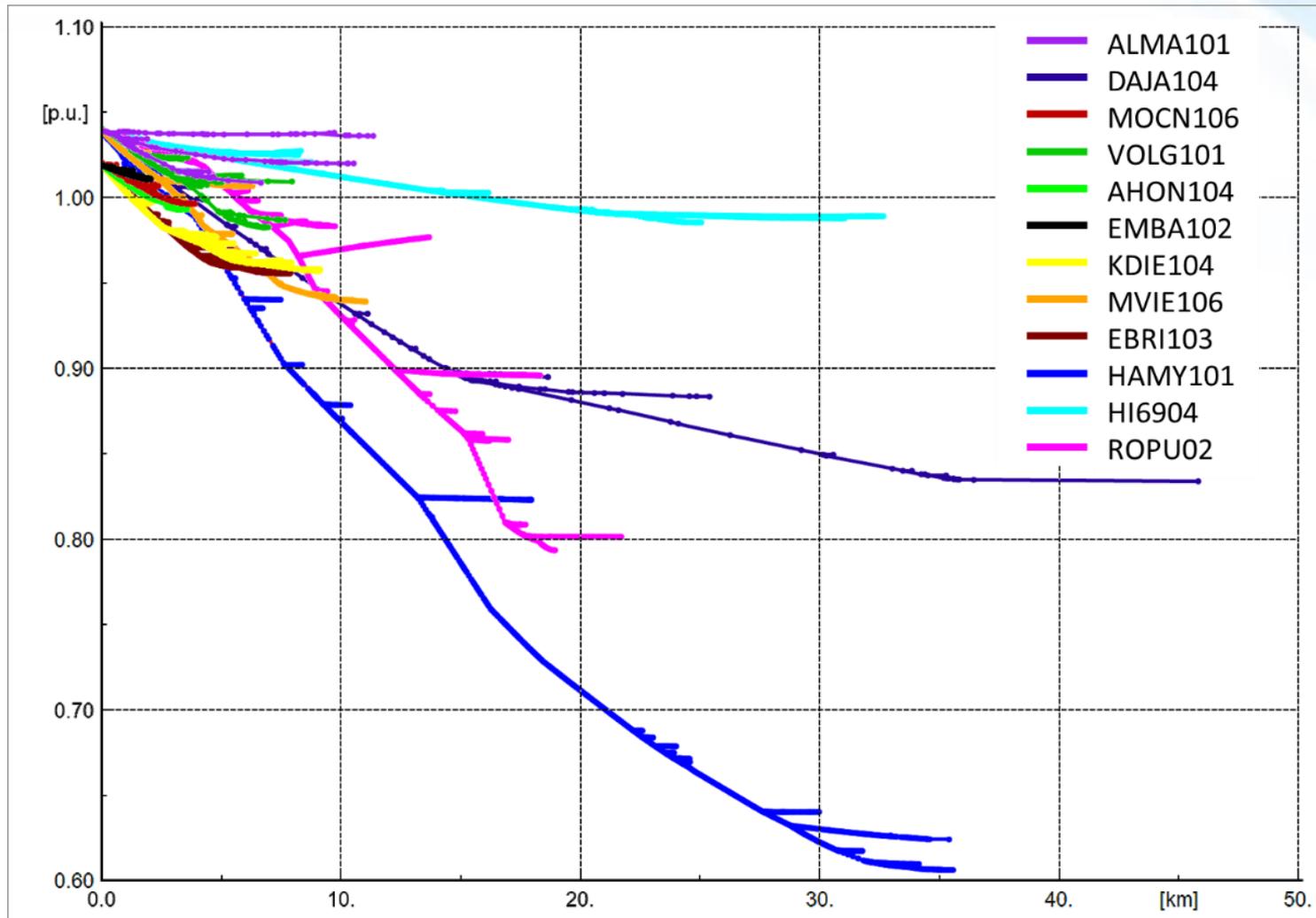
12 ALIMENTADORES SELECCIONADOS

Alimentador seleccionado	Nivel de tensión	Carga máxima	Longitud del alimentador	Comparte Una fase	La cuota de FV
EMBA102 (EdeSur)	12.47 kV	4.7 MVA	12 km	22%	9.1%
MOCN106 (EdeNorte)	12.47 kV	4.4 MVA	29 km	63%	20.6 %
DAJA104 (EdeNorte)	12.47 kV	2.8 MVA	153 km	68%	1.7 %
ALMA101 (EdeNorte)	12.47 kV	1.8 MVA	132 km	90%	4.1 %
MVIE106 (EdeSur)	12.47 kV	8.3 MVA	31 km	26%	15.5 %
AHON104 (EdeSur)	12.47 kV	7.1 MVA	27 km	44%	17.4 %
HI6904 (EdeEste)	12.47 kV	5.4 MVA	117 km	41%	0.9 %
HAMY01 (EdeEste)	12.47 kV	7.9 MVA	187 km	81%	10.4 %
ROPU02 (EdeEste)	4.16 kV	3.6 MVA	95 km	64%	0 %
EBRI03 (EdeEste)	12.47 kV	9.7 MVA	66 km	53%	19.7 %
KDIE104 (EdeSur)	12.47 kV	10.1 MVA	119 km	72%	10.7 %
VOLG101 (EdeNorte)	12.47 kV	6.7 MVA	76 km	66%	69.4 %

PERFILES DE VOLTAJE DE LOS ALIMENTADORES SELECCIONADOS



energynautics
solutions for a sustainable development





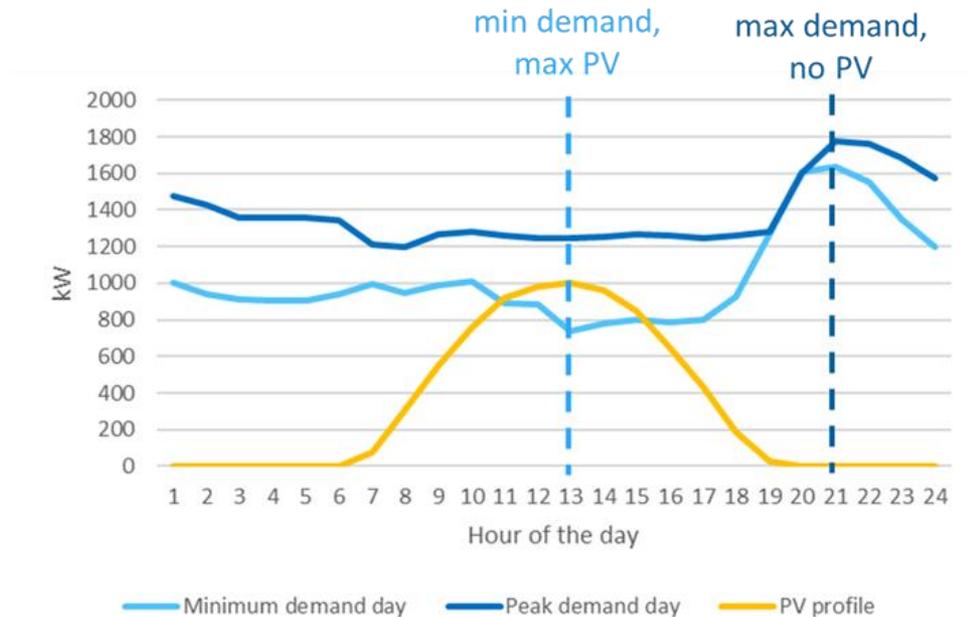
3. Metodología de simulación



PICO DE DEMANDA VS. PICO DE GENERACIÓN

La peor situación en un alimentador de distribución se produce durante:

- Pico de demanda, sin generación de FV
- Pico de generación de FV, demanda mínima

