

**BBVA**

Creando Oportunidades



# Generación distribuida

Introducción y  
conceptos clave

### Publicado por:

Deutsche Gesellschaft für  
Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Friedrich-Ebert-Allee 36 + 40  
53113 Bonn, Deutschland  
T +49 228 44 60-0  
F +49 228 44 60-17 66

Dag-Hammarskjöld-Weg 1 - 5  
65760 Eschborn, Deutschland  
T +49 61 96 79-0 F +49 61 96 79-11 15  
E info@giz.de | www.giz.de

### “Apoyo a la Transición Energética en México (TrEM)”

Agencia de la GIZ en México  
Torre Hemicor, PH  
Av. Insurgentes Sur No. 826  
Col. Del Valle C.P. 03100, CDMX, México  
T +52 55 5536 2344  
F + 52 55 5536 2344 E  
giz-mexiko@giz.de www.giz.de/mexico

### Versión

Abril de 2022.  
Diseño BBVA, Ciudad de México.

### Créditos fotográficos

Listado de los fotógrafos en orden alfabético  
Fotógrafo (-a) a: ©gettyimages  
(<https://www.gettyimages.com>) página 1, 4,  
5, 6, 9, 17, 18, 24, 26 y 34.

### Texto Hartree Partners

La GIZ es responsable del contenido de la presente  
publicación. Por encargo del Ministerio Federal  
de Cooperación Económica y Desarrollo (BMZ)  
de Alemania.



## 04

- 1. Antecedentes**
- 1.1 Justificación del estudio
- 1.2 Conceptos de electricidad
- 1.3 Esquema tarifario en México
- 1.4 Elementos relevantes del recibo de la Comisión Federal de Electricidad (CFE)

## 17

- 2. Generación Distribuida en México**
- 2.1 ¿Qué es la GD?
- 2.2 ¿Cómo funciona la GSD?
- 2.3 Requisitos básicos para proyectos de GSD
- 2.4 Proceso de interconexión de GSD a las RGD

## 26

- 3. Evolución del mercado de la Generación Distribuida en México**
- 3.1 Impulsores de la GSD
- 3.2 Mercado actual de GD en México
- 3.3 Expectativas de crecimiento del mercado de GD en México

# 1. Antecedentes



## 1.1 Justificación del estudio

El presente estudio se realizó en el marco de la asistencia técnica brindada a **BBVA México** por parte de la **Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ)** GmbH (Cooperación Alemana para el Desarrollo Sustentable) en México para el fortalecimiento de capacidades de su personal. Lo anterior, con el fin de desarrollar un producto financiero específico para proyectos de **Generación Solar Distribuida (GSD)**. A continuación se presentan conceptos básicos de la tecnología, aspectos económicos y la evolución del mercado a fin de tener un panorama que permita identificar oportunidades de adopción y financiamiento.



## 1.2 Conceptos de electricidad

El dimensionamiento de sistemas fotovoltaicos (SFV) requiere evaluar el consumo eléctrico de los usuarios finales y la potencial generación de energía. Por lo tanto, la diferencia entre consumo y demanda, así como entre generación y capacidad son clave para realizar este ejercicio y comprender los posibles beneficios de una central solar en Generación Distribuida (GD).

### 1.2.1 ¿Qué son el consumo y la demanda?

El **consumo de electricidad representa la cantidad de energía eléctrica que se ha utilizado a lo largo de un cierto periodo** y se mide en Watts-hora: Wh, o kilowatts-hora: kWh, (1,000 Watts equivalen a 1 kilowatt).

La demanda, en cambio, representa la tasa a la que se consume electricidad y se mide en Watts: W, o kilowatts: kW. El consumo de electricidad se calcula como la demanda multiplicada por el tiempo de uso.



Por ejemplo, un foco de 100 W siempre demandará 100 W cuando está prendido, sin embargo, su consumo de electricidad dependerá del tiempo que esté encendido.

Si el foco está prendido durante 10 horas entonces el consumo eléctrico será  $100\text{ W} \times 10\text{ horas} = 1,000\text{ Wh}$  o  $1\text{ kWh}$ .

Figura 1. Demanda vs. consumo.

Demanda (W o kW)



100 W

x

Tiempo de uso (h)

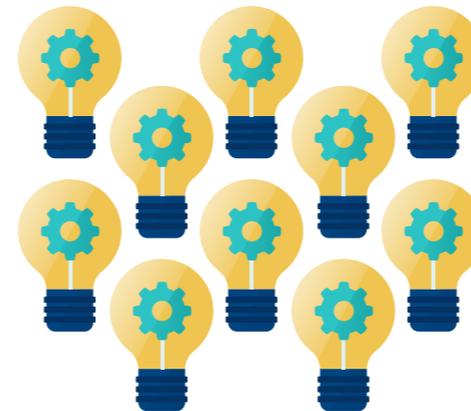


10 horas

=

Consumo (Wh o kWh)

