



PROYECTO DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA 4.0

Generación distribuida

Caso de Estudio: México



Contenido

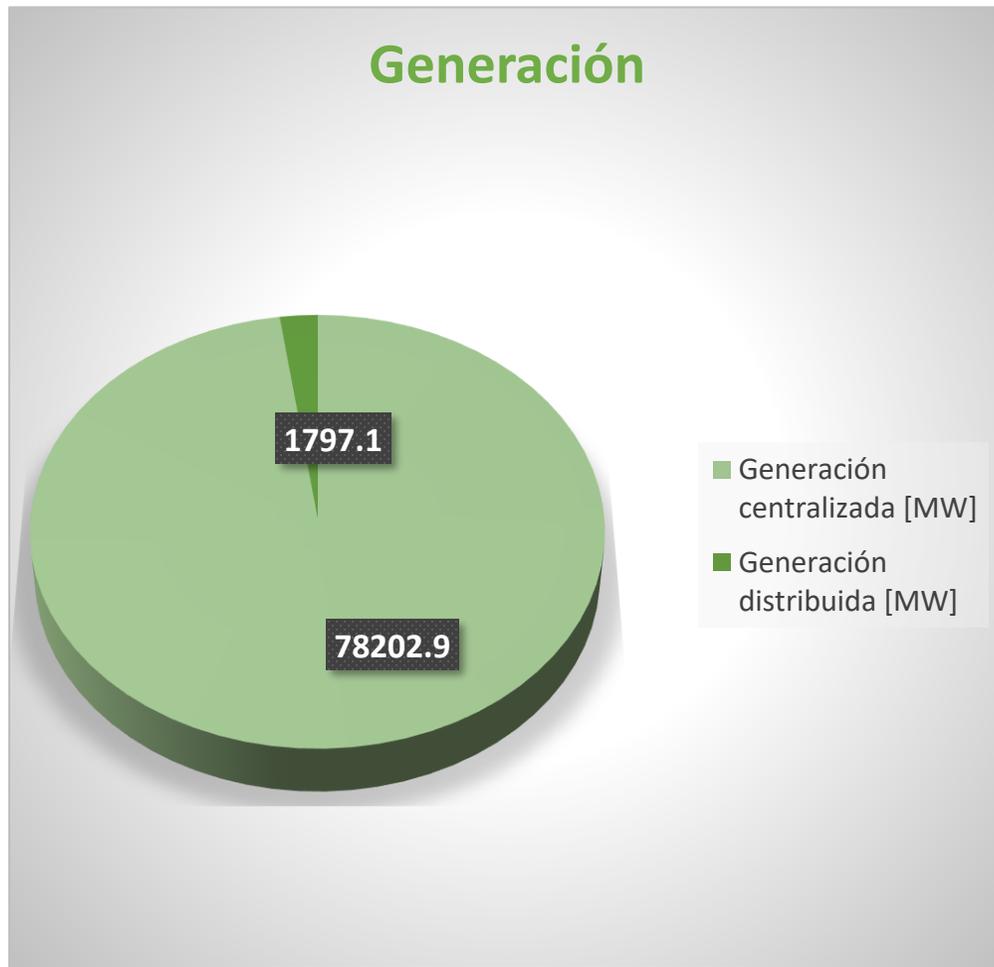
- Generación distribuida en México
- Marco regulatorio
- Norma para suministro de productos
- Código de Red
- Capacidad de alojamiento
- Requisitos para Generación distribuida
- Procedimiento para instalación de nuevos generadores
- Estudios de conexión
- Esquemas de conexión



¿Qué se considera generación distribuida en México?



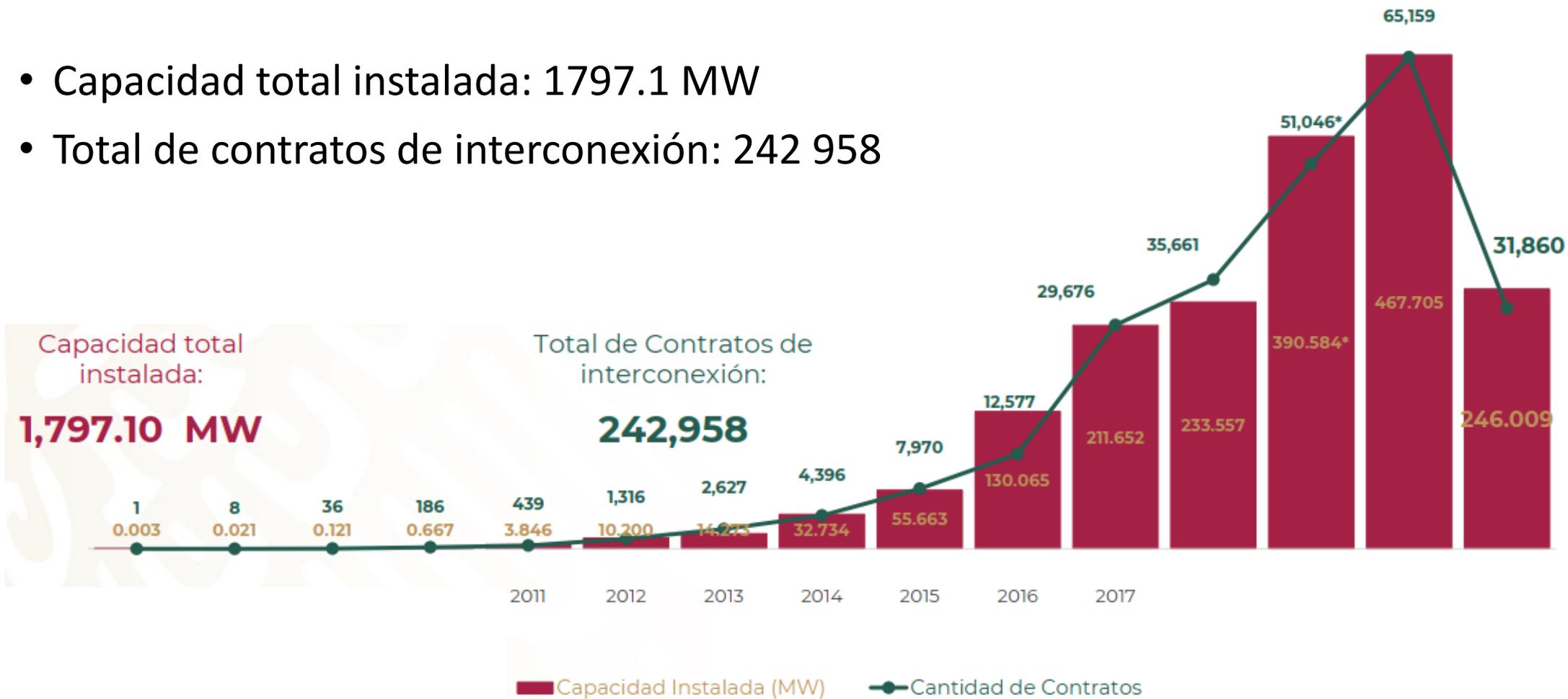
Contexto de México



- Capacidad total instalada: 1 797.1 MW
- Total de contratos de interconexión: 242 958