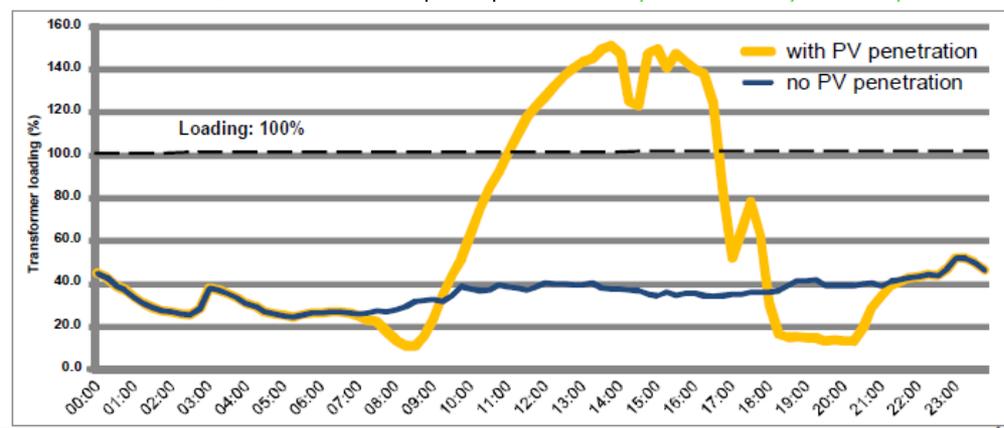
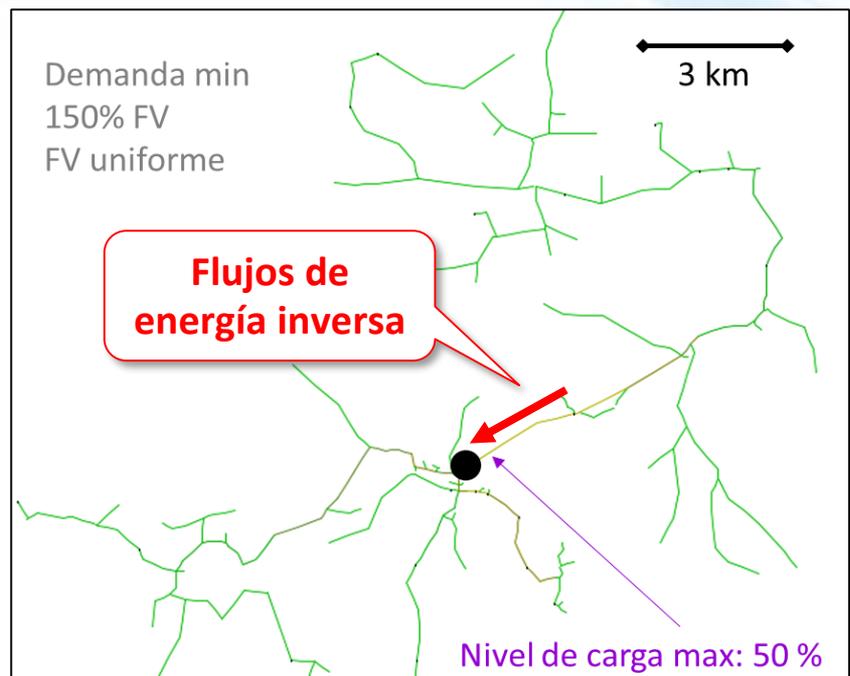
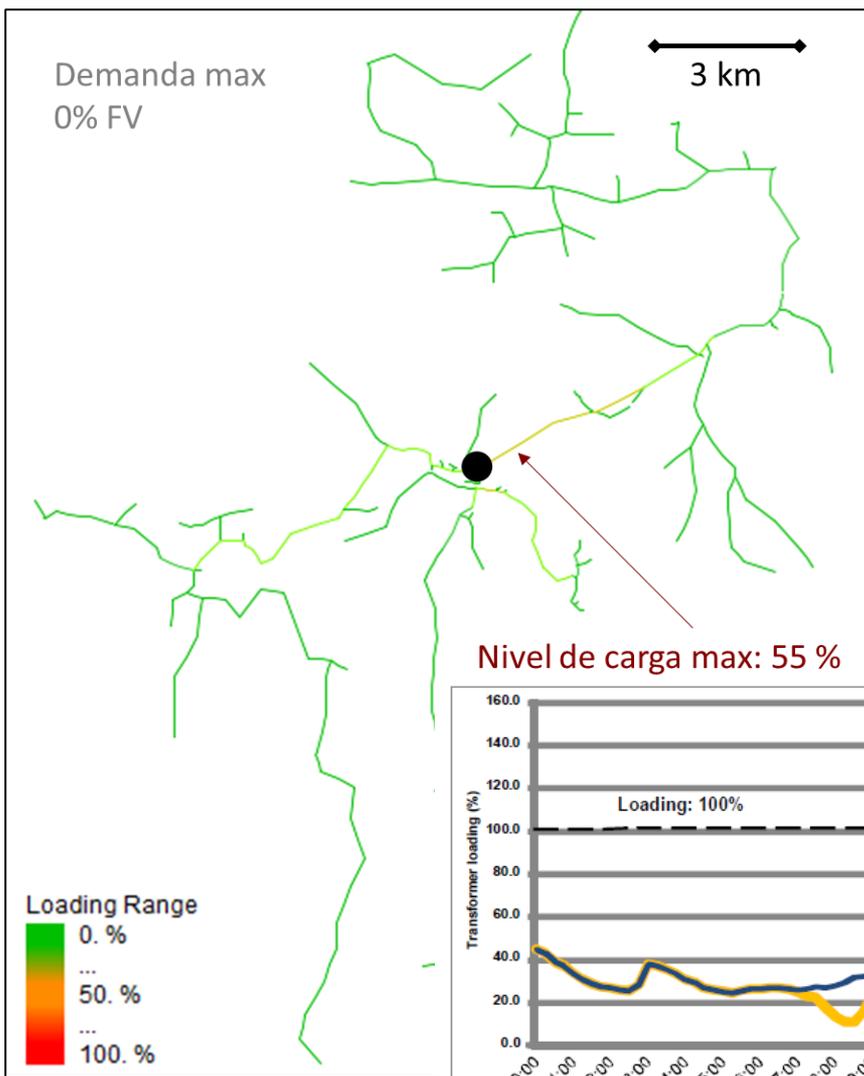


Asunción: El pico de generación de FV se produce durante el período de demanda mínima

➔ En algunos alimentadores, la demanda mínima puede no ser durante el día. Esto aumenta la capacidad de alojamiento de la FV de estos alimentadores.