Consumo:  
**1,000 Wh o 1 kWh**



$100\text{ W} \times 10 = 1,000\text{ W}$  o  $1\text{ kW}$

x

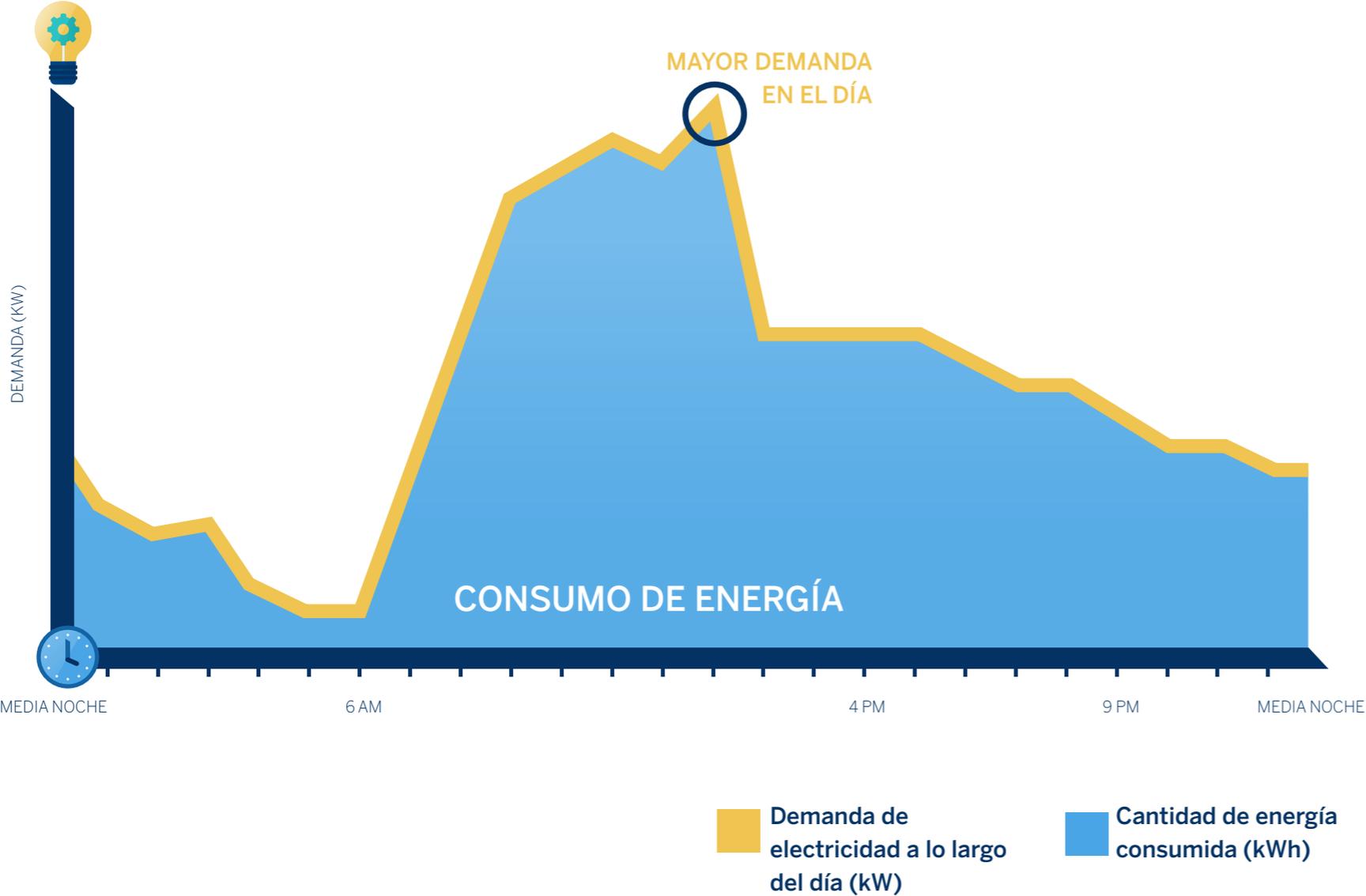


10 horas

=

Consumo:  
**10,000 Wh o 10 kWh**

Figura 2. Consumo y demanda eléctrica durante el día.



## 1.2.2 ¿Qué son la generación y la capacidad?

Son conceptos similares al **consumo y la demanda**, pero del punto de vista de una **central eléctrica** en vez del usuario.

La generación representa la cantidad de energía que se produce a lo largo de un periodo de tiempo, mientras que la capacidad es la cantidad máxima de energía que puede producir una planta eléctrica. La generación eléctrica de una central se puede calcular como su capacidad multiplicada por el tiempo que esté produciendo energía. Sin embargo, es común que una central eléctrica no esté operando a su máximo de capacidad. La capacidad real de una planta de generación puede depender de varios factores como la disponibilidad de combustible o, en el caso de centrales fotovoltaicas, la cantidad de radiación solar que se tenga a lo largo del día.



Para hacer un cálculo aproximado de la cantidad de energía que puede producir una central fotovoltaica a lo largo de un año se puede utilizar el potencial solar de la ubicación donde se encuentra el sistema. El **potencial solar es un estimado de la cantidad de energía** en kWh que un kW de paneles solares produce a lo largo de un año y se mide en kWh/kWp/año.

Figura 3. Capacidad vs. generación.

Capacidad (W o kW)

Horas con sol

Generación solar (Wh o kWh)



1 kW

x



4 horas

=

Generación:  
4 kWh



10 kW

x



6 horas

=

Generación:  
60 kWh

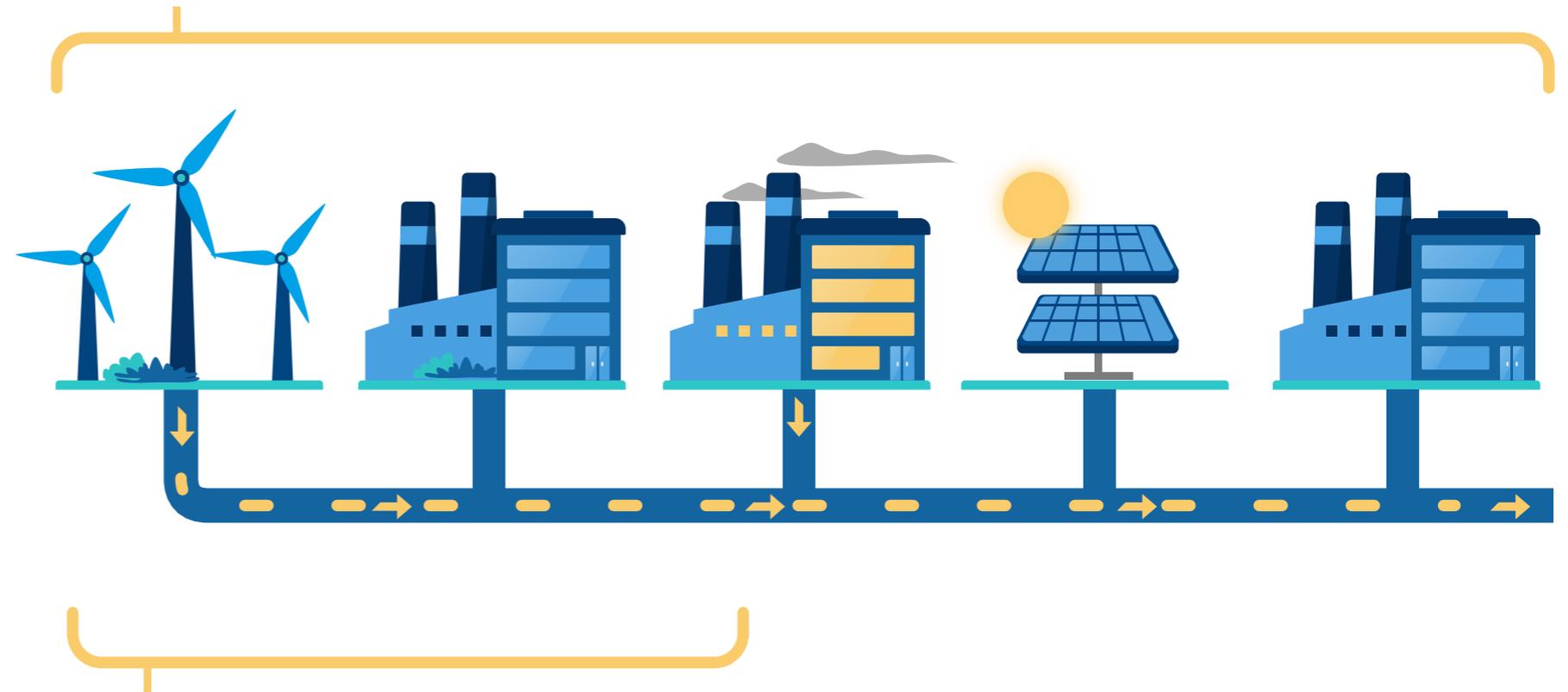
Figura 4. Capacidad y generación de energía.

### Capacidad

Capacidad total de producir electricidad.

Medida en watts-kilowatts (kW), megawatts(MW), gigawatts (GW).

1 MW puede dar servicio a 750-1,000 casas.



### Energía

La energía real producida en un periodo de tiempo.

Medida en watts hora – kilowatts hora (kWh), megawatts hora (MWh), gigawatts hora (GWh).