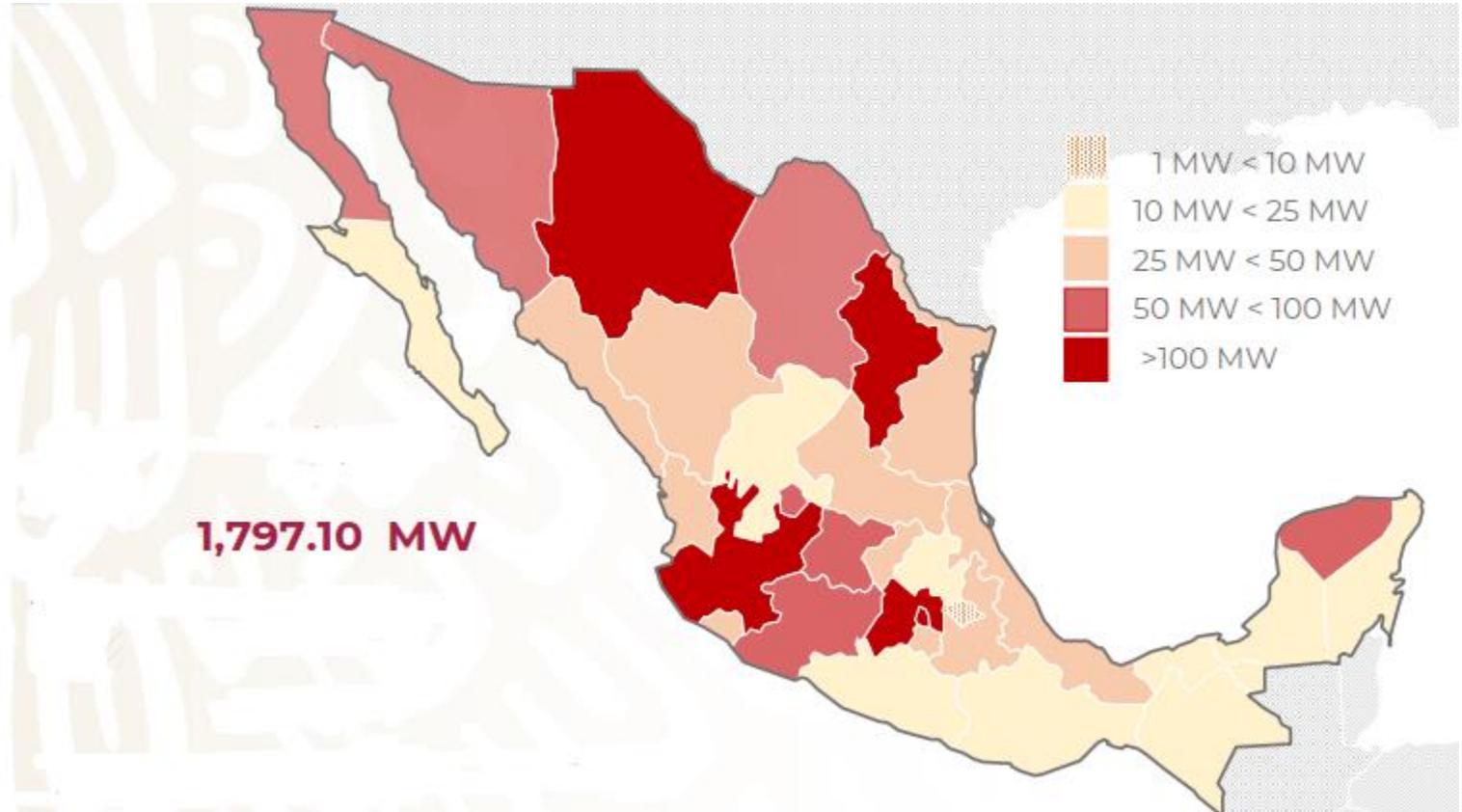
Generación distribuida en el tiempo

- Capacidad total instalada: 1797.1 MW
- Total de contratos de interconexión: 242 958