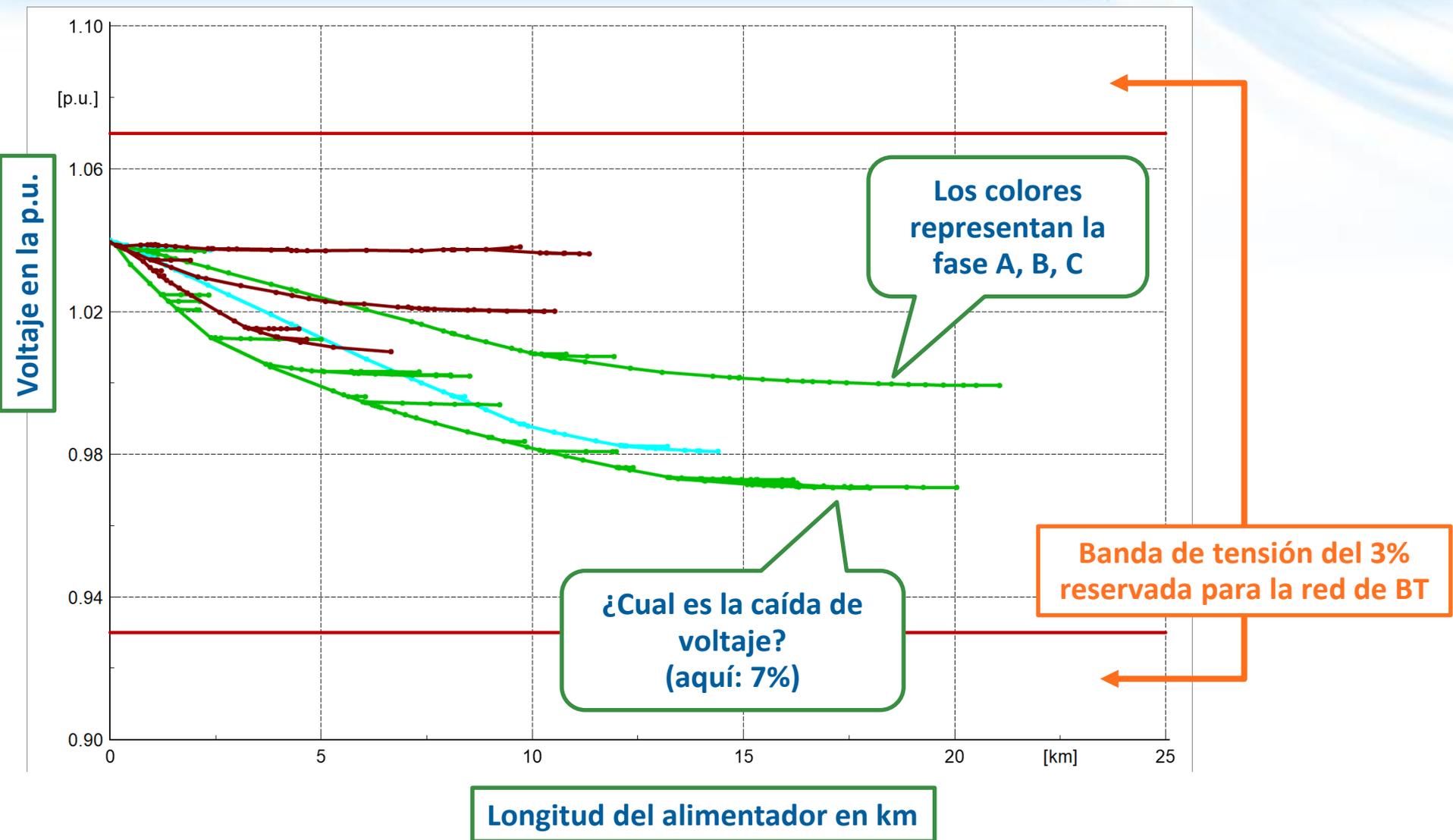


IMPACTO EN LA SOBRECARGA



ALMA101

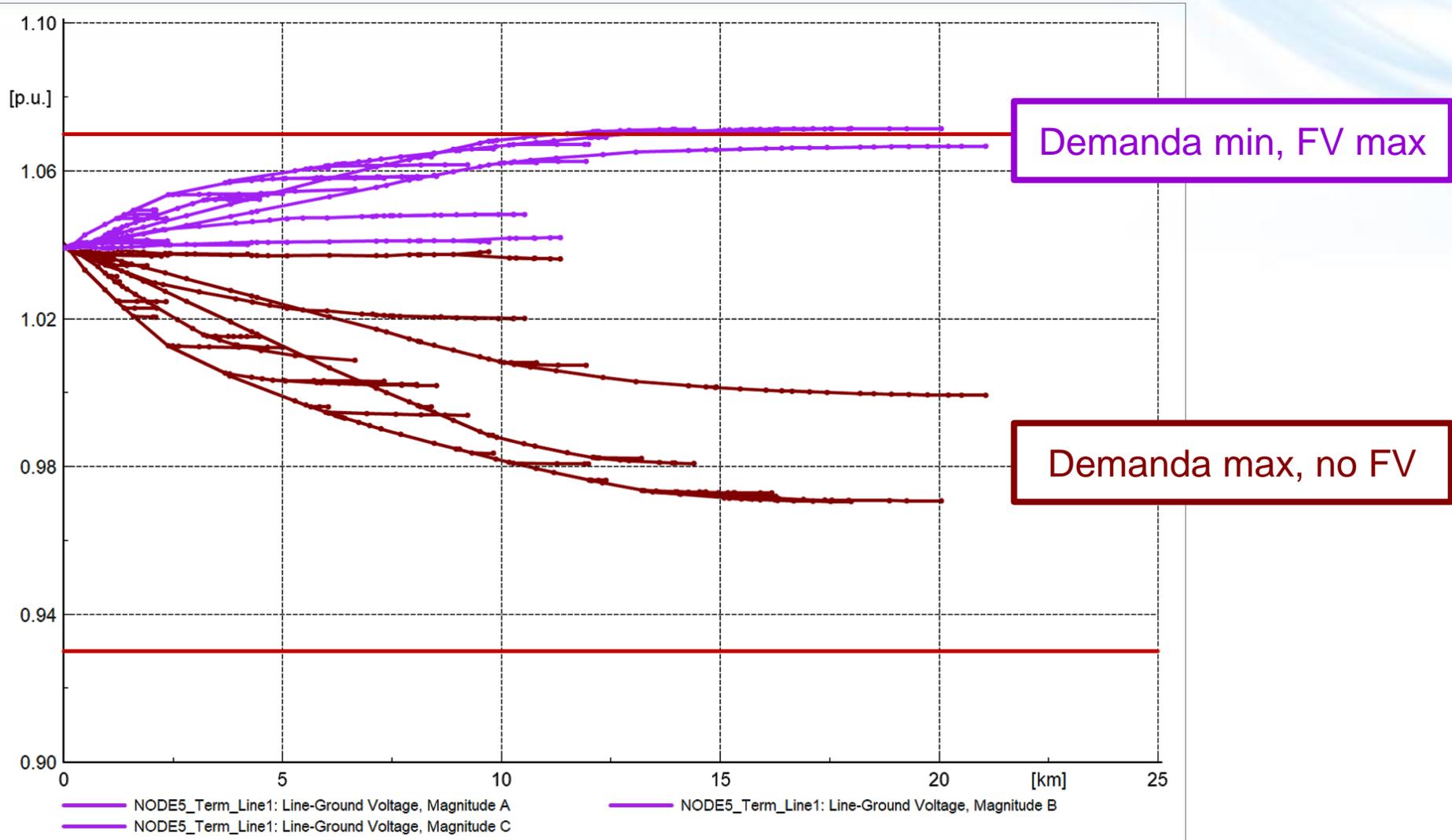
IMPACTO EN LOS PERFILES DE VOLTAJE - DEMANDA MÁXIMA



IMPACTO EN LOS PERFILES DE VOLTAJE - FV MÁXIMO



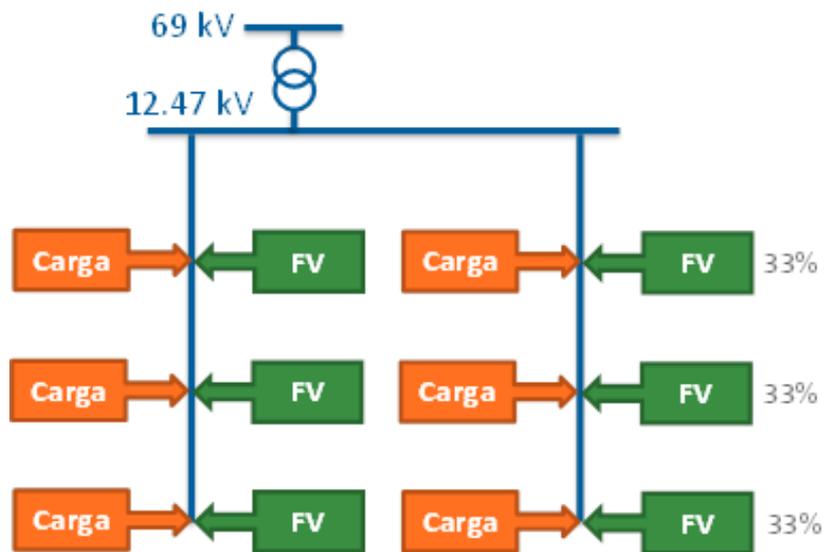
energynautics
solutions for a sustainable development



