



INTRODUCCIÓN

PANORAMA GLOBAL DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA

MAESTRIA EN
OPERACION Y DISEÑO DE SISTEMAS ELECTRICOS DE POTENCIA

«El reto durante el próximo decenio será promover las tecnologías emergentes y, al mismo tiempo, mejorar las tradicionales para que puedan operar juntas en el sistema eléctrico mundial del siglo XXI».

- **El mundo está pasando de ser un sistema de electricidad basado en las tecnologías tradicionales de generación, transmisión y distribución (T + D) centralizadas a uno que también comprende nuevas tecnologías distribuidas, digitalmente mejoradas y con bajas emisiones de carbono.**
- **La transformación no se va a producir de la noche a la mañana.**
- **Fuentes tradicionales, incluidos los combustibles fósiles y la energía nuclear, continúan representando el 77 % de la generación de electricidad total**

- No hay previsión que el porcentaje mundial de generación a partir de las fuentes tradicionales se reduzca a menos de dos tercios antes de 2030.
- El sistema mundial está evolucionando hacia una red híbrida e integrada que contiene elementos de tecnologías nuevas y tradicionales que funcionan sinérgicamente. La velocidad del cambio y la combinación de soluciones energéticas variarán según la geografía.
- Durante la próxima década, las grandes plantas generadoras centralizadas se volverán cada vez más eficientes (nuevos sistemas de hardware y software energético, herramientas digitales integradas).
- Esta integración tendrá lugar en un contexto de políticas encaminadas a reducir los niveles de emisión de carbono.

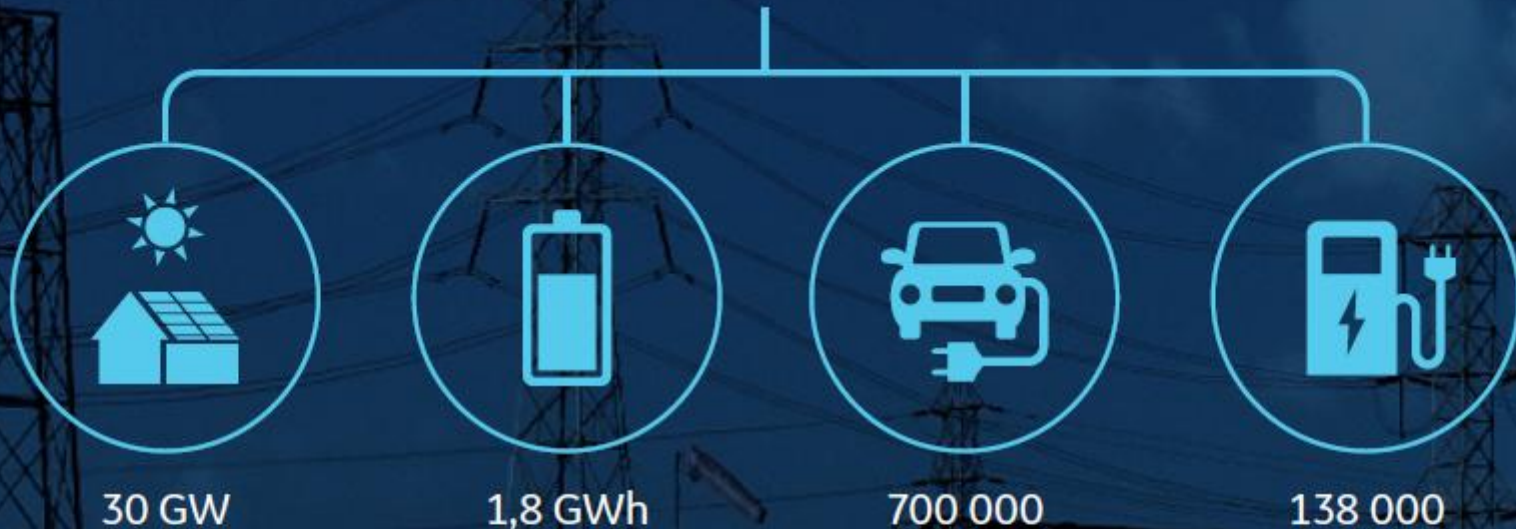


Figura 1: El sistema eléctrico global emergente del siglo XXI

Además de las nuevas tecnologías digitales y físicas que complementan la infraestructura actual, el sistema eléctrico global está evolucionando hacia una red híbrida e integrada que suministra electricidad fiable, sostenible y de bajo coste a comunidades de todo el mundo.