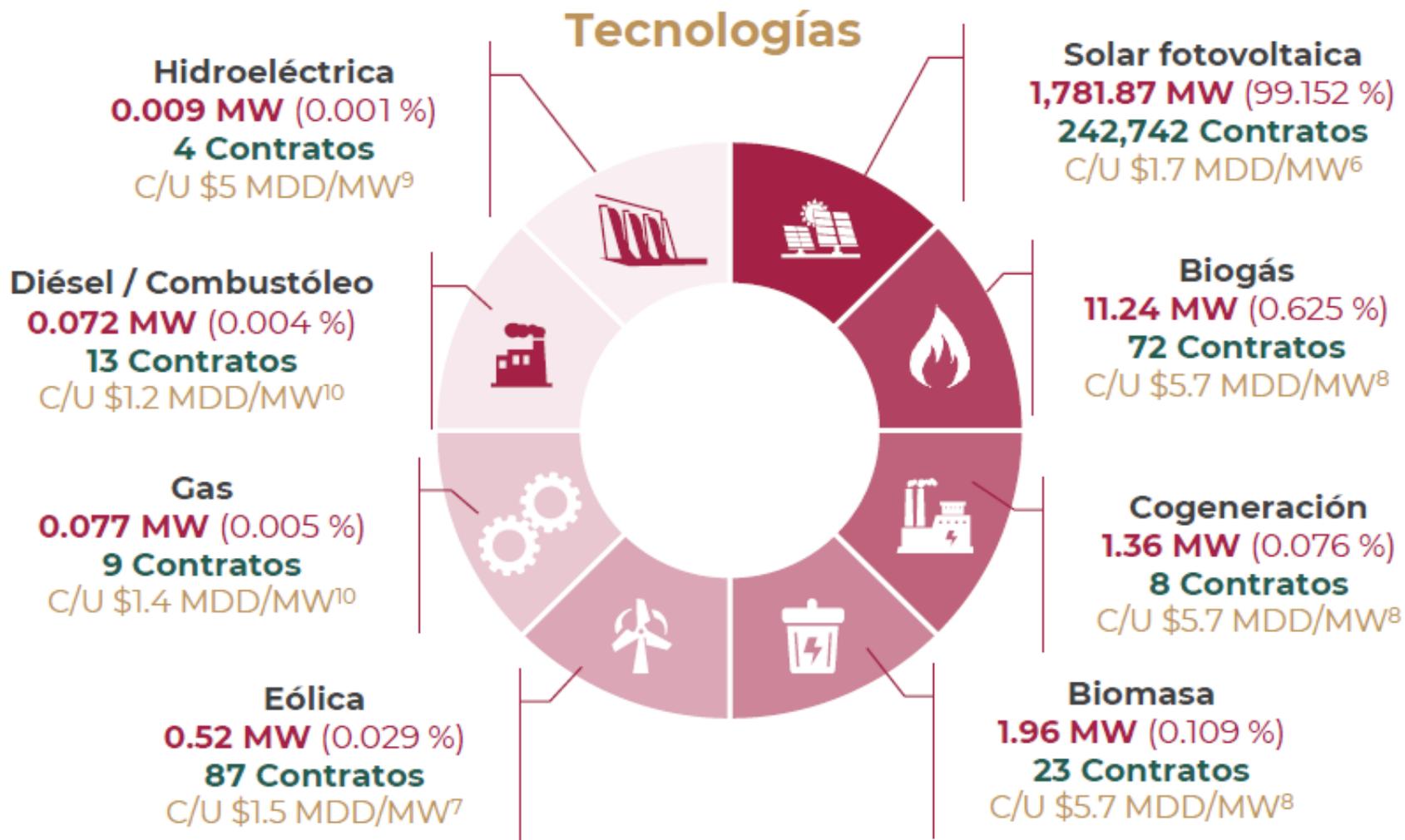


Distribución Geográfica de la generación distribuida

| Estado | Capacidad Instalada (MW) | Contratos |
|---------------------|--------------------------|-----------|
| Tlaxcala | 2.76 | 261 |
| Campeche | 10.03 | 1,305 |
| Chiapas | 11.29 | 1,464 |
| Hidalgo | 11.63 | 1,265 |
| Tabasco | 12.11 | 1,433 |
| Oaxaca | 12.96 | 1,465 |
| Zacatecas | 12.98 | 1,678 |
| Guerrero | 15.11 | 2,102 |
| Baja California Sur | 23.12 | 1,631 |
| Quintana Roo | 23.17 | 3,501 |
| Tamaulipas | 26.17 | 2,870 |
| Colima | 29.15 | 5,658 |
| Durango | 30.43 | 3,634 |
| Morelos | 30.86 | 4,862 |
| San Luis Potosí | 32.60 | 5,024 |
| Nayarit | 32.87 | 4,877 |
| Puebla | 33.44 | 4,394 |
| Querétaro | 33.91 | 6,068 |
| Veracruz | 41.83 | 5,730 |
| Sinaloa | 45.76 | 3,557 |
| Aguascalientes | 54.31 | 5,709 |
| Baja California | 58.61 | 9,448 |
| Sonora | 70.55 | 7,915 |
| Coahuila | 76.03 | 9,823 |
| Michoacán | 78.45 | 12,079 |
| Yucatán | 79.16 | 11,159 |
| Guanajuato | 91.77 | 11,313 |
| Ciudad de México | 103.18 | 13,178 |
| Chihuahua | 118.54 | 18,492 |
| Estado de México | 119.11 | 9,422 |
| Nuevo León | 197.15 | 25,881 |
| Jalisco | 278.06 | 45,760 |

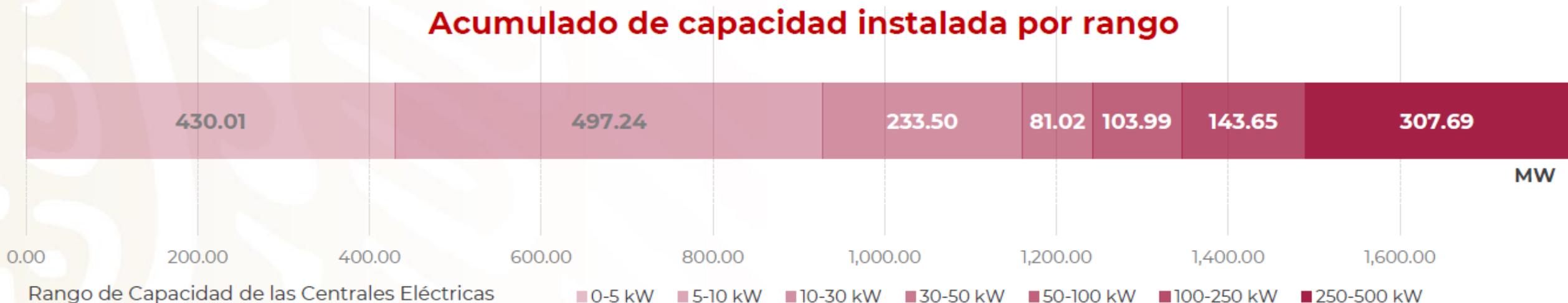


Tipos de tecnologías instaladas

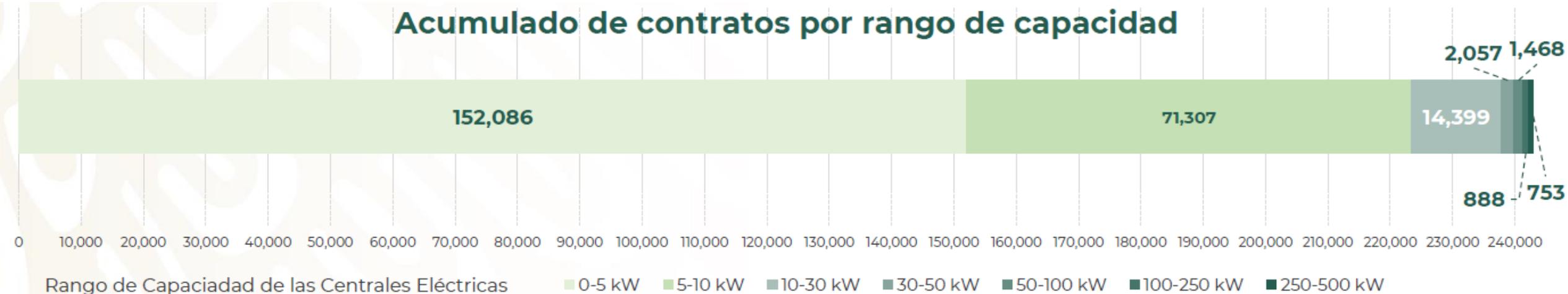


Instalación por tamaño de sistemas

Acumulado de capacidad instalada por rango

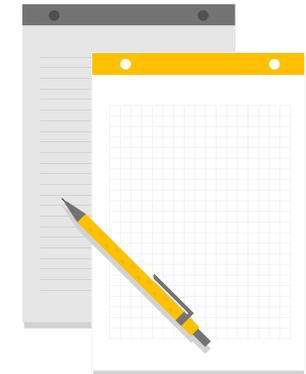


Acumulado de contratos por rango de capacidad



Marco Regulatorio

- Regulada desde el año 2016 mediante el *Manual de Interconexión de Centrales de Generación con Capacidad menor a 0.5 MW**.
- En el 2017, se publicó la resolución RES/142/2017.