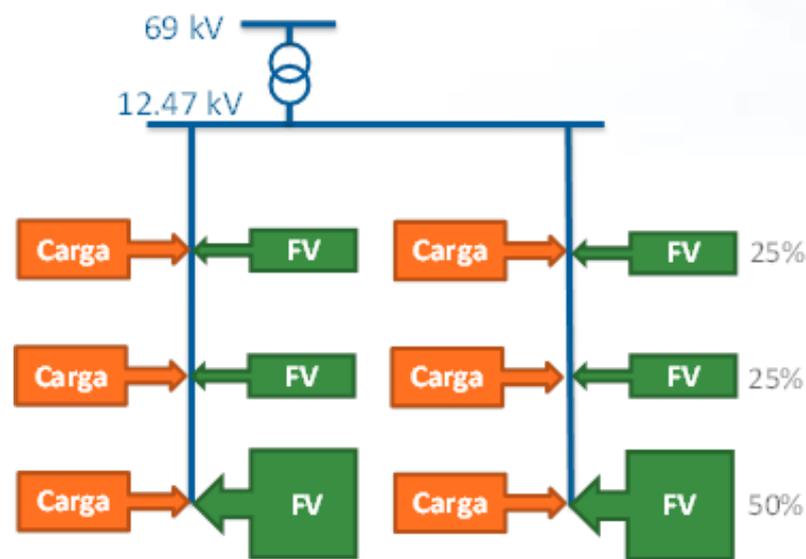


ESCENARIOS FV

FV distribución uniforme



FV al final del alimentador



➔ El nivel de penetración FV se incrementó gradualmente de 0% a 150%

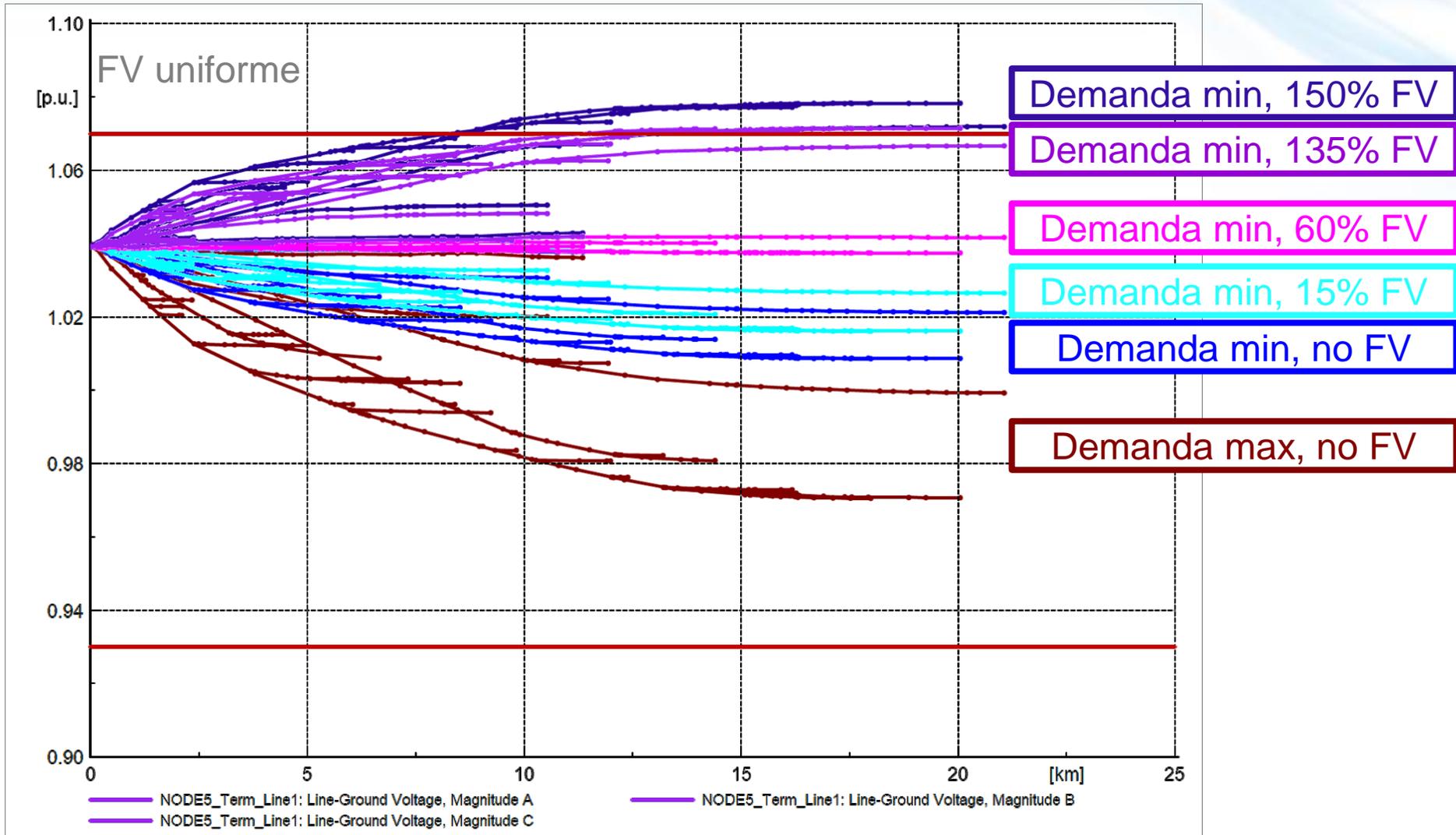


4. Resultados de la simulación sobre la máxima penetración de la FV

ALMA101 - VIOLACIONES DE VOLTAJE



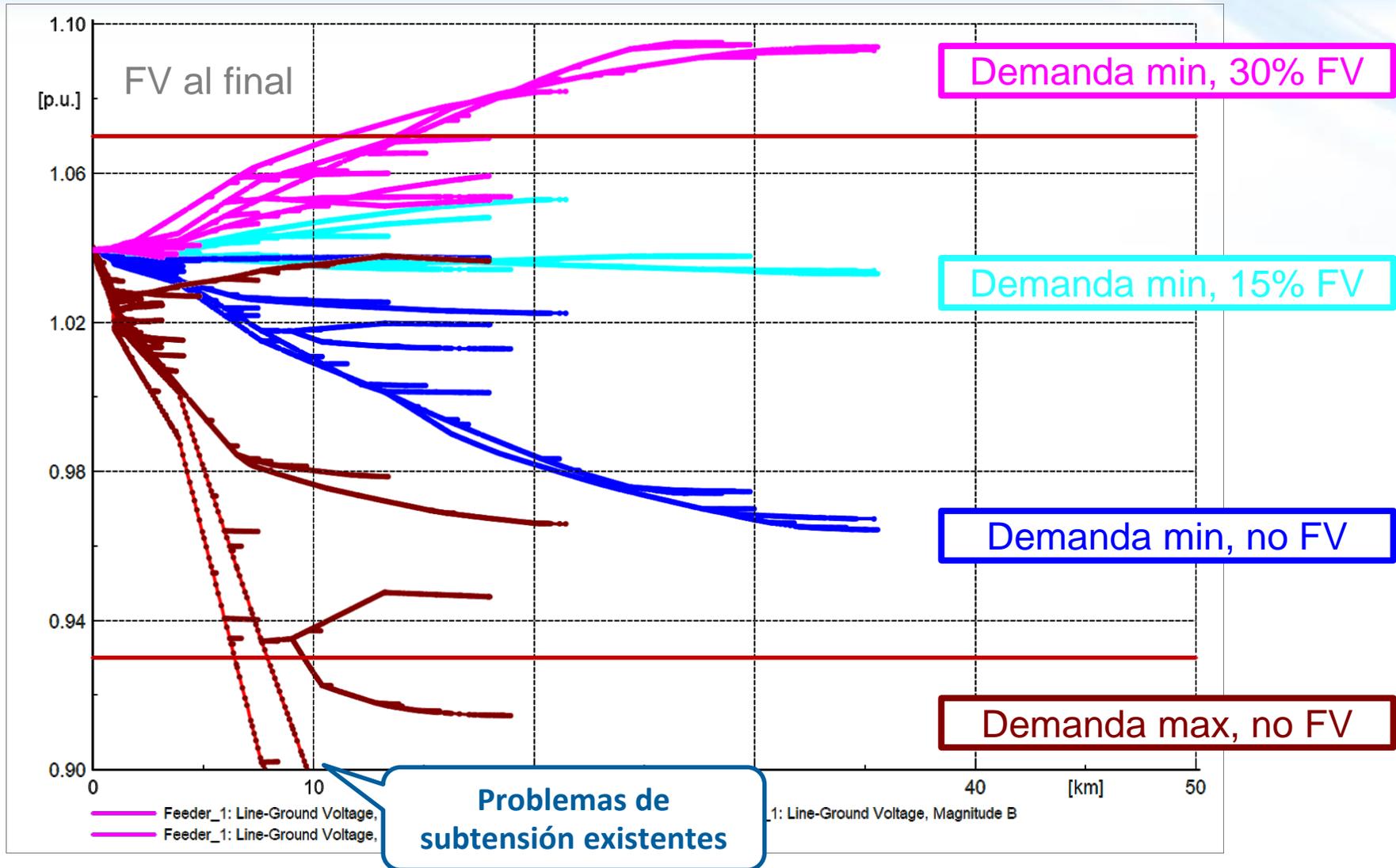
energynautics
solutions for a sustainable development