- Las soluciones locales tienen valor económico
- Estado sólido más sencillo
- Eficiencia a través de los datos



- **Control local**
- **Flujo bidireccional**
- **Microoptimización de la red**
- **Carga y generación escalables**

Los valores de GW representan los pedidos industriales de 2016 redondeados

EL IMPERATIVO EN EL CRECIMIENTO DE LA ELECTRICIDAD

«Se prevé que la generación de electricidad global incrementará un 2,3 % al año durante el próximo decenio. Este crecimiento supone algo positivo para el mundo: Ha existido una correlación positiva entre el incremento del consumo eléctrico mundial y el crecimiento económico y la mejora de la salud y la educación»

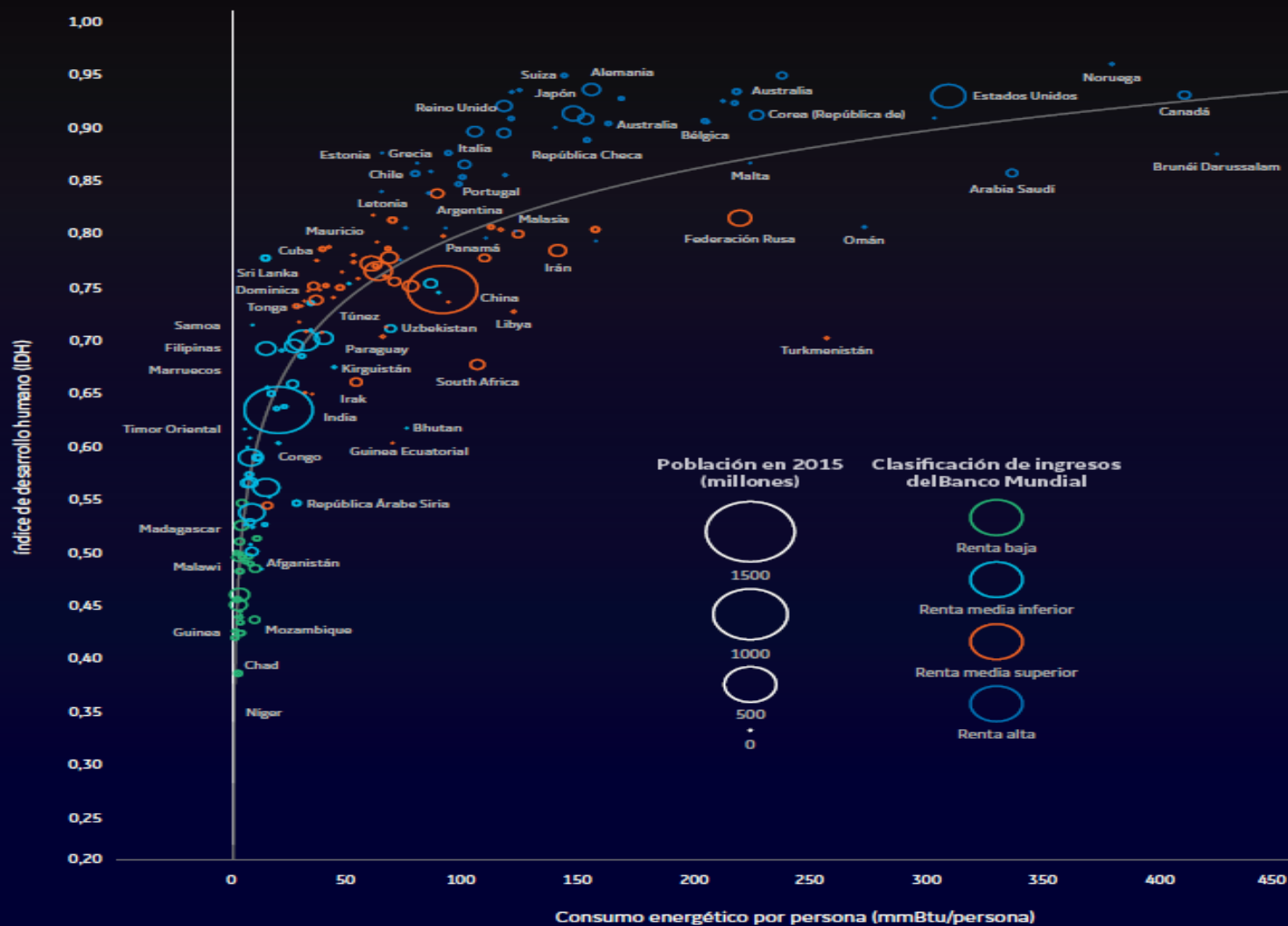
LA GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD EN AUGE