Normas para Suministro de Productos

- Se busca garantizar la seguridad de:
 - La red eléctrica
 - Los equipos instalados
 - Operadores de la red
- UL1741: *Inverters, Converters, Controllers and Interconnection System Equipment for Use With Distributed Energy Resources**
- Equipos sin UL1741: se pueden realizar pruebas:



Normas para Suministro de Productos

Pruebas para los equipos sin UL1741 (cuando aplica)



Normas para Suministro de Productos

- También se solicita cumplimiento con la IEEE 1547 para la interconexión y operación de la planta

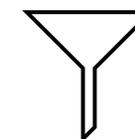
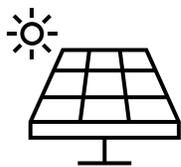


La resoluci3n clasifica la GD seg3n tensi3n de conexi3n y potencia (Secci3n 2.4)

Clasificaci3n en funci3n de potencia y tensi3n de conexi3n

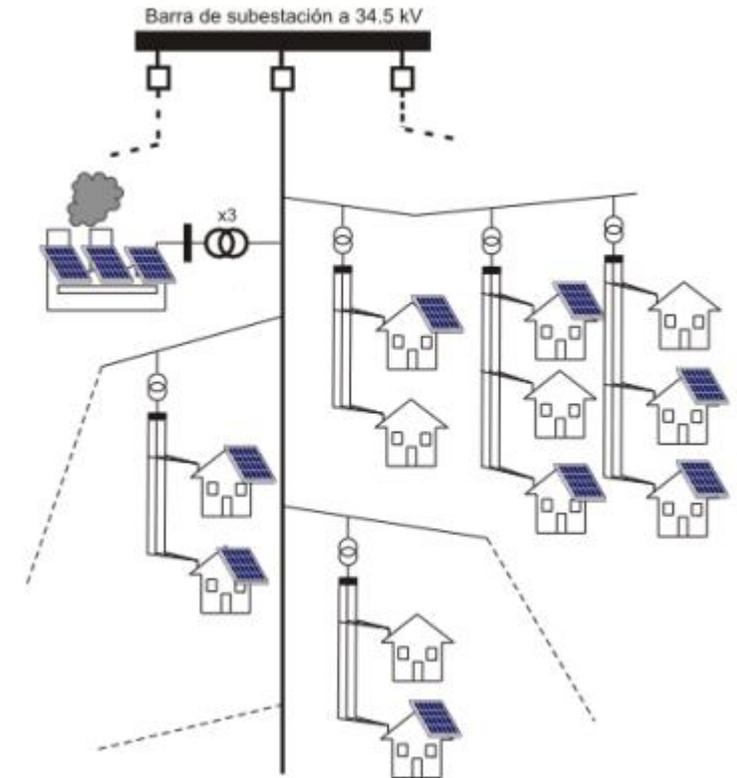
| Nivel de Tensi3n | Capacidad de Generaci3n Neta de la Central El3ctrica (P) (kW) | | Clasificaci3n |
|--|---|-------------|---------------|
| Baja Tensi3n (menor o igual que 1 kV) | Sistemas Trif3sicos | $P \leq 50$ | Tipo BT |
| | Sistemas Monof3sicos | $P \leq 30$ | |
| Media Tensi3n (mayor que 1 kV y menor o igual que 35 kV) | $P \leq 250$ | | Tipo MT1 |
| | $250 < P < 500$ | | Tipo MT2 |

Fuente: Manual de Interconexi3n de Centrales de Generaci3n con Capacidad menor a 0.5 MW



La resolución introduce el concepto de capacidad de alojamiento

- La determinan las compañías distribuidoras
- Se determina mediante evaluaciones y análisis de la red, estas pueden considerar:



Fuente: G Valverde, UCR.

Capacidad de alojamiento (Sección 2.5)

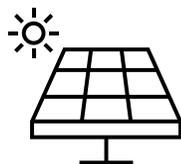
En caso de no existir evaluaciones o análisis se debe considerar lo siguiente:

- En BT la $\sum_i^n P_{GD} \leq 0.8P_{Tx}$
 - P_{GD} : Potencia de generador distribuido en circuito de BT
 - P_{Tx} : Capacidad del transformador de distribución.
- En MT $\sum_i^n P_{TGD} < CE$
 - P_{TGD} : Potencia de generador distribuido en MT o BT
 - CE : capacidad del circuito, considerando todos los equipos a lo largo del alimentador y las terminales del transformador de potencia.
- Para circuitos con tensión nominal de 13.8 kV:
 - $\sum_i^n P_{TGD} < 4 MW$
- Para circuitos con tensión nominal de 23 kV:
 - $\sum_i^n P_{TGD} < 8 MW$
- Para circuitos con tensión nominal de 34.5 kV:
 - $\sum_i^n P_{TGD} < 10 MW$

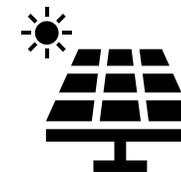
Requisitos para la GD

El Centro de Control y Energía

Debe verificar que:



- La capacidad instalada del generador no supera en ningún momento la demanda esperada del circuito de distribución al que está conectado.
- El generador no impacta la carga máxima de cada elemento del circuito de distribución.



Procedimiento de solicitud de conexión (Sección 5.1)



- Características Técnicas
- Diagramas unifilares
- Certificaciones técnicas
- Otros.