HAMY01 - VIOLACIONES DE VOLTAJE



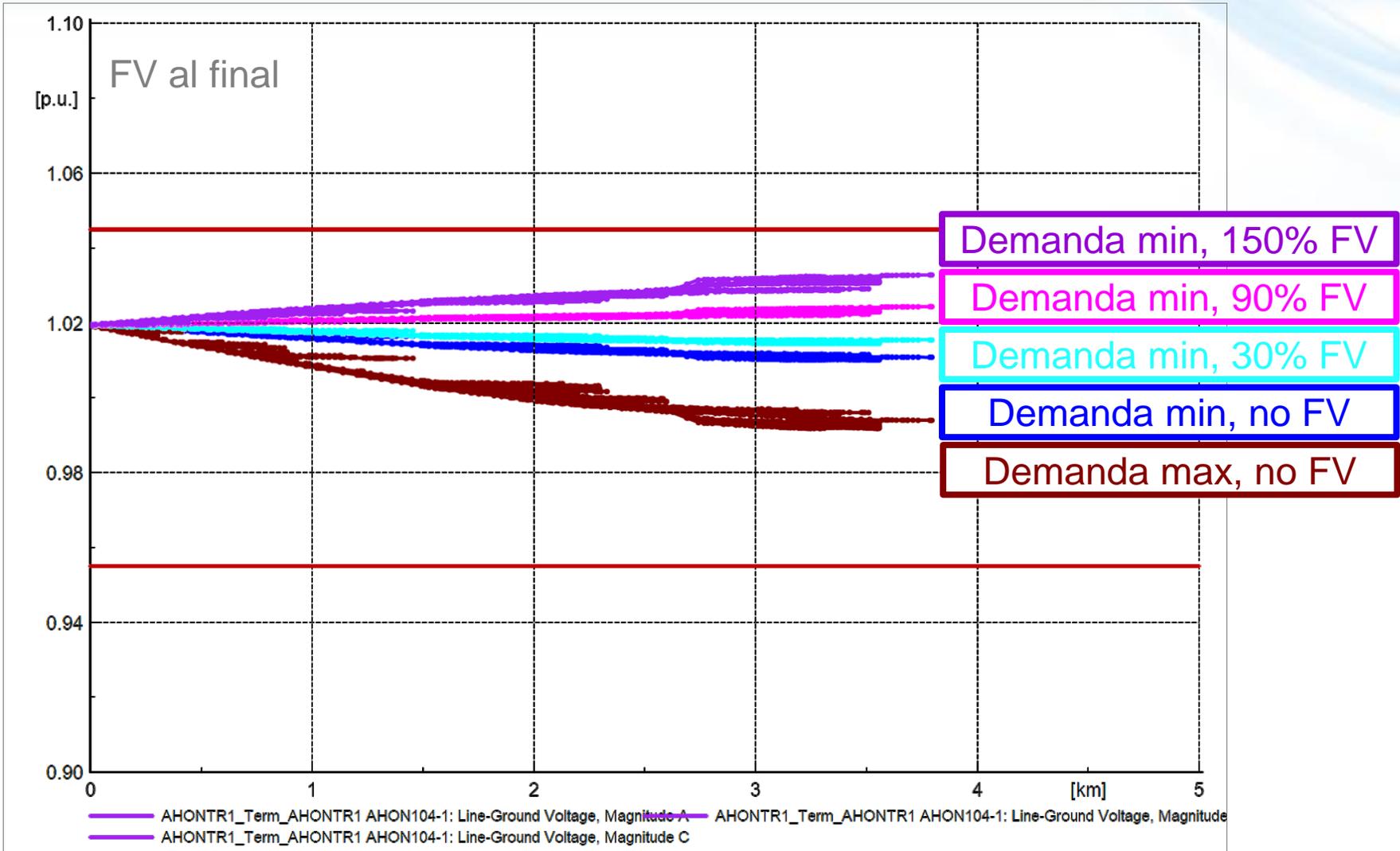
energynautics
solutions for a sustainable development



AHON104 - VIOLACIONES DE VOLTAJE

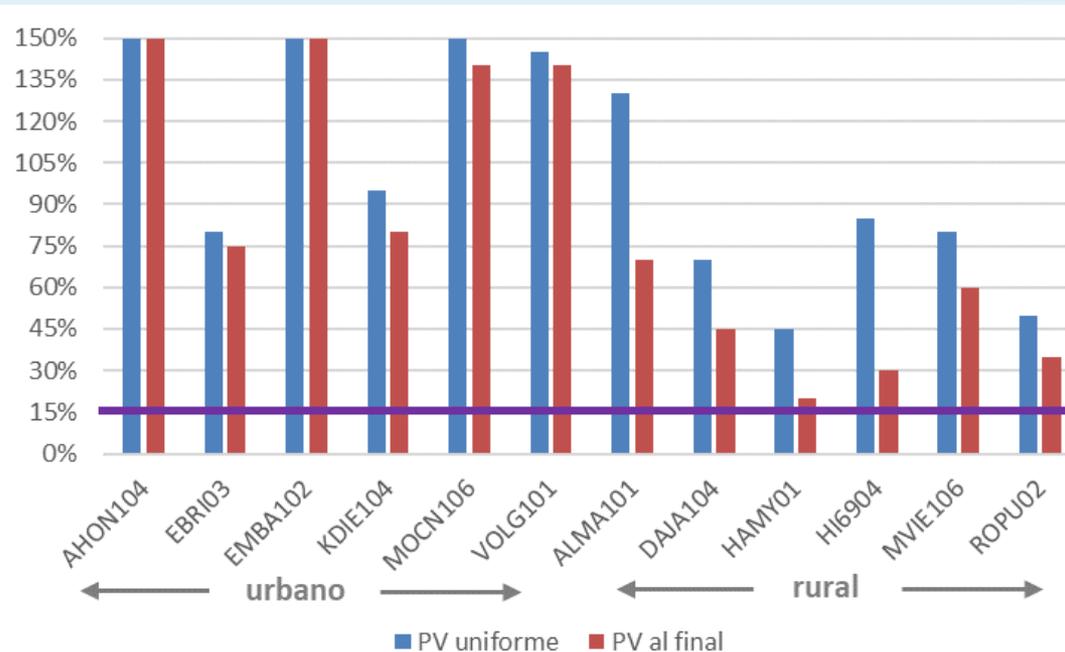


energynautics
solutions for a sustainable development





RESULTADOS - RESUMEN



Límite actual
del 15%

- **Los niveles máximos de penetración de la FV son muy diversos:**
 - Los alimentadores urbanos pueden generalmente alojar niveles de FV muy altos (60% a muy por encima del 150%)
 - Los alimentadores rurales son mucho más limitados (20% a 130%)
- **En una distribución FV desfavorable, los niveles de FV no son mucho más altos que el límite del 15% aplicado actualmente**
- **En la mayoría de los casos, sin embargo, los niveles de penetración de la FV, mucho más altos posibles, el límite del 15% es muy restrictivo**



5. Resultados de las simulaciones de las medidas de mitigación



MEDIDAS DE MITIGACIÓN ANALIZADAS

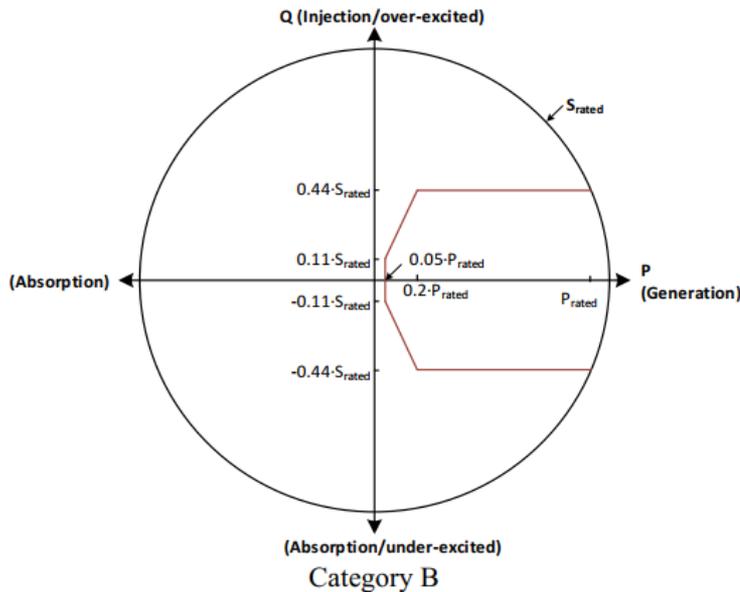
1. Optimización de la consigna de tensión AT/MT
2. Control de tensión dependiente de la potencia activa en el transformador AT/MT
3. Control de tensión de área amplia en el transformador AT/MT
4. Control de la potencia reactiva de los inversores FV (modo de voltios-var)
5. Limitación de generación FV al 70% de la capacidad instalada del panel FV
6. Peak shaving mediante el uso de baterías
7. Refuerzo de líneas y transformadores