- En 2016, la generación total de electricidad anual a nivel mundial fue de 243 000 teravattios-hora (TWh).
- Durante el próximo decenio, prevemos que la generación de electricidad a nivel mundial crecerá un 2,3 % al año, con lo que antes de 2026 se habrán alcanzado 305 000 TWh.

- Existen **varios factores** que podrían **influir en el crecimiento de la generación de electricidad durante el próximo decenio**:
 - Más de **1000 millones de personas carecen** de acceso a la electricidad y casi **3000 millones de personas** dependen del consumo de **biomasa** para cocinar.
 - Más del **95 % de las personas que viven sin electricidad proceden de países del África Subsahariana** y los países asiáticos en vías de desarrollo. A medida que estos países se electrifiquen, incrementará la demanda de electricidad.
 - Debido a los **nuevos avances y tecnologías**, el **consumo de electricidad tiene el potencial de extenderse a otros sectores**. Los vehículos de **transporte eléctricos representan el ejemplo más claro**. (en 2016, se vendieron aproximadamente 750 000 vehículos eléctricos en el mundo, pero se prevé que esta cifra crecerá hasta alcanzar más de 10 millones al año antes de 2026).

- Para el 2040, más de la mitad de todos los vehículos vendidos serán eléctricos (esto añadirá 1800 TWh más de demanda antes de 2040)
- Anuncios recientes de los Gobiernos de la India y China sobre su intención de vender únicamente vehículos eléctricos para 2030, ya han motivado a los fabricantes de automóviles a responder a la creciente demanda de vehículos eléctricos.

Figura 2: Consumo energético y desarrollo humano





- La **clase media** se halla **en crecimiento** en muchas regiones del mundo en vías de desarrollo, lo que promueve la **adopción** de equipos como **aparatos de aire acondicionado**.
- La **demanda** de electricidad **per cápita** en los países de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) representa **más del triple** de la de los países **que no son miembros** de dicha organización.
- Los **estadounidenses consumen 16 veces más** electricidad per cápita que los indios. **El crecimiento económico de países como la India e Indonesia puede generar un rápido e importante** incremento de la demanda de electricidad.
- Las **tecnologías de bajo consumo** también **están influyendo** en el **incremento de la demanda** de electricidad a nivel mundial.

LA CAMBIANTE MEZCLA DE ELECTRICIDAD

- Necesidad de una combinación de tecnologías generadoras que pueda ofrecer la fiabilidad deseada en el sistema
- Reducir las cargas discrecionales durante los periodos de máxima demanda e incrementar el uso de tecnologías de almacenamiento de energía va a tener implicaciones para la combinación energética en el futuro.
- Combinación energética regional: fuentes de combustible diversas, deseo de una independencia energética, el impacto en el empleo local, los incentivos y políticas locales, la variación de las cargas según la temporada y la asequibilidad de la electricidad para los residentes y empresas radicadas.
- La generación a partir de todas las fuentes de combustible va a incrementarse en distintos grados, con la excepción del petróleo.

- El **carbón va a experimentar un crecimiento lento** (plantas generadoras en los países asiáticos en vías de desarrollo).
- La **generación de gas natural** va a **aumentar** a medida que se haga uso de nuevas centrales eléctricas de gas para responder a la **creciente demanda** y ofrecer flexibilidad y solidez.
- La generación a partir de **fuentes renovables** va a crecer a **un ritmo más acelerado.**

REGIONES CLAVE

- **Asia en rápido crecimiento** y el mundo en vías de desarrollo está motivando un aumento de la demanda de electricidad
- El **crecimiento en Norteamérica más lento** que el crecimiento histórico, y expectativas de **crecimiento en Europa han disminuido.**

- Niveles absolutos **más elevados de incremento** de la generación de electricidad se producirán en **China, la India, Estados Unidos, Brasil e Indonesia** (por este orden).
- **China sola representa el 33 %** del incremento total de la generación.
- Situados por **debajo** de los cinco primeros, **Vietnam, Arabia Saudí y México** también prevén un fuerte desarrollo de la electricidad.