Solicitud interconexión

Evaluación de solicitud

- Considerar capacidad de alojamiento
- Considerar características de generador

Solo si:

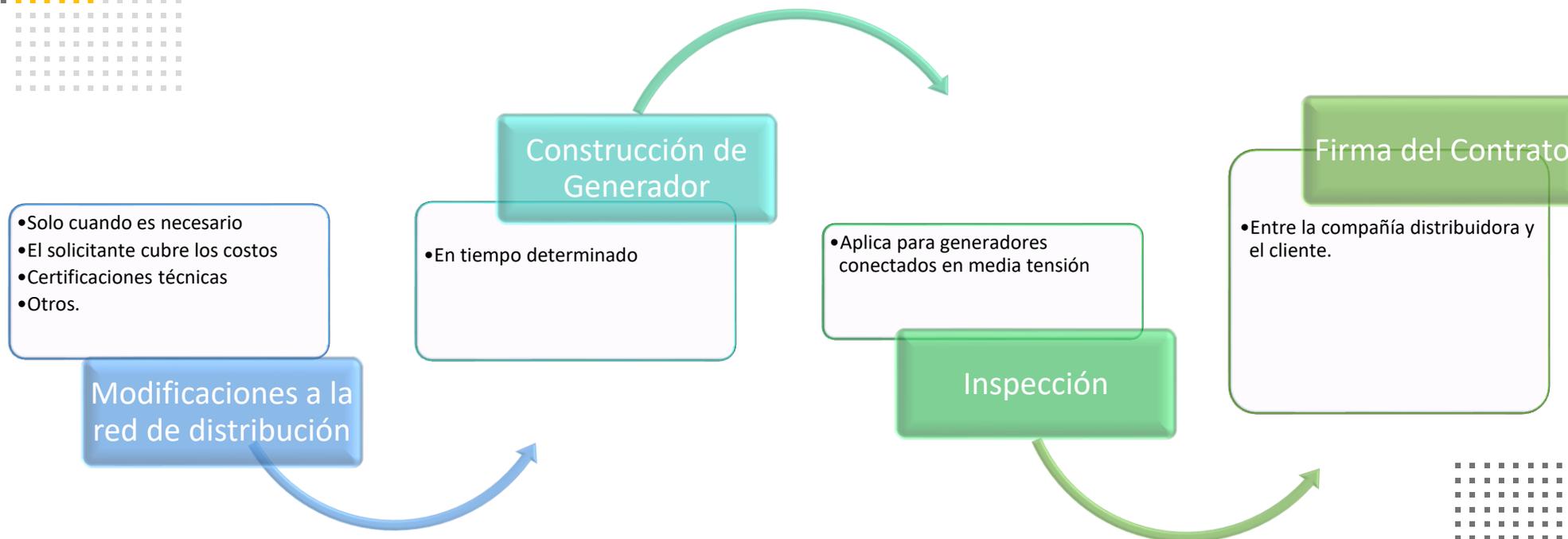
- Potencia acumulada de GD supera capacidad de alojamiento.
- Se utiliza esquema de conexión no establecido.
- Conexión en MT y se supera capacidad de interrupción

Estudio de interconexión*

Modificaciones a la red de distribución

- Solo cuando es necesario
- El solicitante cubre los costos

Procedimiento de solicitud de conexión



Código de Red

Los elaboraron para mantener las siguientes características del sistema eléctrico:

Eficiencia

Calidad

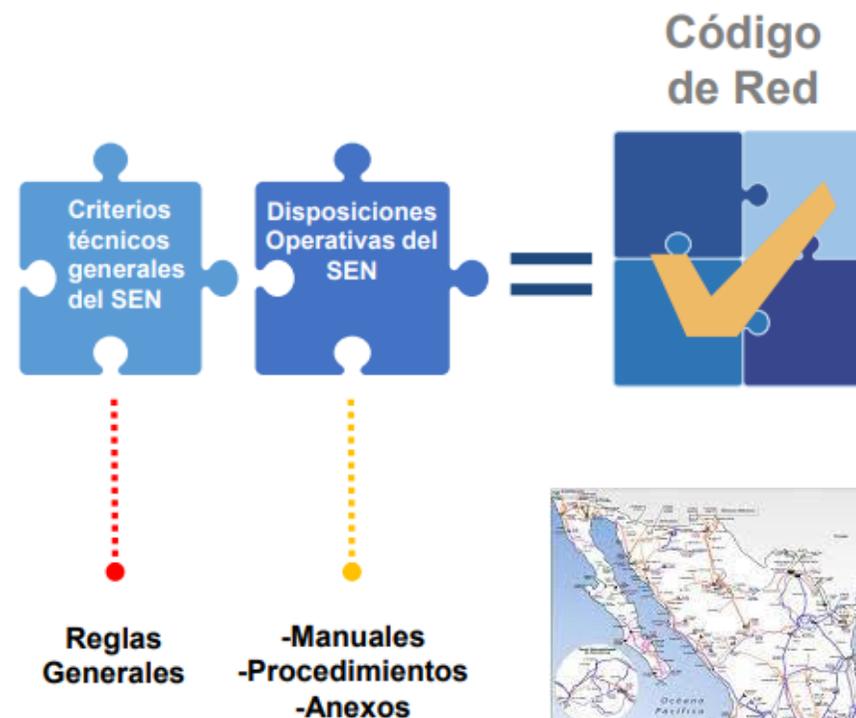
Seguridad

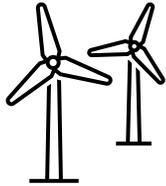
Confiabilidad

Continuidad

Sustentabilidad

Estructura del Código de Red





Generadores síncronos

Mediante análisis técnico la compañía distribuidora determina la necesidad de las siguientes protecciones:



Código de red

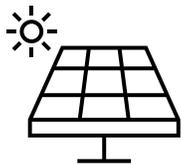
- Protección por desplazamiento del neutro
- Direccional de sobrecorriente de fase a tierra
- Sobrecorriente instantáneo
- Sobrecorriente instantáneo con retardo de tiempo
- Sobrecorriente instantáneo de neutro
- Sobrecorriente con restricción de tensión
- Sobrecorriente a tierra
- Sobretensión del neutro
- Relevador de balance de tensión
- Secuencia Negativa
- Secuencia negativa de tensión
- Baja tensión en neutro
- Baja tensión
- Sobretensión
- Pérdida de excitación
- Sobre/baja frecuencia
- Verificador de sincronismo
- Detección de línea muerta para no interconectar a la red

Código de red

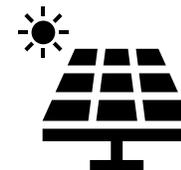


Todos los Generadores

Deben contar con las siguientes protecciones:



- Sobrecorriente
- Sobretensión
- Baja tensión
- Variaciones de frecuencia
- Anti-isla
- Potencia inversa (en caso de aplicar)
- Pérdida de sincronismo (en caso de aplicar)

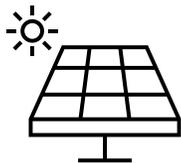


Código de red

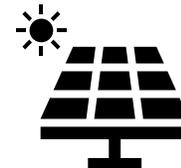


Inversores o similares

Se deben ajustar los parámetros de la siguiente manera:



- Modo anti-isla: activado
- Respuesta dinámica ante condiciones dinámicas o de falla: activado
- Operación dinámica Volt/Var: Desactivado
- Control de rampa: activado
- Factor de potencia fijo: activado
- Reconexión automática: activado