Una ciudad mediana usa entre 20,000 y 125,000 GWh en un año.

## 1.3 Esquema tarifario en México

Con la **Reforma Energética de 2013** se publicó dentro de la Ley de la Industria Eléctrica (LIE) una nueva metodología de cálculo de tarifas reguladas de electricidad, conocida como Tarifas Finales de Suministro Básico (TFSB).

Los objetivos de este cambio eran reflejar en las tarifas los costos reales de generación, transmisión y distribución de electricidad, diferenciar el tipo de usuarios de acuerdo con sus actividades y asegurar la estabilidad de los niveles de precios.

### 1.3.1 ¿Cómo están diferenciadas las tarifas?

Bajo la nueva estructura tarifaria, los usuarios son agrupados conforme a su ubicación, sus características de consumo y al voltaje al cual están conectados, siendo definidas 12 categorías tarifarias en 17 divisiones geográficas:

Figura 5. Categorías tarifarias en México<sup>1</sup>.

Categorías			
Residenciales	Comerciales	Servicios	Industriales
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>DB1 y DB2</b></li> <li>▪ Se mantienen vigentes las tarifas previas <b>1, 1A, 1B, 1C, 1D, 1E, 1F</b> (tarifas en baja tensión con consumos inferiores a los límites establecidos) y tarifas DAC (tarifas Domésticas de Alto Consumo en baja tensión)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>PDBT</b>: Pequeña Demanda en Baja Tensión</li> <li>▪ <b>GDBT</b>: Gran Demanda en Baja Tensión</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>RABT</b>: Riego Agrícola en Baja Tensión</li> <li>▪ <b>APBT</b>: Alumbrado Público en Baja Tensión</li> <li>▪ <b>RAMT</b>: Riego Agrícola en Baja Tensión</li> <li>▪ <b>APMT</b>: Alumbrado Público en Mediana Tensión</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>GDMTO</b>: Gran Demanda en Media Tensión Ordinaria</li> <li>▪ <b>GDMTH</b>: Gran Demanda en Media Tensión Horaria</li> <li>▪ <b>DIST</b>: Demanda Industrial en Subtransmisión</li> <li>▪ <b>DIT</b>: Demanda Industrial en Transmisión</li> </ul>

Figura 6. Divisiones tarifarias en México<sup>2</sup>.



A pesar de que bajo la nueva metodología basada en costos se calculan las tarifas domésticas (DB1 y DB2), se aplica un mecanismo diferenciado de precios para el grupo residencial que conlleva una aportación gubernamental, a excepción de los usuarios en **tarifa Doméstica de Alto Consumo (DAC)** que es mayor que el resto de las tarifas domésticas.

<sup>1</sup>Fuente: CRE, ANEXO ÚNICO DEL ACUERDO Núm. A/064/2018.

<sup>2</sup>Ídem.

### 1.3.2 ¿Cómo se componen las tarifas?

La tarifa regulada está conformada por todos los costos de la cadena de valor de la generación, transporte y consumo de electricidad y es dividida en componentes que representa cada uno de estos costos. La suma de estos componentes es el precio al que se cobra a los usuarios finales el consumo eléctrico y varía acorde con la Categoría y División Tarifaria.

Figura 7. Componentes de las TFSB<sup>3</sup>.



<sup>3</sup>CENACE: Centro Nacional de Control de Energía, operador del Sistema Eléctrico Nacional.

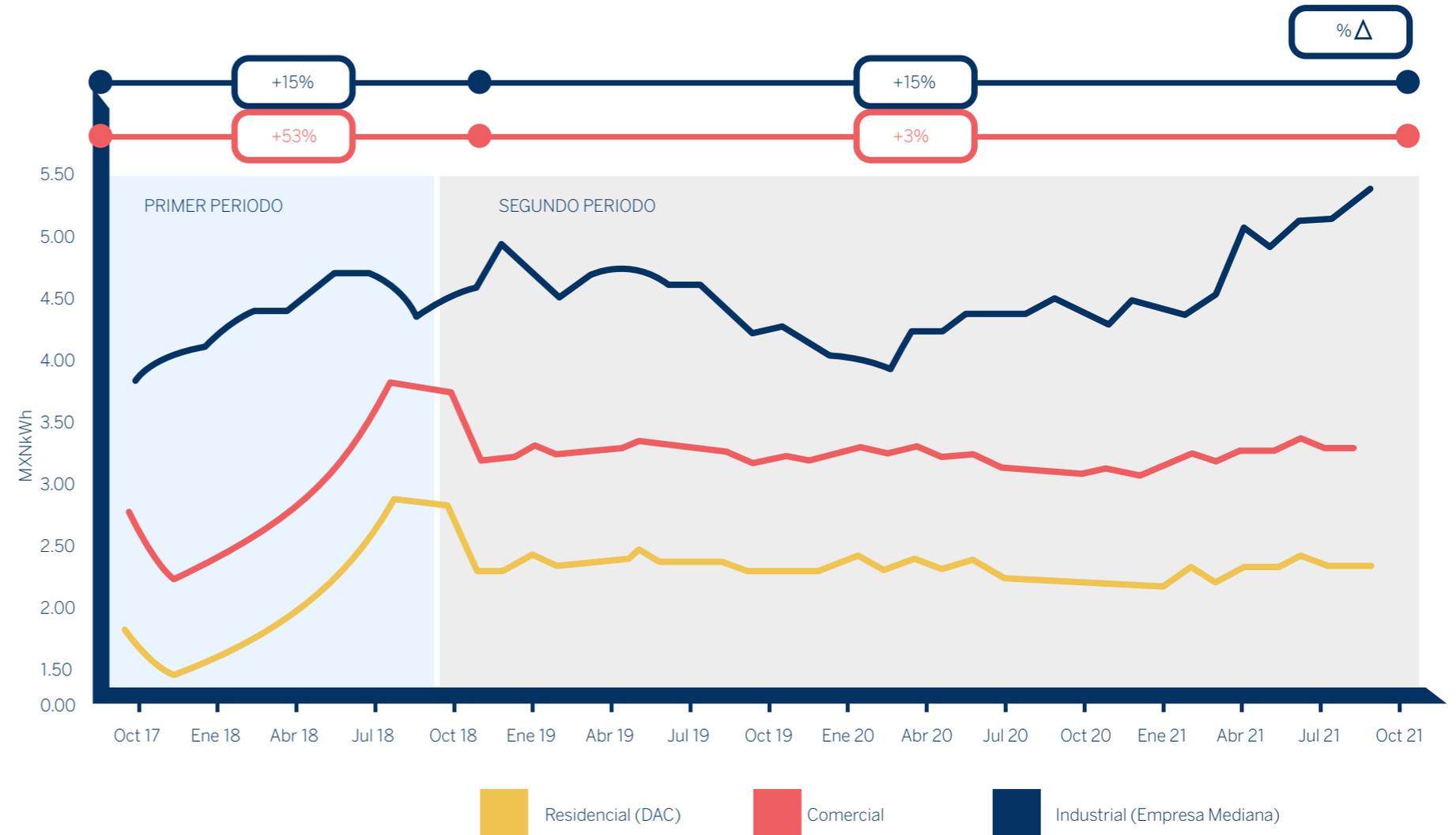
CFE SSB: Comisión Federal de Electricidad Suministrador de Servicios Básicos, rama de la CFE encargada de proveer a usuarios básicos con suministro eléctrico.