PROMOVER LA TRANSFORMACIÓN

- Durante la transición, las empresas líderes realizan las labores para satisfacer las necesidades de electricidad actuales y futuras de la población mundial

«La revolución del transporte eléctrico ha empezado. Actualmente son más de 2 millones los vehículos eléctricos de pasajeros que se hallan en circulación a nivel mundial; se espera que esta cifra aumente hasta alcanzar 500 millones en los próximos 25 años».

Incrementamos el acceso a la electricidad

- Las empresas líderes atienden las necesidades de las regiones en vías de desarrollo asociándose con gobiernos locales para diseñar sistemas de electricidad que generen energía mediante turbinas de vapor, turbinas de gas o motores alternativos y, en algunos casos, desarrollando la red T+D.
- Se ha estado apoyando activamente a este segmento emergente mediante el desarrollo de soluciones de microrred. (ejemplo: Usando una microrred de motores alternativos para el almacenamiento de energía solar con un controlador híbrido patentado, se ha implantado microrredes de almacenamiento en contenedores prefabricadas en África y Asia)

Electrificación del transporte

- La revolución del transporte eléctrico se halla en curso. Hoy en día, más de 2 millones de vehículos de pasajeros eléctricos circulan por las carreteras de todo el mundo. Se prevé que esta cifra se incrementará hasta alcanzar 500 millones en los próximos 25 años.
- Solo China cuenta con más de 200 000 autobuses circulando en la actualidad.
- Las empresas de distribución están invirtiendo considerablemente en la electrificación; y Tesla, Mercedes y Cummins han anunciado su intención de producir vehículos eléctricos de uso industrial este año.
- La electrificación va a generar un incremento de la demanda de generación de energía centralizada y distribuida, T+D y nuevas capacidades digitales.

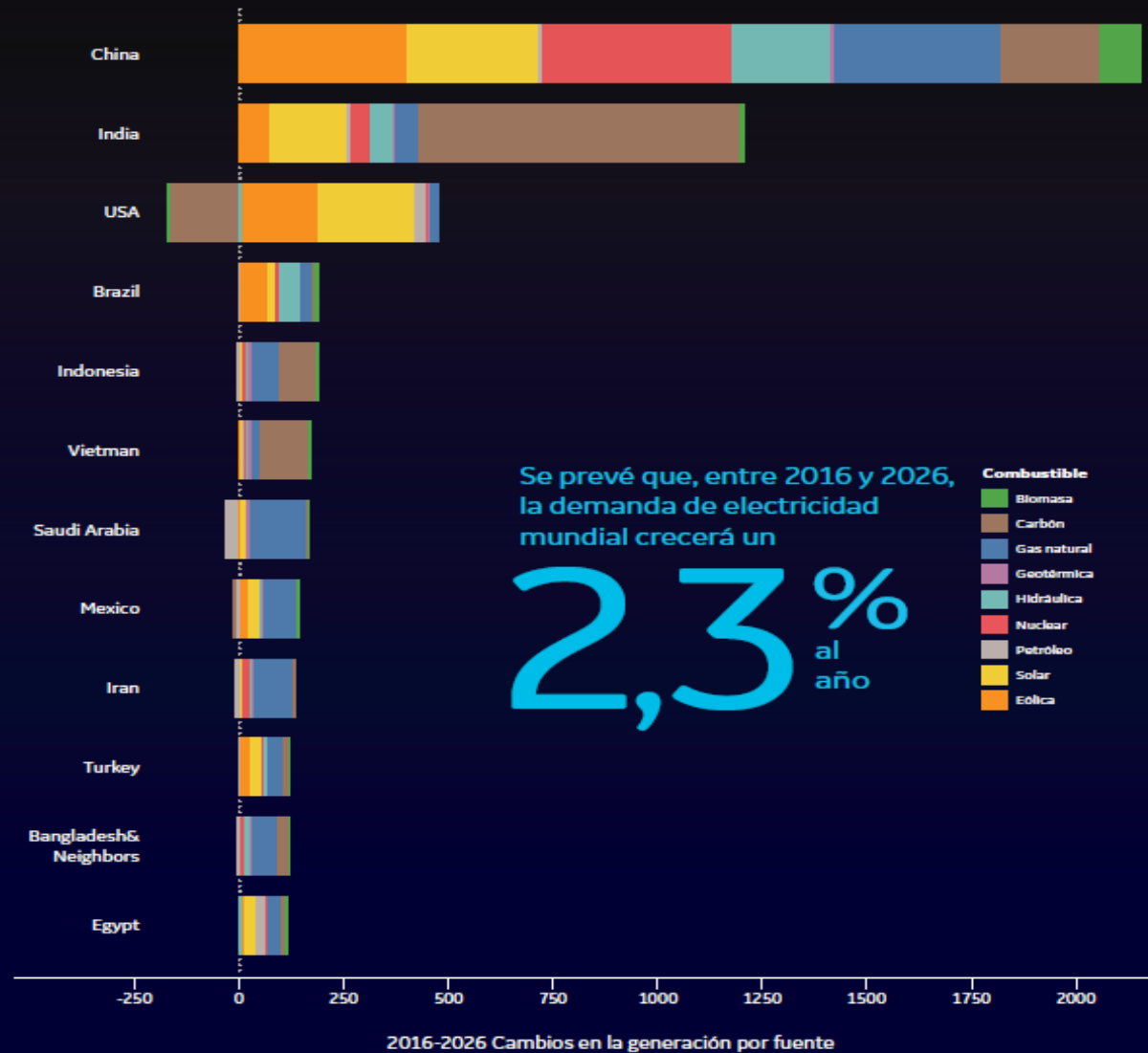
- Se está **invirtiendo en plataformas digitales ampliables** que ofrecerán una solución integrada para microrredes, almacenamiento, transacciones de igual a igual y transporte de electricidad.