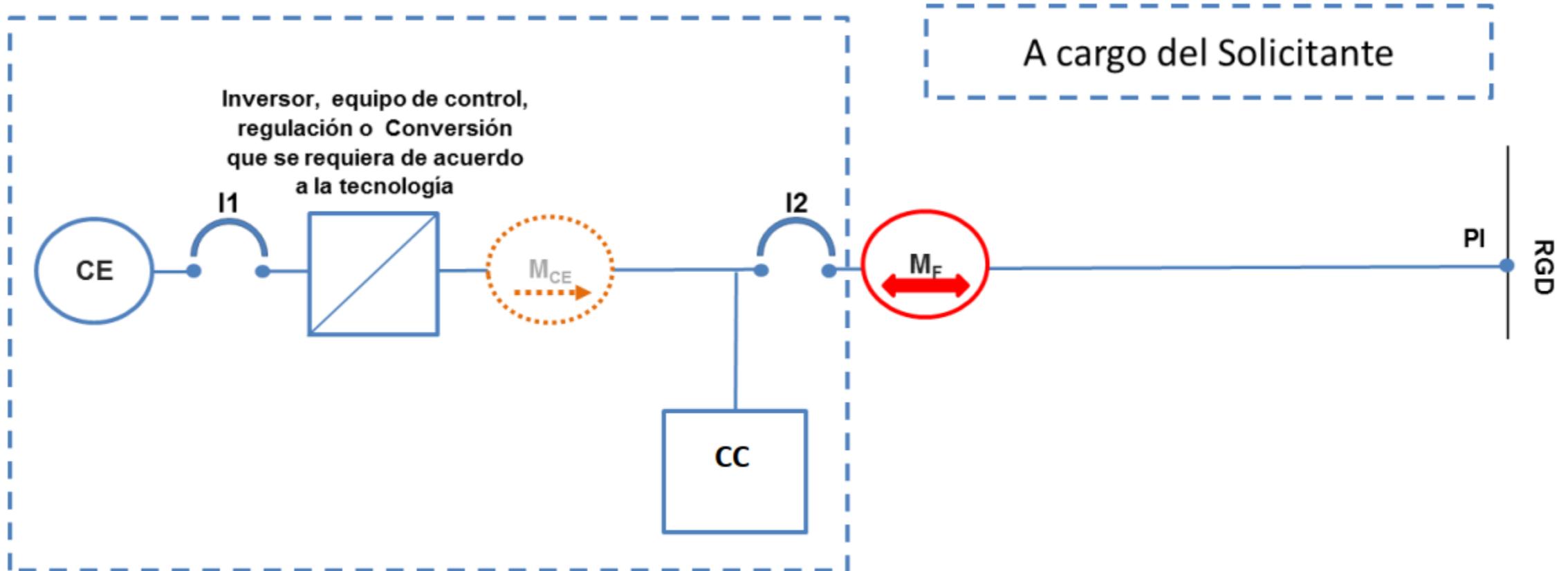
Estudios de Interconexión*

Los estudios de interconexión pueden contener lo siguiente:

- Estudio de coordinación de protecciones y ajustar las curvas en caso de ser necesario
- Regulación de tensión
- Análisis en estado estable en condiciones de máxima, media y mínima demanda.
- Análisis de contingencias
- Impacto en los indicadores de confiabilidad
- Calidad de la energía
- Evaluar la variación de los parámetros de calidad y compatibilidad electromagnética entre el generador, el centro de carga y la red eléctrica.
- Flujos de potencia trifásicos y monofásicos
- Análisis en estado estable
- Límites operativos y restricciones al flujo de potencia
- Pérdidas técnicas
- Estudio de cortocircuito
- Análisis en estado estable
- Contribución de cortocircuito
- Impacto de la corriente de cortocircuito en los equipos

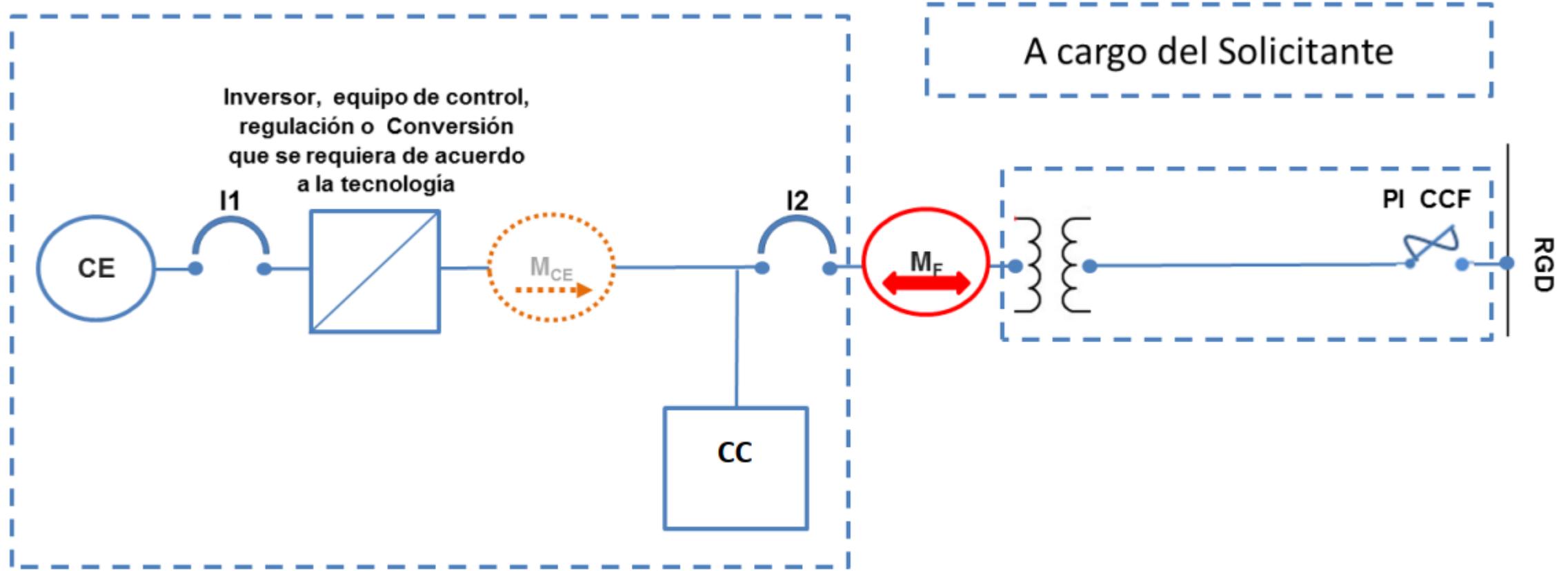
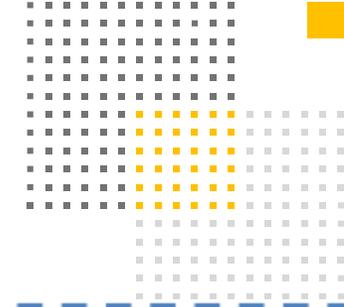
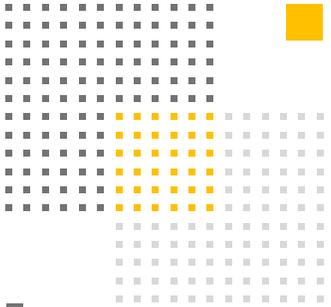
Esquemas de conexión

Generadores con servicio en baja tensión, con centro de consumo.