Servicios Conexos: productos y servicios eléctricos requeridos para garantizar la calidad, confiabilidad, continuidad y seguridad del Sistema Eléctrico Nacional.

### 1.3.3 ¿Cómo han evolucionado las tarifas?

Las tarifas reguladas tuvieron un ajuste al final de 2018 que las ha mantenido relativamente estables a partir de entonces, sin embargo, la implementación de la nueva metodología de cálculo las llevó a tener un incremento acelerado en sus niveles de precios. Esto impacta de manera directa a la GD ya que el desarrollo de estos proyectos depende, entre otros beneficios, de los potenciales ahorros que ofrezcan sobre las TFSB.

Figura 8. Evolución de las TFSB Promedio de 2018 a 2021<sup>4</sup>.



<sup>4</sup>Fuente: CRE: Memorias de Cálculo de Tarifas de Suministro Básico, Análisis Hartree.

## 1.4 Elementos relevantes del recibo de la Comisión Federal de Electricidad (CFE)

El **recibo de la CFE** es el documento a través del cual se le indica a cada consumidor el monto a pagar por el uso de electricidad durante cada periodo de facturación. El consumo de cada periodo viene desglosado por concepto y monto a pagar de acuerdo con las TFSB.

Adicionalmente, el recibo incluye información general del usuario que es útil para el dimensionamiento preliminar de sistemas fotovoltaicos en GD, incluyendo:

- Categoría Tarifaria del usuario
- Demanda Contratada del usuario: establecida con base en el consumo eléctrico proyectado a la firma de un contrato de suministro con la CFE.
- Consumos eléctricos mensuales
- Precio medio de la electricidad consumida

Figura 9. Recibo ilustrativo de la CFE con la Categoría Tarifaria y Demanda Contratada del usuario.

**CFE Suministrador de Servicios Básicos**  
Río Ródano No.14, colonia Cuauhtémoc,  
Alcaldía Cuauhtémoc, Código Postal 06500,  
Ciudad de México.  
RFC: CSS160330CP7

SN JUAN DEL RIO, QRO.  
C.P. 76810

**TOTAL A PAGAR:**  
**\$145,112**  
(CIENTO CUARENTA Y CINCO MIL CIENTO DOCE PESOS M.N.)

**NO. DE SERVICIO :**  
**RMU :**

**TARIFA:** GDMTH **NO. MEDIDOR:** 934CFE **MULTIPLICADOR:** 140

**PERIODO FACTURADO:** 28 FEB 21 - 31 MAR 21

**FECHA LÍMITE DE PAGO:** 12 ABR 21

**CORTE A PARTIR:** 13 ABR 21

**CARGA CONECTADA kW:** 378 **DEMANDA CONTRATADA kW:** 378

Concepto	Consumo Medida ● Estimada ●	Precio (MXN)	Subtotal (MXN)
----------	--------------------------------	--------------	----------------

Figura 9. Recibo ilustrativo de la CFE con la Categoría Tarifaria y Demanda Contratada del usuario.

Periodo	Demanda máxima kW	Consumo total kWh	Factor potencia %	Factor carga %	Precio medio (MXN)
MAR 20	96	7,582	73.21	11	2.4728
ABR 20	36	763	77.41	22	2.4712
ABR 20	41	3,911	47.96	15	3.4231
MAY 20	44	4,914	51.01	15	3.1726
JUN 20	78	10,280	58.92	18	2.7144
JUL 20	74	8,791	48.65	16	3.2502
AGO 20	91	9,789	58.08	14	2.6584
SEP 20	26	3,455	32.03	18	4.4184
OCT 20	56	3,709	48.96	12	3.6362
OCT 20	56	774	49.03	8	4.0725
NOV 20	114	11,200	71.15	14	2.5033
DIC 20	138	28,840	88.92	28	2.4755
ENE 21	183	37,778	87.90	28	2.5077
FEB 21	160	48,811	94.87	45	2.3901
MAR 21	378	48,603			2.2674

Datos Fiscales del Receptor: Cadena de Valor Este documento es una representación impresa de un CFDI. Paga en una sola exhibición.

Figura 10. Recibo ilustrativo de la CFE con los consumos mensuales del usuario y su precio medio.

## 2. Generación Distribuida en México



## 2.1 ¿Qué es la GD?

Los proyectos de **Generación Distribuida** son definidos como aquellas centrales de generación eléctrica con una capacidad que no exceda 500 kW. Los SFV en GD gozan de beneficios que los hace proyectos atractivos:

- Pueden **reducir hasta en un 99% la facturación eléctrica** y, en caso de generar excedentes, recibir una remuneración adicional al final del año contractual
- Al reemplazar energía consumida de las Redes Generales de Distribución (RGD) con energía fotovoltaica se pueden **reducir de manera significativa las emisiones de gases efecto invernadero** generadas



- De acuerdo con la Ley de Impuestos Sobre la Renta (LISR), las inversiones en sistemas de generación renovable pueden ser depreciadas al 100% durante 12 meses; este gasto puede ser deducido de impuestos lo que generaría un flujo adicional que incrementaría la rentabilidad del proyecto.

- Los SFV producen energía renovable, cumpliendo con intereses de empresas y clientes que quieren aportar a la transición energética.

Figura 11. Beneficios de la Generación Distribuida.