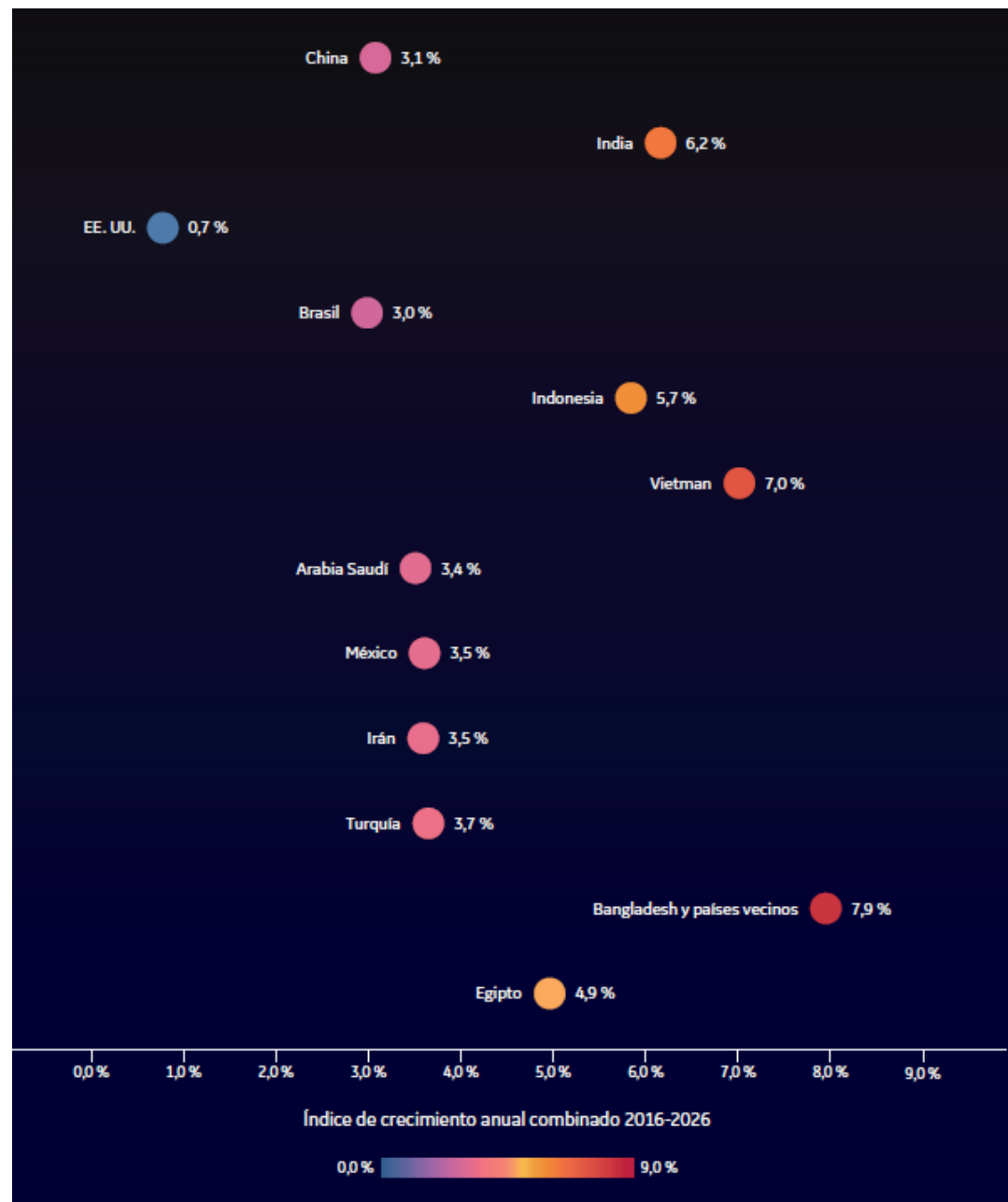
Eficiencia energética

- En el **sector de iluminación se está invirtiendo en tecnología LED** más eficiente, y en los últimos años, se ha empezado a explorar otras soluciones de ahorro de energía como el almacenamiento y la generación de energía solar distribuida.
- Se está **colaborando estrechamente con importantes usuarios de energía comerciales e industriales de toda Norteamérica y Europa para maximizar** sus oportunidades de **ahorro de energía** e instalar nuevos sensores y aplicaciones de software que ayudarán a los clientes a continuar optimizando sus medios edificados en años venideros.

Figura 3: Cambios en la generación de electricidad por fuente en los 12 primeros países (2016-2026)

Se espera que se suministren cada vez más cantidades de electricidad a más personas en todo el mundo. Se prevé que, entre 2016 y 2026, la demanda de electricidad mundial crecerá un 2,3 % al año hasta alcanzar aproximadamente 30 500 TWh en 2026. Se prevé que el nivel más elevado de crecimiento absoluto de la generación de electricidad se alcanzará en China, la India, Estados Unidos, Brasil e Indonesia.





NUEVO CONCEPTO DE LA ELECTRICIDAD