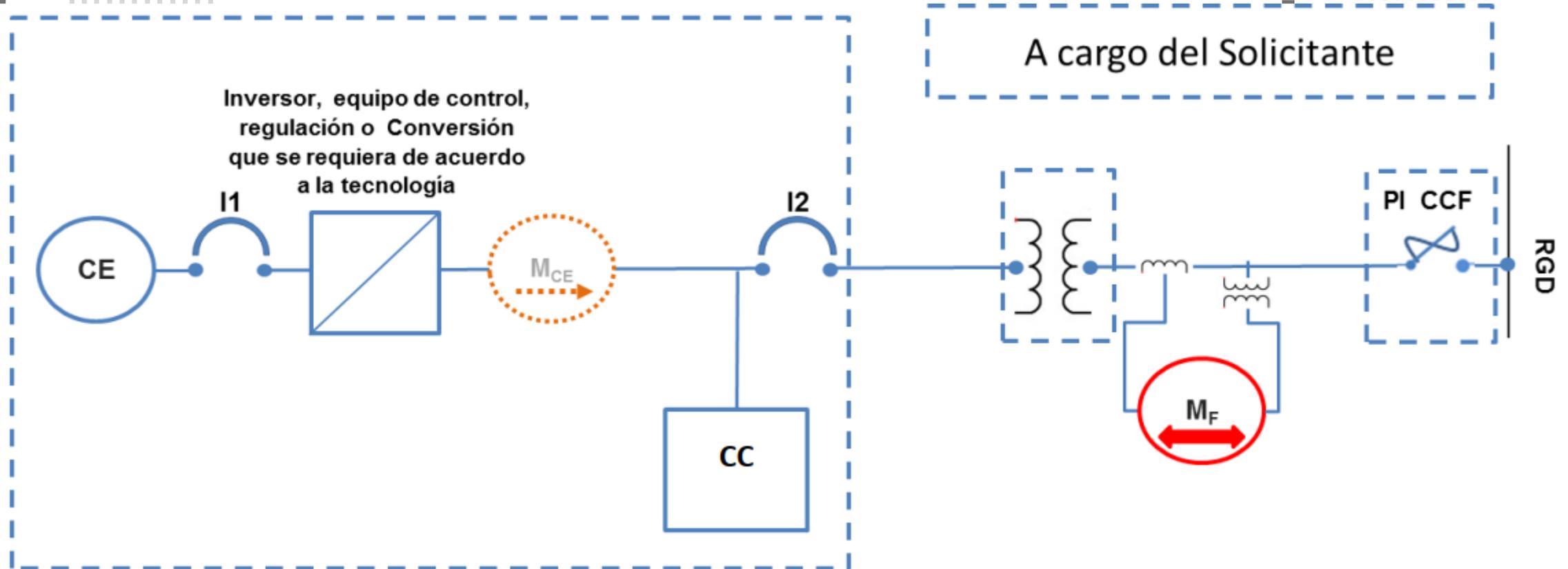
Esquemas de conexión

Generador con servicio en media tensión, con centro de consumo y medición en baja tensión.



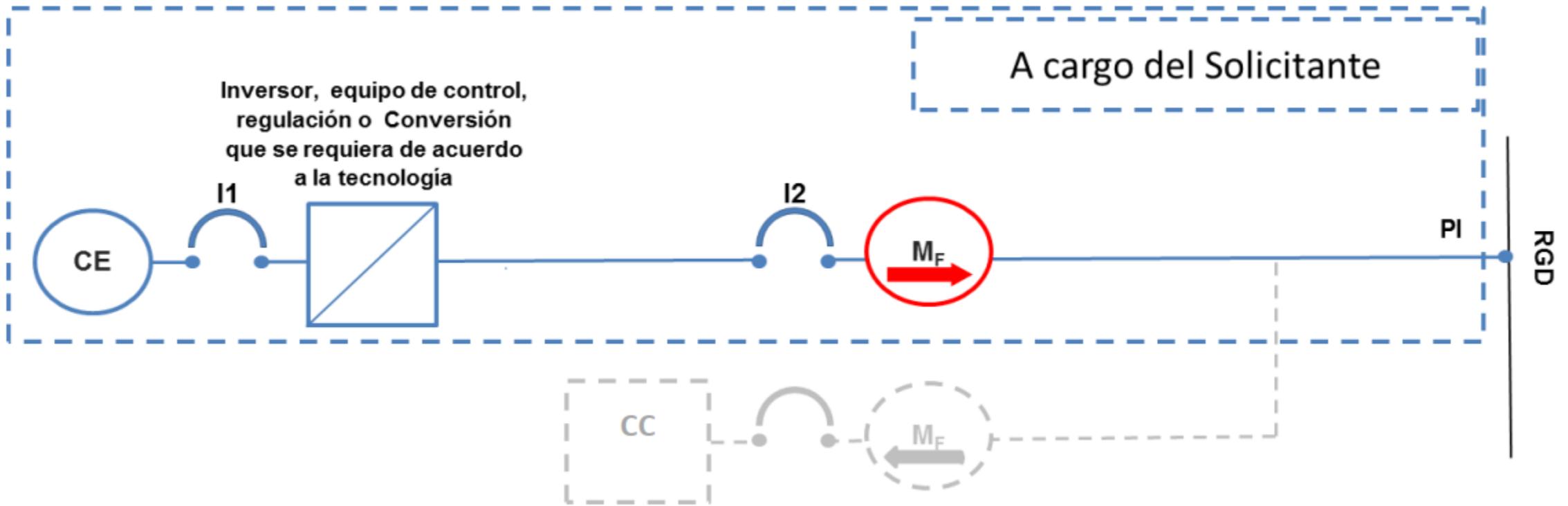
Esquemas de conexión

Generador con servicio en media tensión, con centro de consumo y medición en media tensión.