### Beneficios de la Generación Distribuida



**Ahorros**  
Hasta de **99%**  
en tu recibo eléctrico



**Ambiente**  
Reducción de  
emisiones de  
**CO<sub>2</sub>**



**Incentivo  
fiscal**  
Deducción  
de **ISR**



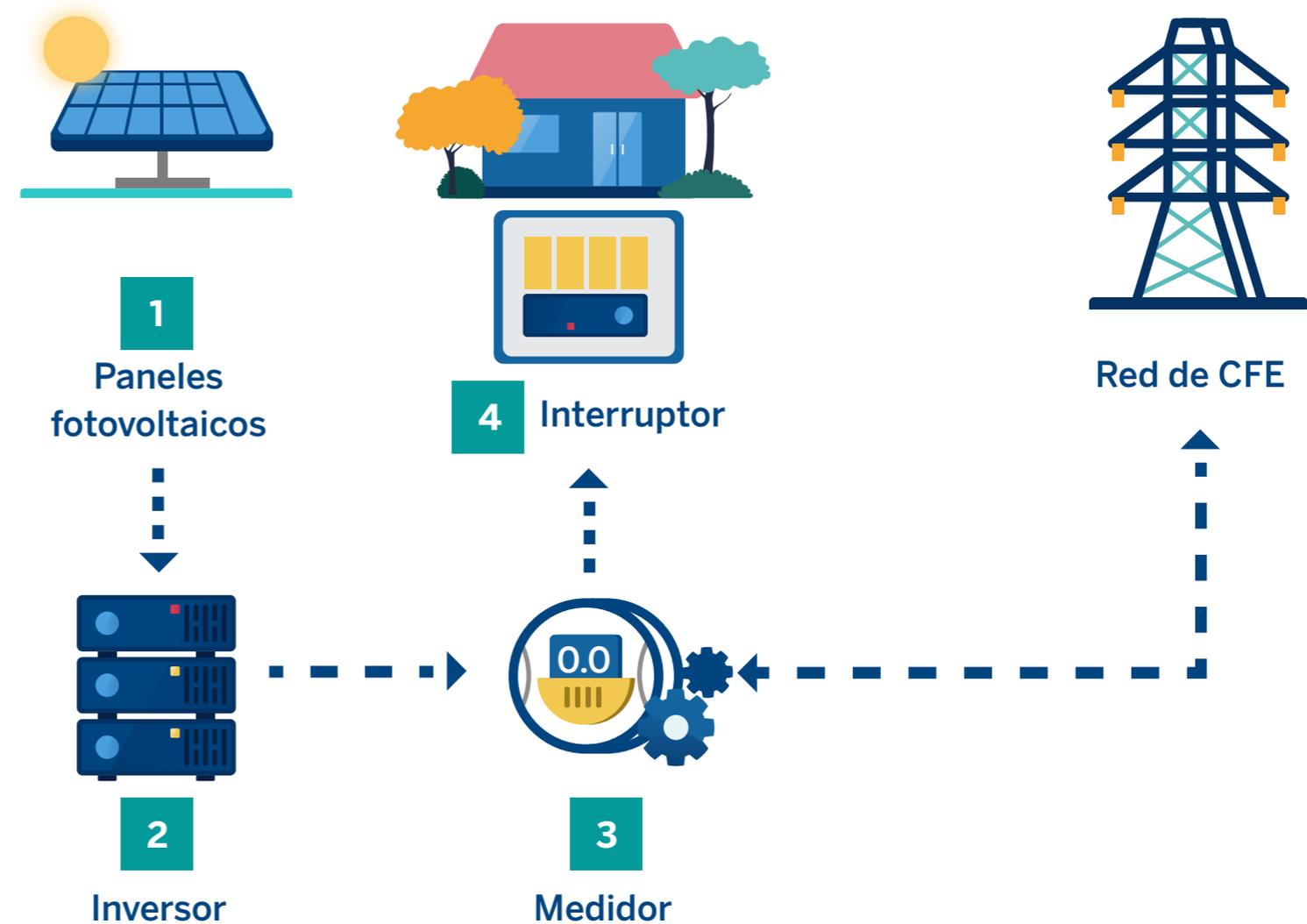
**Renovables**  
Uso de  
**energía**  
renovable

## 2.2 ¿Cómo funciona la GSD?

Los SFV en GD están compuestos principalmente por **cuatro elementos**:

1. **Paneles fotovoltaicos**: son los equipos que transforman la luz solar en energía eléctrica.
2. **Inversor**: transforma la corriente directa de los paneles solares en corriente alterna para que la electricidad pueda ser consumida.
3. **Medidor**: mide la cantidad de electricidad consumida e inyectada a la RGD.
4. **Interruptor**: equipo que permite o evita el paso de la electricidad.

Figura 12. Elementos de un Sistema Fotovoltaico.



## 2.2.1 Mecanismos de contraprestación para GD

En México, existen tres mecanismos de contraprestación para los proyectos en GD:

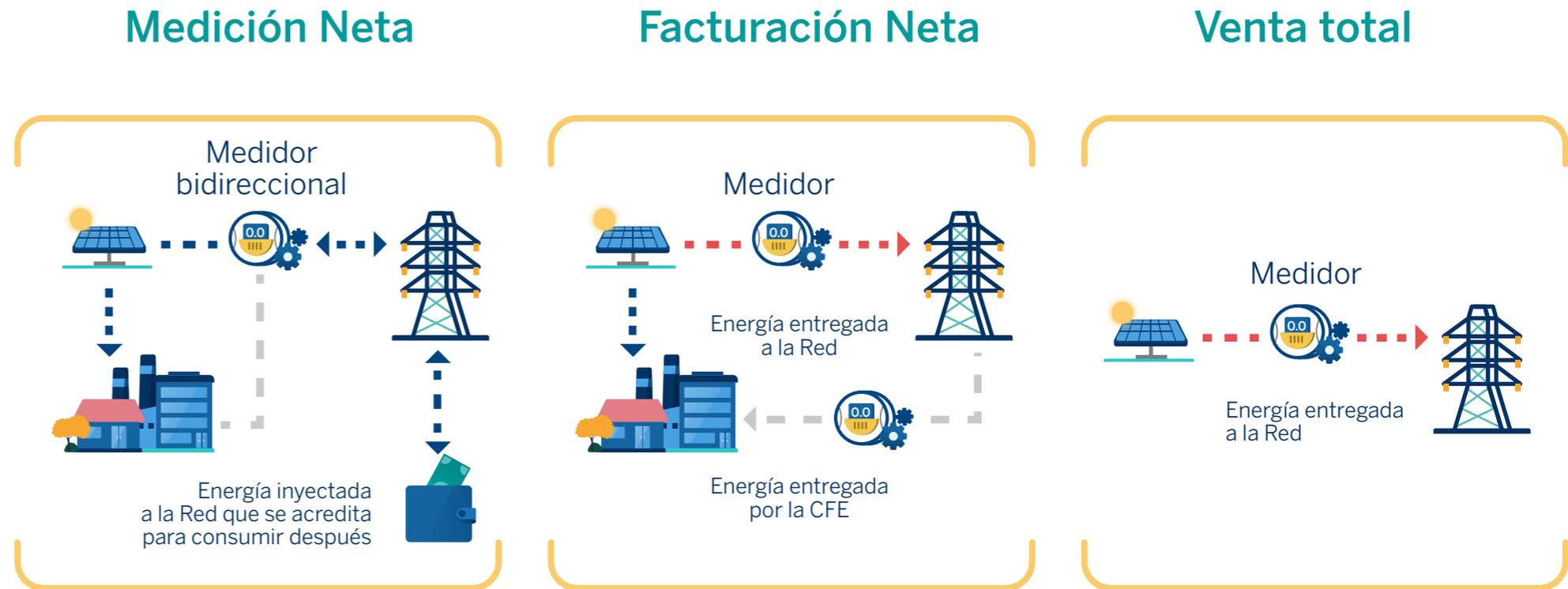
**Medición Neta, Facturación Neta y Venta Total de Energía.** Las centrales eléctricas en esta modalidad, incluyendo los SFV, pueden seleccionar uno de ellos para su operación. Por su simplicidad y mayor beneficio económico, a excepción de algunos casos, el 98% de los contratos de interconexión operan bajo la contraprestación de Medición Neta.