- La magnitud y la ubicación del crecimiento de la demanda de electricidad no son lo único que se está transformando en el panorama energético del siglo XXI. Al más alto nivel, el cambio viene motivado por tres importantes tendencias (transformación que redefinirá el panorama energético global de maneras antes inimaginables):
 - el surgimiento de tecnologías digitales,
 - la llegada de tecnologías de energía distribuida cada vez más asequibles
 - y la descarbonización gracias a la maduración de las opciones de energías renovables y bajo consumo.
- Estos factores también están cambiando la composición de los consumidores de electricidad a medida que surgen nuevos clientes con diferentes necesidades y preferencias.

DESCENTRALIZACIÓN

- Tendencia hacia **sistemas de energía descentralizados** y más pequeños que satisfacen las necesidades de electricidad distribuida al contrario de las tradicionales plantas generadoras centralizadas que distribuyen electricidad a los clientes a través de amplias redes T+D.
- Ello se debe **en parte a que la tendencia ha estado motivada por los avances tecnológicos** de los fabricantes de equipos generadores de menos de 100 megavatios (MW).
- Conjuntamente conocidos como tecnologías de energía distribuida, **las turbinas aeroderivativas, los motores alternativos y los sistemas de energía solar fotovoltaica** se están implantando cada vez en mayor volumen a lo largo de redes de transmisión y en puntos remotos.