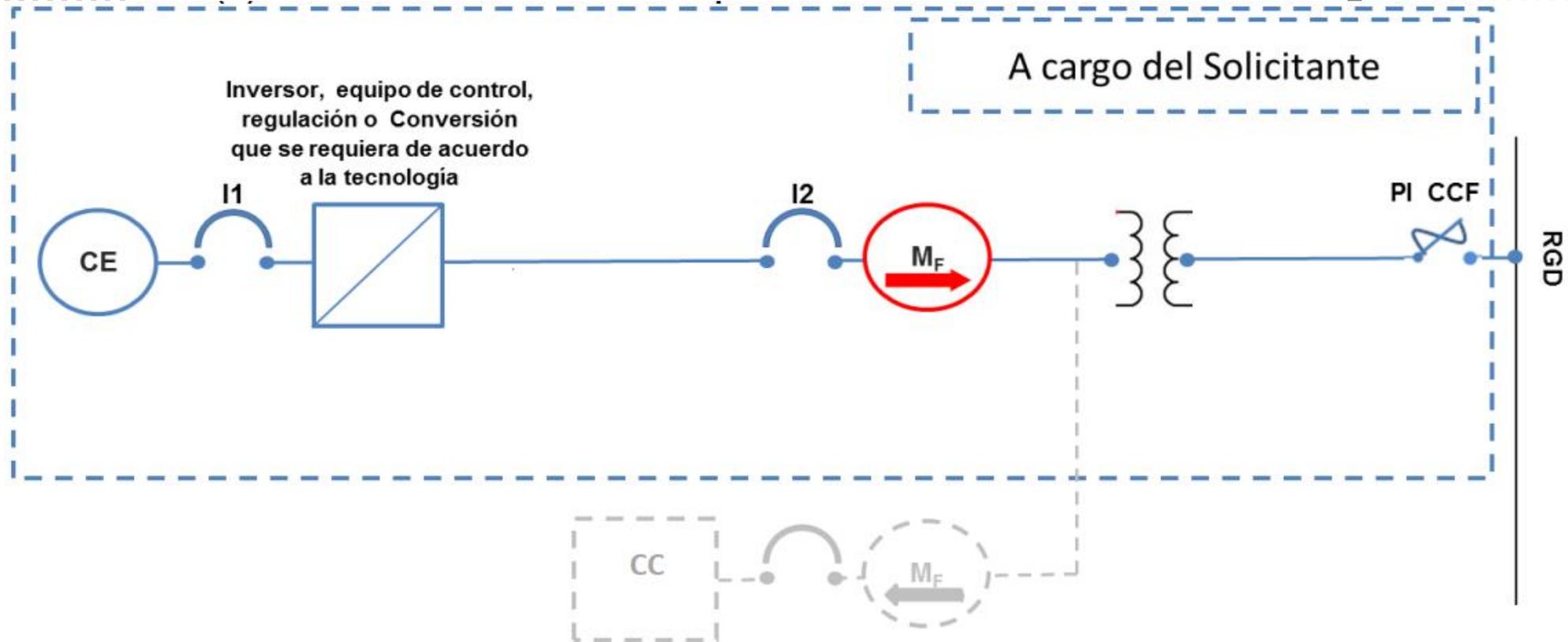
Esquemas de conexión

Generadores con servicio en baja tensión, con o sin centro de consumo en el mismo punto de interconexión con medición independiente.



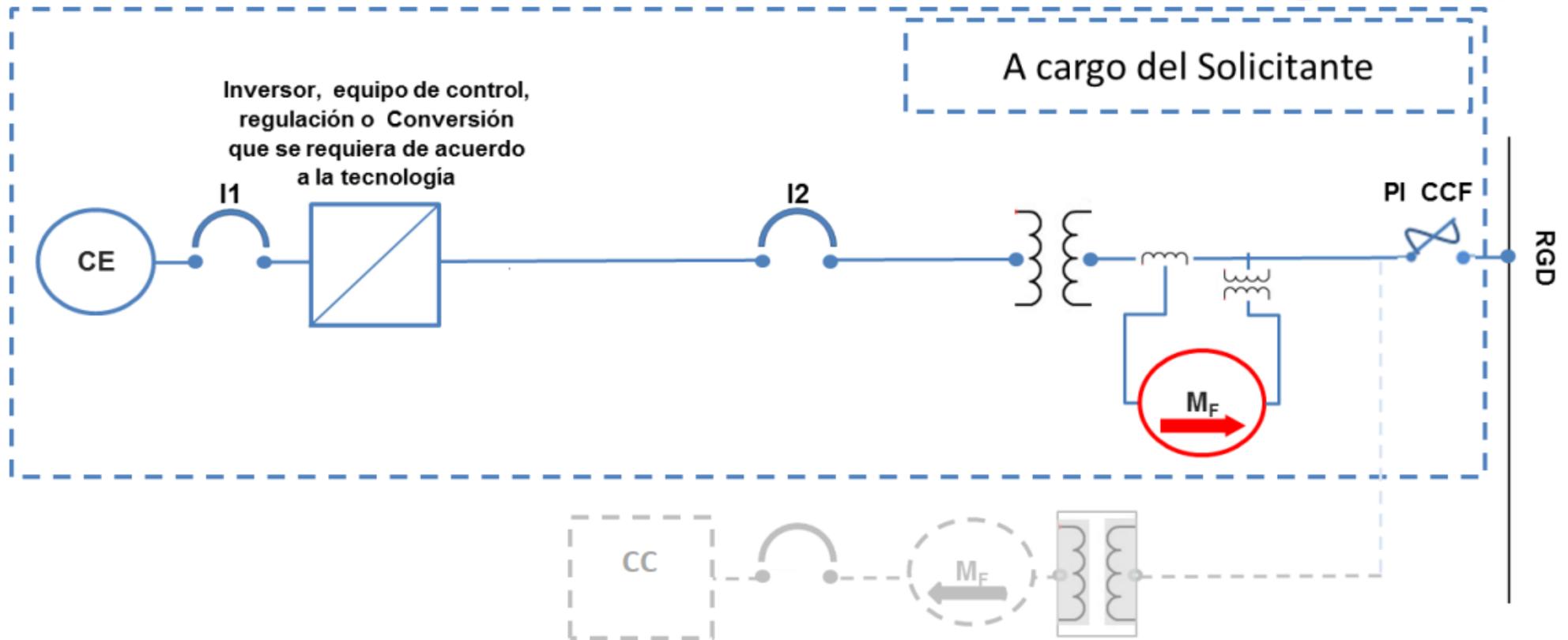
Esquemas de conexión

Generadores con servicio en media tensión, con o sin centro de consumo en el mismo punto de interconexión con medición independiente en baja tensión.



Esquemas de conexión

Generadores en media tensión, con o sin centro de consumo en el mismo punto de interconexión con medición independiente en media tensión



Un webinar en línea nos describe también la situación de la GD en México



Muchas gracias por su atención

Jairo Quirós-Tortós
Universidad de Costa Rica
jairoquirostortos@ieee.org

Abdenago Guzmán Ledezma
Consultor
nagoguzle@gmail.com