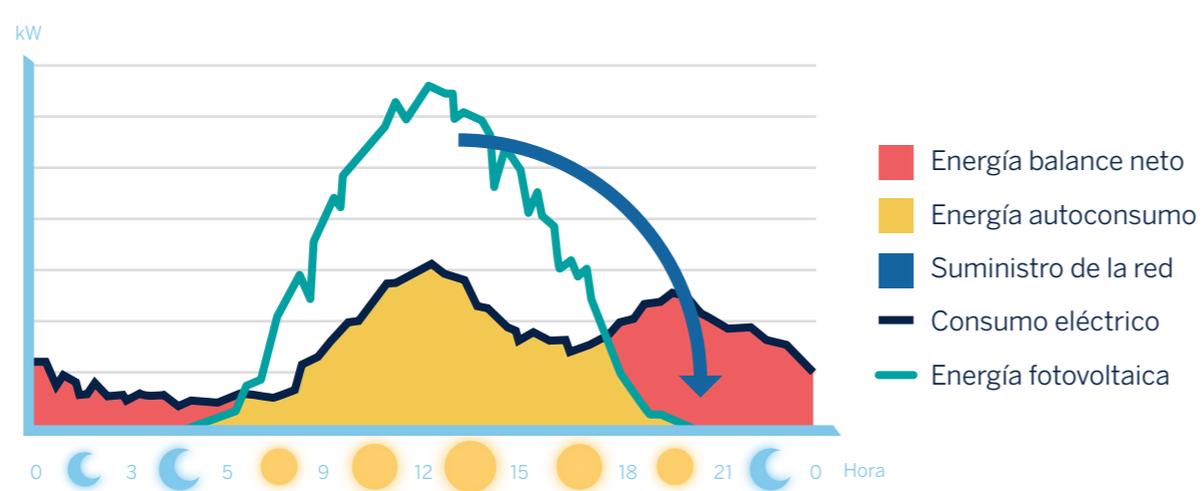
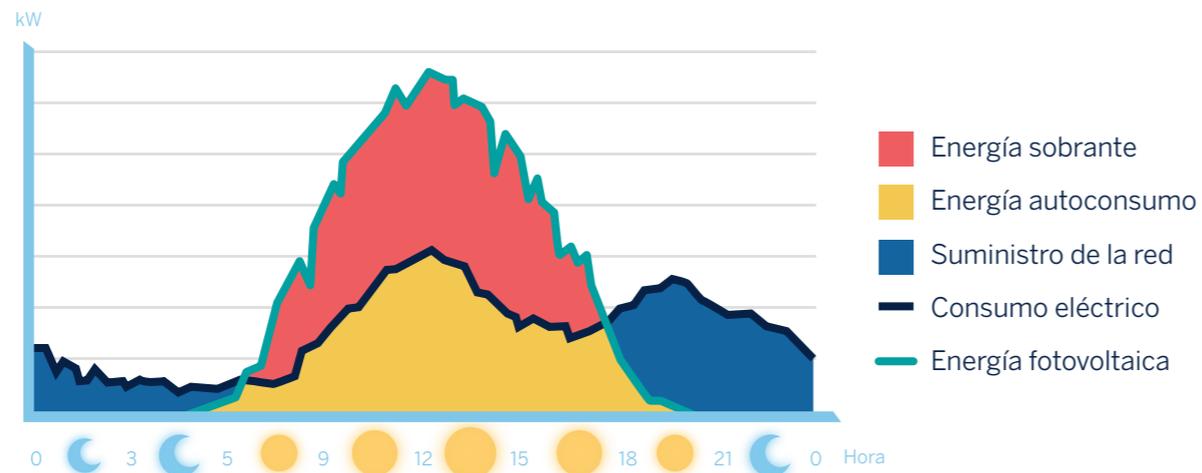
- **Medición Neta:** En cada periodo de facturación, al consumo eléctrico se le resta la energía inyectada a la RGD; si hay un faltante de energía, se consume directamente de la RGD y se cobra a la tarifa regulada. Si hay un excedente de generación, este se acredita al siguiente periodo de consumo. Los excedentes de generación se deben utilizar dentro de los siguientes 12 meses de su producción, en caso de que no sean utilizados, son pagados al generador.

- **Facturación Neta:** La energía generada es valuada en tiempo real al precio de inyección de electricidad a la RFD. El consumo de electricidad es facturado acorde con la TFSB y se le resta el valor acumulado de la energía inyectada. Este esquema es favorable en casos donde la TFSB es menor que el precio de inyección de la electricidad a la RGD como ha sucedido en ocasiones en Baja California. Sin embargo, en la mayoría de los casos la TFSB es mayor que el precio de inyección a la RGD.

- **Venta Total de Energía:** La energía generada por los paneles solares es **vendida directamente al precio de inyección** de la electricidad a la RGD. Este esquema sirve para centrales en GD que no están ligadas a un centro de consumo eléctrico.

Figura 13. Esquemas de Contraprestación de Generación Distribuida.





## 2.2.2 Balance de energía de la GSD

La generación de electricidad de SFV puede no coincidir con el consumo de un usuario final. Esto generaría una **discrepancia en los sistemas en GD** donde la electricidad producida no necesariamente sea consumida en el momento o que la demanda eléctrica del usuario no pueda ser satisfecha por el SFV en su totalidad.

Los mecanismos de contraprestación buscan balancear esto de modo que si hay una demanda de electricidad mientras no esté produciendo el SFV, se puede consumir directamente de la RGD. Alternativamente, si la generación de los paneles solares es mayor que el consumo del usuario, el excedente se puede utilizar como crédito para momentos donde se haya consumido electricidad de la RGD.

Figura 14. Mecanismo de balanceo de generación-consumo de los SFV.

## 2.3 Requisitos básicos para proyectos de GSD

Como ha sido mencionado, los proyectos de GSD gozan de beneficios que los convierten en alternativas atractivas para los consumidores de electricidad. Sin embargo, existen ciertos requisitos básicos para su desarrollo e implementación:

- Dimensionamiento igual o menor a 500 kW
- Espacio disponible. La superficie necesaria dependerá de la capacidad del sistema a instalar, pero como parámetro, se puede estimar que un sistema solar de 1kW requiere 10m<sup>2</sup>
- El techo debe de cumplir con las condiciones estructurales adecuadas
- Es necesario revisar la Demanda Contratada del usuario y evaluar si es necesario realizar algún ajuste



## 2.4 Proceso de interconexión de GSD a las RGD

Al tener una interconexión a la RGD, un usuario final puede consumir la electricidad generada por su SFV y adquirir cualquier energía faltante de la RGD. A continuación se describe el proceso general para tramitar una interconexión:

Figura 15. Proceso de instalación e interconexión de centrales en GD.



### 3. Evolución del mercado de la Generación Distribuida en México



### 3.1 Impulsores de la GSD

El mercado de GSD en México ha crecido de manera significativa en los últimos años debido a cuatro principales impulsores clave:

- **Regulación simplificada:** menores tiempos y costos administrativos de interconexión, no requieren de un permiso de generación y pueden seleccionar la contraprestación de **Medición Neta** que favorece al valor económico de la energía generada en la mayoría de los casos.

- **Reducción en los costos de los SFV:** en la última década los precios de estos sistemas han disminuido entre 60% y 80% derivado de mejoras tecnológicas y el incremento en la capacidad instalada acumulada.

- **Incremento en las tarifas de electricidad:** los precios de electricidad desde 2018 han incrementado aproximadamente 30% en la tarifa residencial no subsidiada y 60% para tarifas comerciales e industriales.