- El continuo apoyo **normativo de los sistemas de energía solar fotovoltaica distribuida**, unido a los recientes **avances y la reducción de los costos**, ha dado un nuevo impulso a esta tendencia, y las tasas de adopción de la energía solar en locales comerciales y plantas industriales están **aumentando de manera acelerada**.
- Los tradicionales **motores alternativos diésel y de gas natural continúan experimentando mejoras en su rendimiento**. Su pequeño tamaño y su fiabilidad los convierten en el generador elegido en numerosas aplicaciones en todo el mundo, especialmente las remotas.
- Las **turbinas de gas pequeñas** continúan mostrando un **mejor funcionamiento**.
- Otra **ventaja** de electricidad distribuida es su capacidad de **satisfacer las necesidades de calefacción, refrigeración o vapor** de los usuarios finales:

- Procesos industriales requieren calor y electricidad como insumo para la producción.
 - Los generadores descentralizados y distribuidos como los motores alternativos, las turbinas de vapor y las turbinas de gas pueden suministrar múltiples productos para satisfacer las necesidades de electricidad, calefacción, refrigeración y vapor de los clientes.
 - Cuando funcionan en modo de generación de calor y electricidad combinada (CHP, por sus siglas en inglés) o trigeneración, las tecnologías distribuidas muestran eficiencias totales de cerca del 90 %.
- Existe un amplio mercado global para los denominados proyectos de «generación de calor y electricidad combinada» (CHP). Según la AIE, la CHP representa el 9 % de la generación total de energía en la actualidad.

- CHP es una **solución de energía más limpia** para **campus, islas y ciudades** que se puede agregar en **microrredes con herramientas digitales avanzadas**.
- Otra parte importante es el papel de **soluciones de almacenamiento de energía modulares cada vez más asequibles como las baterías**. Permiten que los sistemas de electricidad distribuida almacenen energía a partir de fuentes de generación variables y la **descarguen en los periodos de mayor demanda**. (respuesta a un espectro más amplio de necesidades de clientes fuera y dentro de la red).

DIGITALIZACIÓN

- El concepto del Internet de las cosas (**IoT**, por sus siglas en inglés) nació en 1994. La idea fundamental consistía en **acoplar sensores a objetos comunes para conectarlos a Internet**.

- Para 2010, las innovaciones en las tecnologías de la información ya permitían aplicar el IoT a la maquinaria industrial.
- Este avance llevó al Internet industrial. Se han desarrollado aplicaciones del Internet industrial para operar y controlar redes de T+D a fin de mejorar el rendimiento de las centrales eléctricas independientes y agrupadas, así como de optimizar los sistemas de microrredes híbridos.
- La unión de lo físico y lo digital en todos los sectores está revolucionando la forma de funcionar de las máquinas, reduciendo los costos y generando un ahorro de recursos. (con solo ampliar unas pocas soluciones digitales a escala global, las emisiones de dióxido de carbono anuales se podrían reducir hasta 823 millones de toneladas métricas (Tm), equivale aproximadamente a un 45 % de las emisiones de las centrales estadounidenses en 2015.

- Las **soluciones digitales** ya pueden integrar plantas generadoras y sistemas de energía enteros para **maximizar su productividad total**.
- A medida que los sistemas eléctricos **modernos** se vuelven **cada vez más híbridos**, la **digitalización adquiere mayor importancia** para integrar el sistema a nivel de T+D. (mayor **esfuerzo por aplicar las tecnologías de la información a la red** para hacerla más inteligente).
- La **digitalización de la energía** también presenta nuevas opciones de tecnologías de ahorro de energía (**iluminación basada en sensores**, los controles inteligentes y amplia variedad de nuevas tecnologías de software están ayudando a transformar los locales comerciales, establecimientos minoristas y plantas industriales en entornos inteligentes)

DESCARBONIZACIÓN

- Hay un consenso que ha surgido a nivel mundial en gran parte de la **comunidad científica, líderes empresariales, políticos y el público** de que el **cambio climático es una amenaza** grave e inminente a la que se puede responder mediante **la descarbonización** del sistema energético global.
- Grave problema de escala mundial a medida que las emisiones de dióxido de carbono del planeta continúan **creciendo a un ritmo sin precedentes**.
- **Presión política** para que se aprueben políticas de **descarbonización** en países de todo el mundo. (En **Estados Unidos**, las emisiones brutas de gases de efecto invernadero se han **reducido un 5 % en los últimos 20 años** debido a la transición del carbón al gas y la energía solar y eólica).