4. Control de la potencia reactiva de los inversores FV (modo de voltios-var)

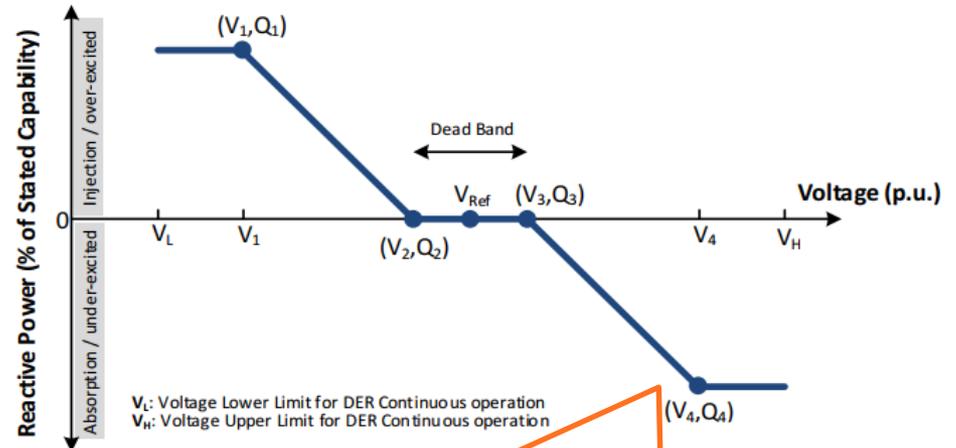


Objetivo: El consumo de energía reactiva en el inversor FV reduce el aumento de voltaje inducido por la inyección FV. (al contrario que en el camino, los compensadores de derivación aumentan el voltaje inyectando potencia reactiva)

Capacidad de potencia reactiva necesaria para los generadores distribuidos según la norma IEEE 1547-2018 (categoría B)



Modo de control de voltios-var (IEEE 1547-2018)

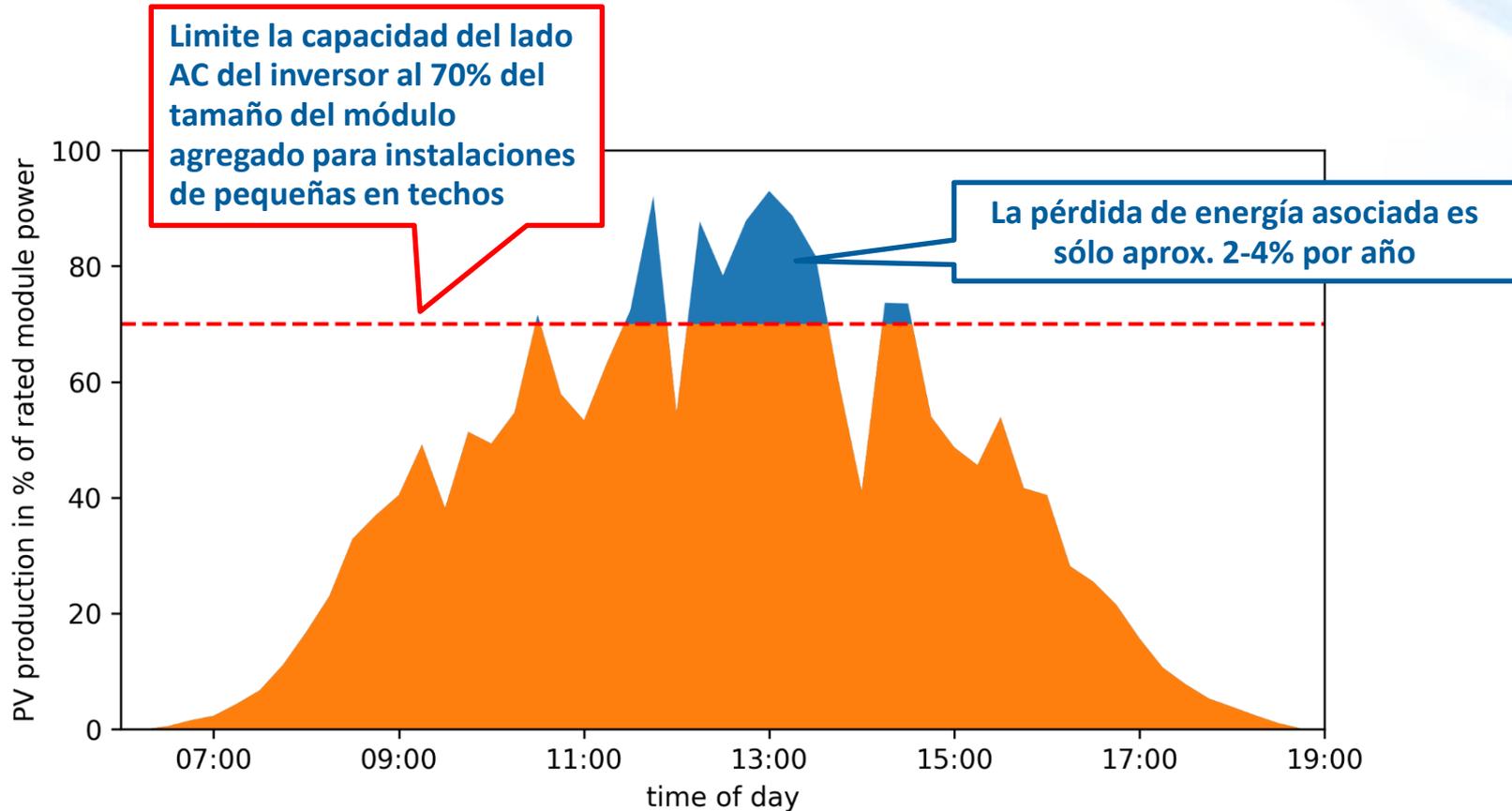


Aumentar el consumo de energía reactiva si el voltaje medido localmente es alto

5. Limitación de generación FV al 70% de la capacidad instalada del panel FV



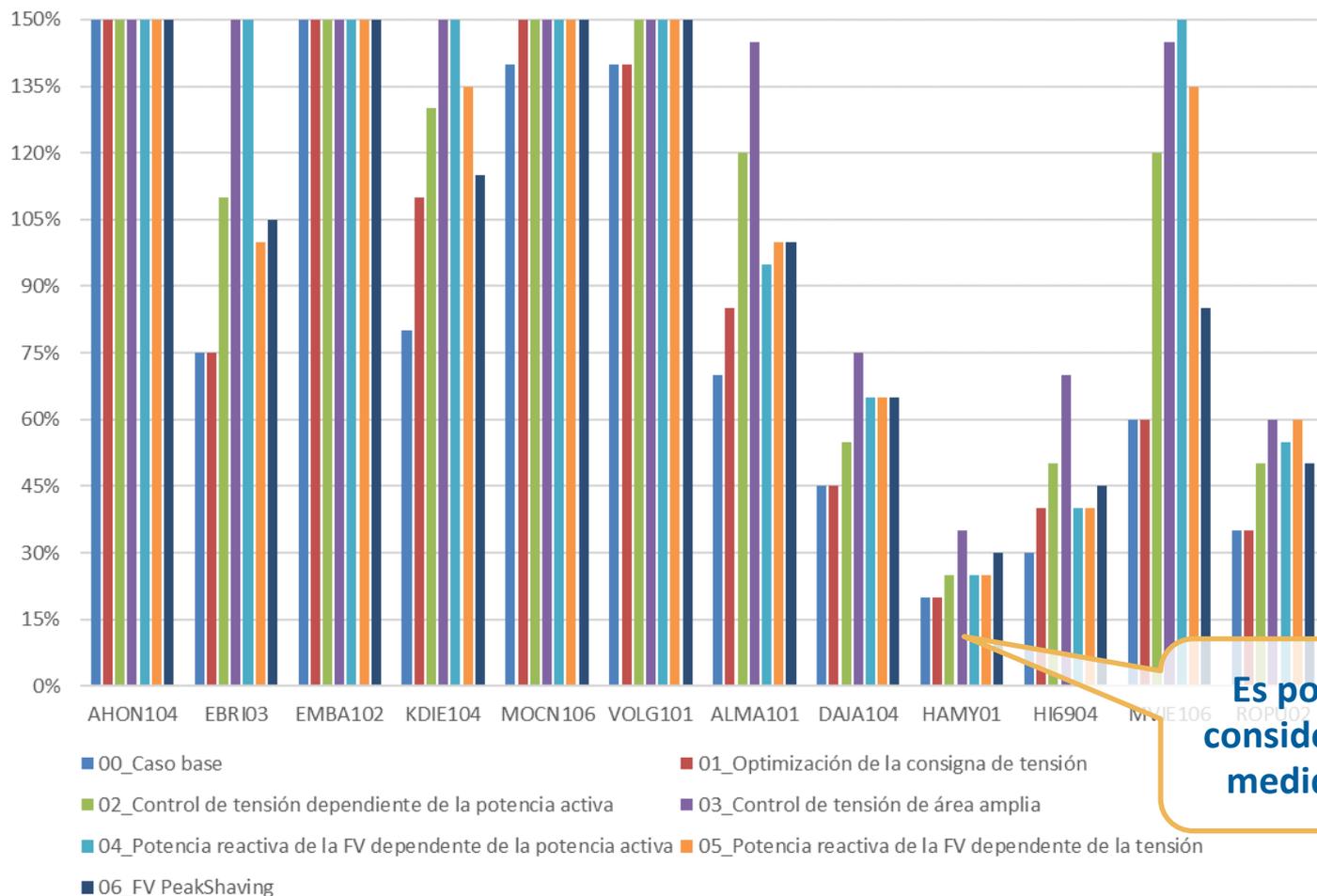
energynautics
solutions for a sustainable development