• **Beneficio fiscal para Personas Físicas con Actividad Empresarial y Personas Morales:** de acuerdo con la LISR es posible depreciar al 100% el costo total del SFV en los primeros 12 meses después de su adquisición, siempre y cuando opere durante cinco años. Al depreciar la inversión realizada es posible deducir un porcentaje de los impuestos del beneficiario lo que generaría un flujo.



Figura 16. Impulsores Clave de la Generación Distribuida en México.

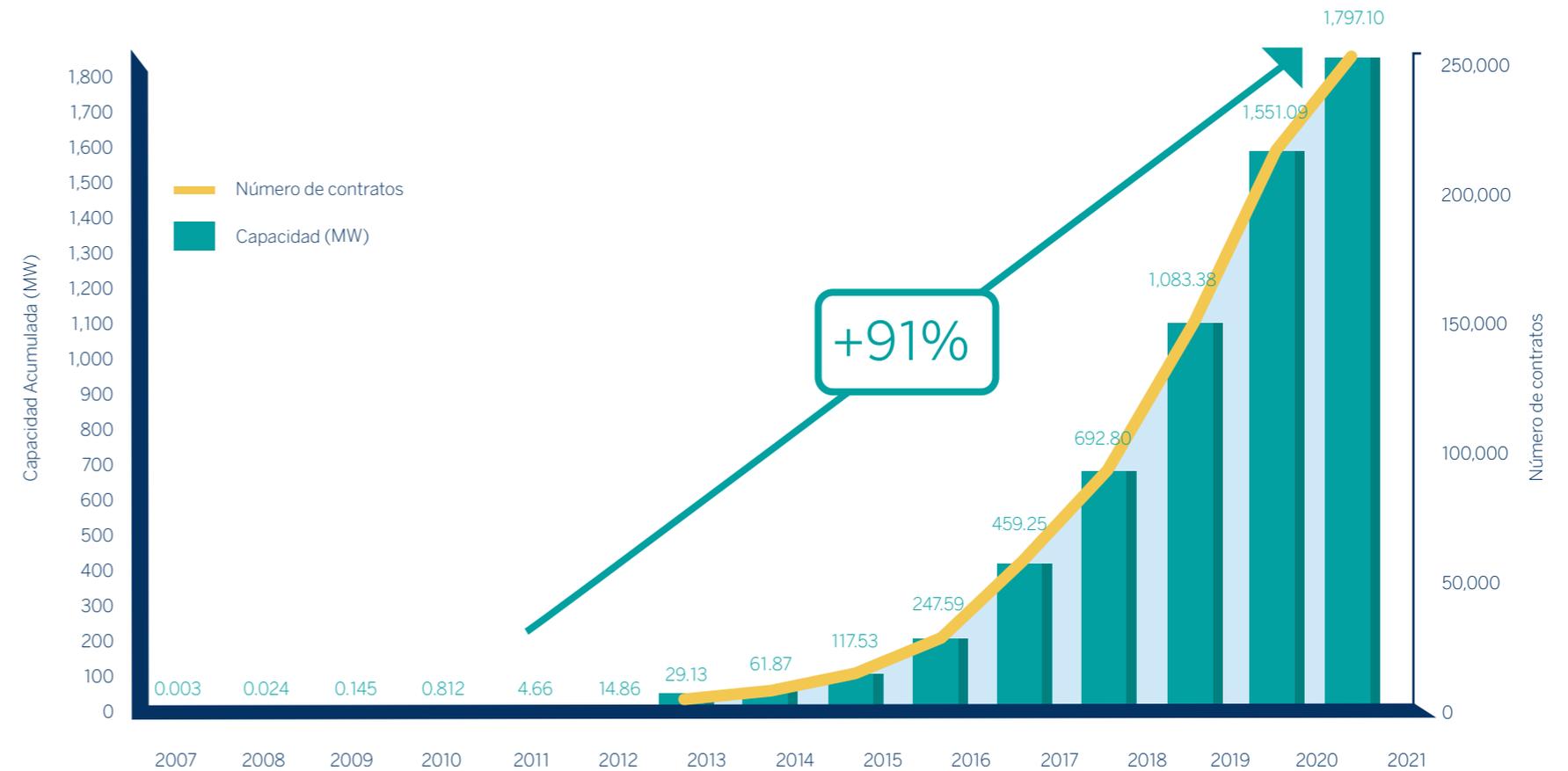
### 3.2 Mercado actual de GD en México

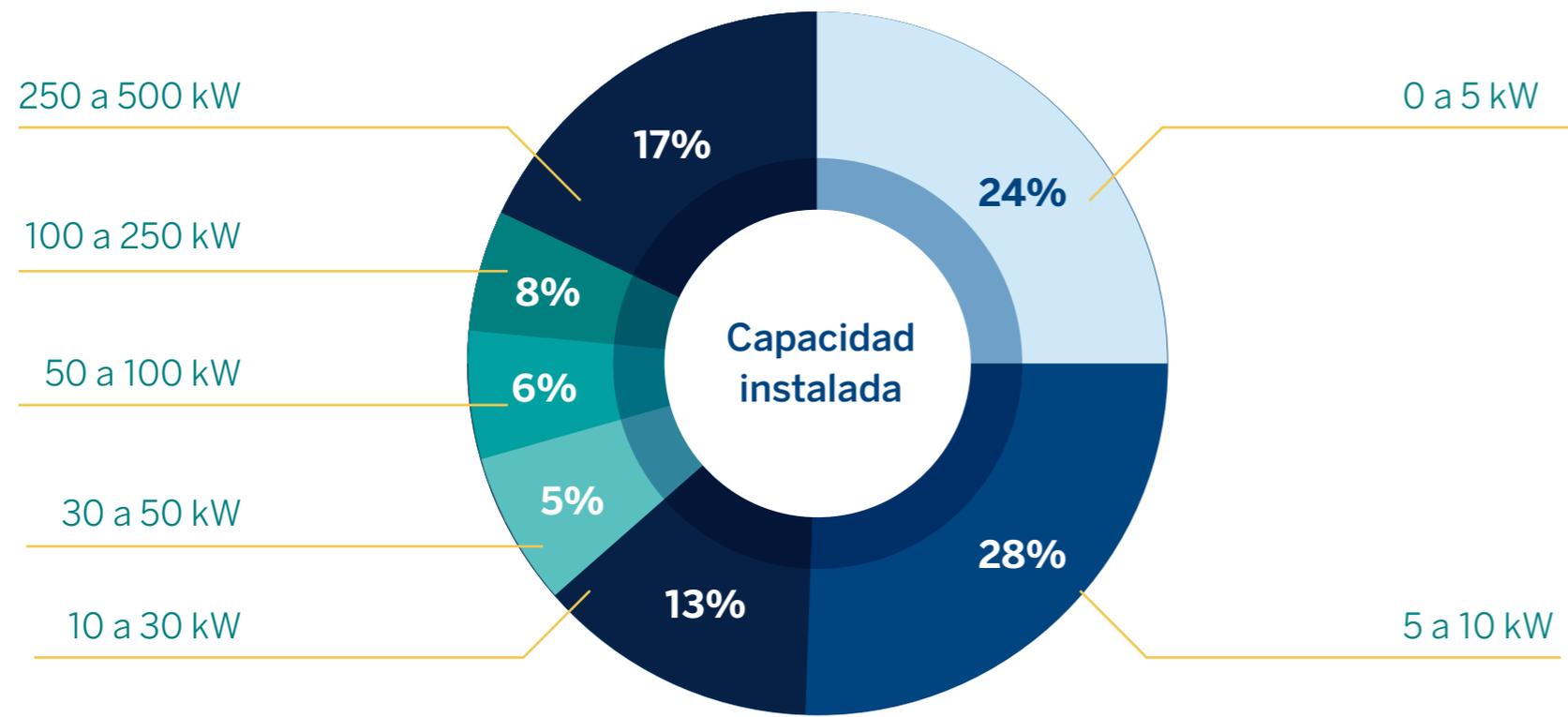
En los últimos 10 años, la capacidad instalada de centrales eléctricas de Generación Distribuida, así como los contratos de interconexión ha incrementado de manera significativa:

- La tasa de crecimiento anual compuesta de la **capacidad instalada fue de 91%**
- El crecimiento en la capacidad de **2019 a 2020 fue de 43%**

Figura 17. Crecimiento de la Generación Distribuida en México<sup>6</sup>.

<sup>6</sup>Fuente: CRE, Estadísticas de Contratos de Generación Distribuida





De los sistemas instalados en GD actualmente, más del **99% corresponde a SFV**; de las cuales, poco más de la mitad tienen una capacidad menor que 10 kW.

Figura 18. Distribución de las centrales de GD en México por rango de capacidad.

## 3.3 Expectativas de crecimiento del mercado de GD en México

### 3.3.1 Segmentos de mercado

Para mejorar la comprensión de la evolución del mercado de GD en México es posible hacer una segmentación con base en el tipo de usuario y el rango de capacidad de los sistemas a instalar. A grandes rasgos se pueden definir tres sectores:

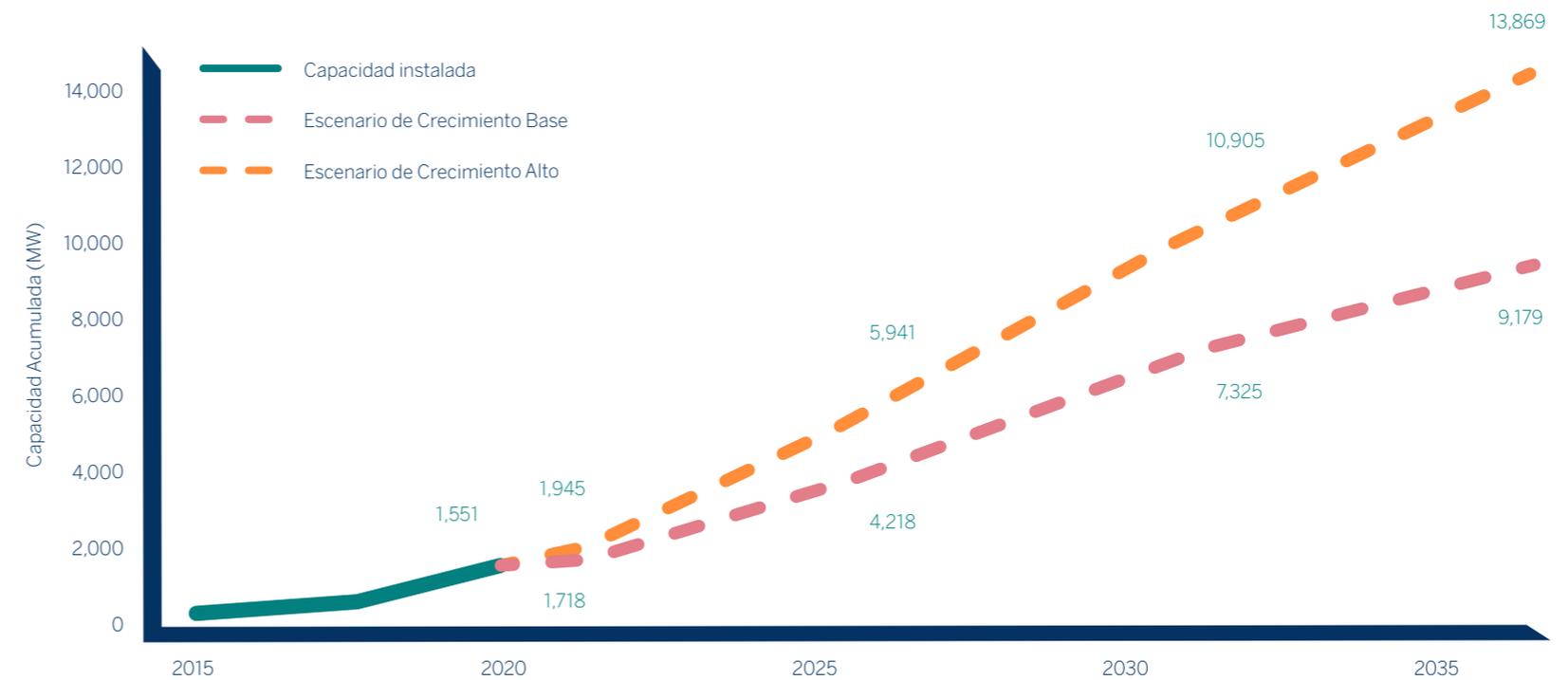
- **Segmento Residencial:** proyectos entre 1 y 10 kW, usuarios en baja tensión con tarifa DAC o 1A-1F.
- **Segmento Comercial:** proyectos entre 10 y 100 kW, usuarios en baja y media tensión como tiendas de autoservicio, departamentales, oficinas, centros comerciales, hospitales, escuelas, estacionamientos, entre otros.
- **Segmento Industrial:** proyectos entre 100 y 500 kW, usuarios en media tensión como medianas y grandes empresas de transformación y producción de bienes, manufactura, producción de alimentos, textiles, de construcción, entre otras.

### 3.3.2 Proyecciones de crecimiento

De acuerdo con datos del PRODESEN 2021-2035 se espera que:

- El ~12.5% de la capacidad a adicionarse al Sistema Eléctrico Nacional entre el 2021 y el 2024 será mediante SFV en GD
- La GD representará entre el 6.4% (desarrollo base) y el 9.7% (desarrollo acelerado) del total de la capacidad instalada total en México en 2035

Figura 19. Proyección de Crecimiento de la Capacidad en Generación Distribuida<sup>7</sup>.



<sup>7</sup>Fuente: PRODESEN 2021-2035.

Considerando la inversión por rango de capacidad presentada en el Monitor de información comercial e **índice de precios de Generación Solar Distribuida en México**, se estima que la inversión acumulada necesaria para cumplir el pronóstico de 2026 será de entre \$3,200 y \$5,268 MM USD.

Figura 20. Inversión Anual en Centrales de Generación Distribuida<sup>8</sup>.



<sup>8</sup>PRODESEN y Monitor de información comercial e índice de precios de Generación Solar Distribuida en México, GIZ.