➔ Requisitos para los generadores FV de menos de 30 kW en Alemania

Medidas de mitigación: posibilidades de aumentar la capacidad de acogida de la FV

Penetración máxima de la FV debido a las limitaciones de voltaje para todas las medidas de mitigación para una distribución desigual de la FV al final



Es posible una mejora considerable gracias a las medidas de mitigación



MEDIDAS DE MITIGACIÓN - RECOMENDACIONES

Algunas de las medidas de mitigación no se contradicen entre sí y pueden aplicarse **al mismo tiempo!**

Las mejores opciones para aumentar los límites de la capacidad de alojamiento:

Optimización del la consigna de tension AT/MT **o** control de tensión dependiente de la potencia activa **o** control de voltaje de área amplia

+

Control de la potencia reactiva de los inversores FV (modo de voltios-var)

+

Limitación de FV a 70% u 80% de la capacidad del panel de FV

Verde: Muy buena medida de mitigación

Amarillo: Buena medida de mitigación

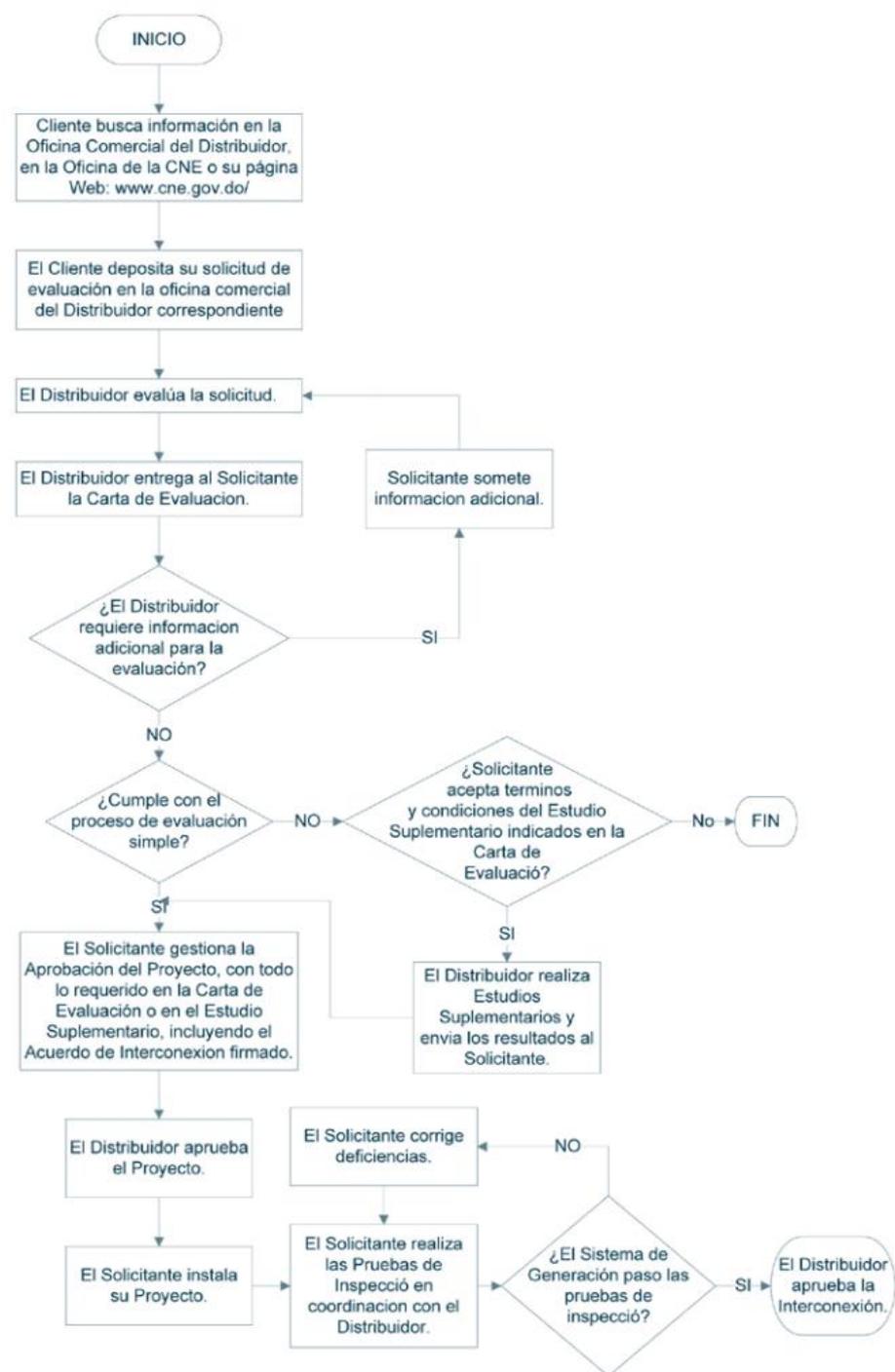
Rojo: Medida de mitigación costosa



6. Proceso de interconexión

PROCESO DE INTERCONEXIÓN ACTUAL

- Muy similar al antiguo proceso de interconexión de los EE.UU.
 - Probablemente fue adoptado de EE.UU./California
 - En los EE.UU., el límite del 15% sólo significa que se debe realizar un estudio. La aplicación de la FV no puede ser rechazada sin un análisis técnico
- ➔ Por lo tanto, sólo un límite "suave", no un límite duro



PROCESO DE INTERCONEXIÓN DE LOS ESTADOS UNIDOS

- **El proceso de interconexión de los EE.UU. ha sido revisado alrededor de 2012/13 para incluir filtros suplementarios**
 - Penetración FV hasta el 100% de la demanda mínima diurna
- **Actualmente, una propuesta para reemplazar la pantalla del 15% por una basada en la capacidad de alojamiento está ante la comisión de servicios públicos de los EE.UU.**
 - Esto implicaría que los análisis de capacidad de alojamiento como el realizado en este estudio se realizan para analizar un nivel de penetración máxima de la FV, sustituyendo la pantalla del 15%

NUEVO PROCESO DE INTERCONEXIÓN PROPUESTO

- Nuevo proceso de interconexión que sustituye el límite del 15% por un análisis de la capacidad de alojamiento
- Se deben utilizar medidas de mitigación:
 - Control de la potencia reactiva de los inversores FV
 - Optimización del punto de ajuste de voltaje en el transformador AT/MT

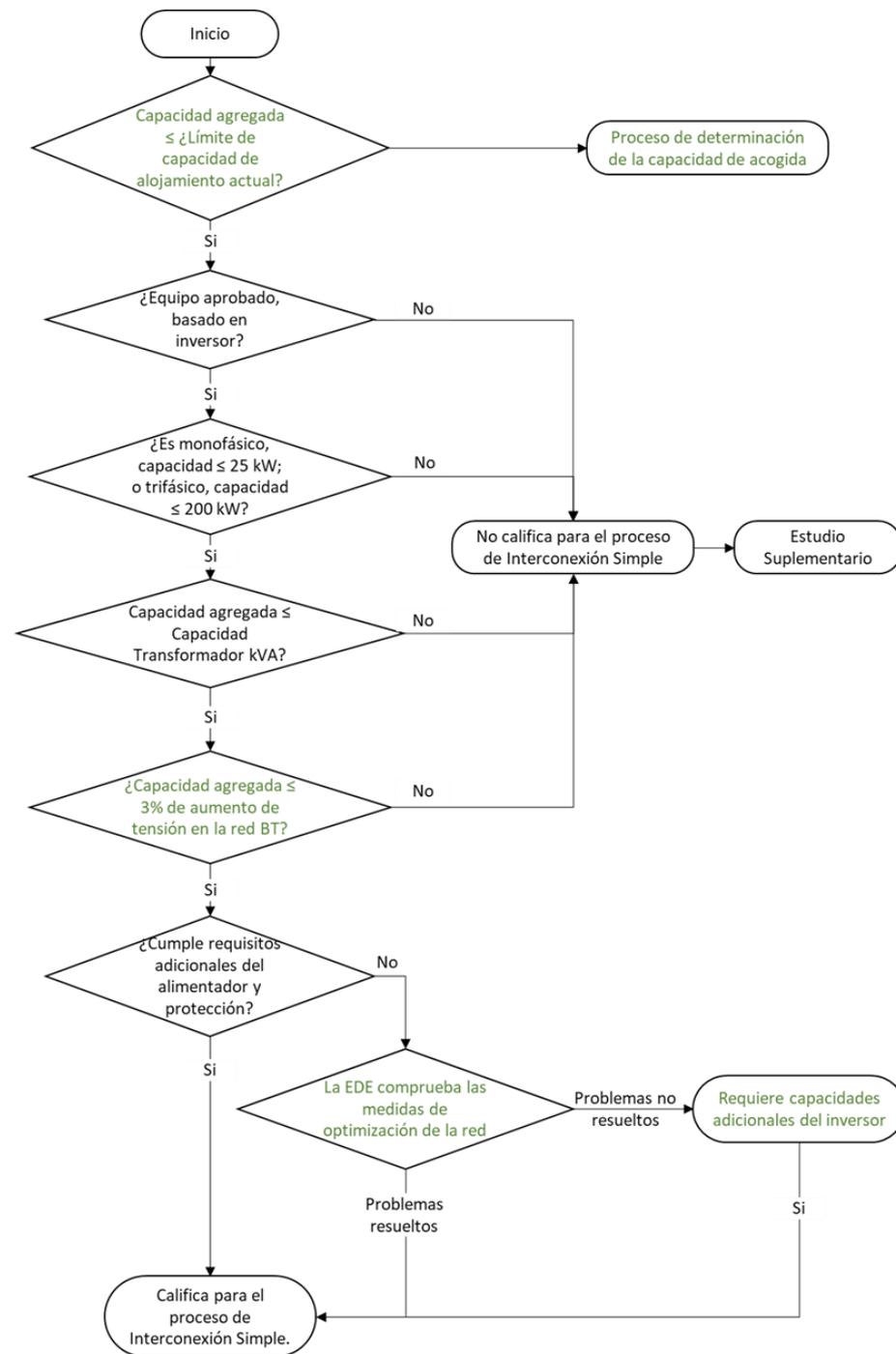
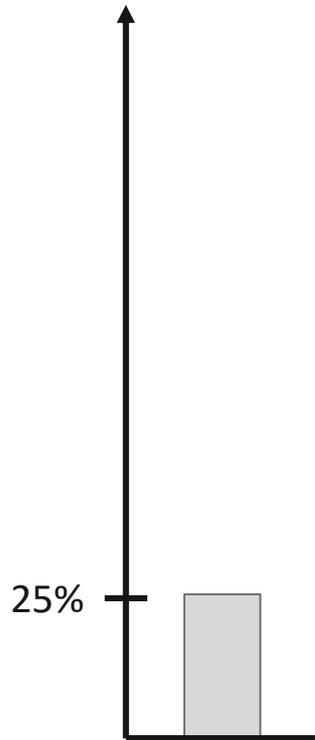


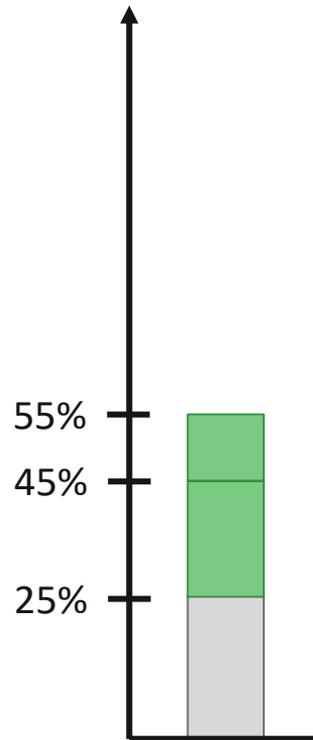
ILUSTRACIÓN DEL PROCESO DE ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD DE ACOGIDA

Penetración FV
como parte de la
carga máxima

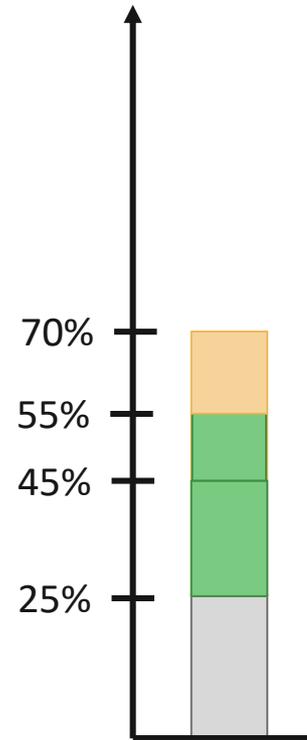
Ejemplo de un alimentador rural



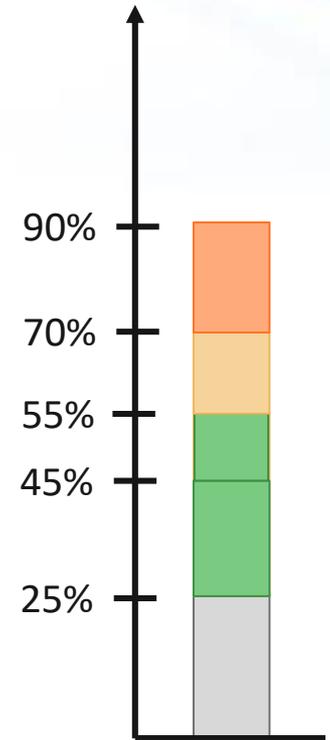
Límite inicial
(alimentador rural)



Aumento por **análisis de capacidad de alojamiento**
(20% paso intermedio)



Aumento de las **medidas de mitigación**



Possible aumento por **refuerzo** (pagado por los solicitantes de FV)



OTRAS RECOMENDACIONES

Nuevas mejoras en el proceso de interconexión:

- Definir los plazos para el EDE, hasta cuándo debe realizarse el estudio de interconexión o el estudio de capacidad de alojamiento
- Introducción de sanciones por incumplimiento

Fortalecer las capacidades de análisis del sistema de energía de los EDEs:

- Los cálculos del flujo de carga como los realizados en este estudio
- Modelos actualizados de flujo de carga de los alimentadores de distribución, por ejemplo, durante la importación automática de SIG

Recopilar la información pertinente de la planta fotovoltaica:

- El inversor y el tamaño de la planta fotovoltaica
- Control de la potencia reactiva/comportamiento
- Información sobre la ubicación: Al menos un transformador de distribución conectado (para permitir la adición de sistemas FV al modelo de red de distribución)
- Ajustes de protección/comportamiento

REQUISITOS PARA LAS CAPACIDADES DEL INVERSOR FV

Función del inversor*	Recomendación internacional
Low/high frequency ride-through	Altamente recomendado
Response to frequency deviations (frequency-watt mode)	Altamente recomendado
Low/high voltage ride-through	Altamente recomendado
Reactive power capability	Altamente recomendado
Reactive power control modes (constant power factor, volt-var, watt-var)	Altamente recomendado
Active power control modes (volt-watt)	Opcional
Ramp rate limitations	Opcional
Communication capability	Se recomienda el tamaño definido anteriormente del generador distribuido

Posible por la adopción de la reciente norma IEEE 1547-2018!

* Ver IEEE 1547-2018 para la especificación de las capacidades de los inversores de EE.UU.

Más información sobre el razonamiento detrás de estas capacidades de los inversores:

IRENA, The role of grid codes, https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2016/IRENA_Grid_Codes_2016.pdf



energynautics
solutions for a sustainable development

¡GRACIAS POR SU ATENCIÓN!

l.huelsmann@energynautics.com