- En la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático 2015, celebrada en París, **195 países se comprometieron a reducir sus emisiones** de dióxido de carbono y evaluar su progreso cada cinco años.
- Sistema de electricidad **global, responsable del 42 % de las emisiones** de dióxido de carbono a nivel mundial.
- Más destacadas: **normas de cartera** para las fuentes de energía renovable de Estados Unidos, las **tarifas reguladas de Europa** y los **incentivos fiscales** por fuentes de generación con bajas emisiones de carbono en todo el mundo.
- En el último decenio, la fiabilidad, el costo y la eficiencia de las tecnologías de energías renovables como la eólica se han incrementado considerablemente. Por ejemplo, los costes de la energía eólica se han reducido en dos tercios desde 2005, **pasando de nada menos que 150 USD/MWh en 2005 a menos de 50 USD/MWh en la actualidad.**

- El coste instalado de la energía solar se ha reducido en un 58 % en los últimos cinco años. Han sido el resultado de una combinación de innovación y la rápida ampliación de la capacidad de fabricación de paneles solares fotovoltaicos a nivel global.
- El resultado del impulso político y la demanda de innovación en favor de la descarbonización ha sido el rápido crecimiento de las tecnologías de energías renovables. En 2016, se presentaron pedidos de energías renovables de 155 GW, de los cuales 74 fueron de energía solar y 65 de eólica, superándose así por primera vez los pedidos en las térmicas, con una cuota del 55 % de los pedidos globales totales.

COMIENZA LA TRANSICIÓN

- La descentralización, la digitalización y la descarbonización no son los únicos factores que fomentan la transformación de la energía.
- Los cambios en la conducta del consumidor, los cambios normativos y en las políticas, los cambios en los precios y la disponibilidad del combustible, así como las crecientes restricciones medioambientales, también están contribuyendo a dicha transformación.
- Estos cambios ya se ven reflejados en las cifras de inversión. Según la Agencia Internacional de la Energía (AIE), la inversión total en el sector energético a nivel global en 2015 fue de 683 000 millones de dólares. El 80 % total de dicha inversión en 2016 fue de 717 000 millones de dólares. El otro 20 % se distribuyó entre plantas de generación a partir de combustibles fósiles y energía nuclear.

- Las inversiones en eficiencia energética también están en auge a nivel global. La inversión total en eficiencia energética en 2016 fue de 231 000 millones de dólares. El crecimiento más marcado se registró en China, que representó el 62 % de las inversiones totales en eficiencia energética a nivel global. Las inversiones en el desarrollo de tecnologías y sistemas eficientes representó el 57 % del total mundial.

Figura 4: Descentralización, digitalización y descarbonización

La transformación del sistema energético global está siendo motivada por tres factores principales: descentralización, digitalización y descarbonización. Juntos, estos factores están orientando la mezcla de electricidad mundial hacia tecnologías más pequeñas, limpias e inteligentes. Esta transición se está produciendo en el contexto de la arraigada necesidad de electricidad para ofrecer opciones asequibles, fiables y sostenibles.

TRANSFORMACIÓN DEL SISTEMA DE ENERGÍA

Movimiento hacia un sistema digitalmente mejorado gracias a tecnologías centralizadas y distribuidas con bajas emisiones de carbono.



DESCENTRALIZACIÓN

La distribución de la generación de pequeña escala a través de la red de T+D.



DIGITALIZACIÓN

La incorporación de sistemas de control inteligentes y software habilitado para Internet para optimizar las plantas y la red.



DESCARBONIZACIÓN

La acelerada adopción de tecnologías de baja emisión de carbono como la energía solar y eólica.

«La eficiencia energética, la energía renovable y las tecnologías digitales se han convertido en un componente esencial de la mezcla. Su importancia no hará más que incrementarse en los años venideros».

- La inversión en almacenamiento de energía también está creciendo, complementando la generación de energía eólica y solar.
- Hasta 2026 habrá una demanda de 52 gigavatios de plantas de almacenamiento por bombeo hidráulico para complementar la generación de energía eólica y solar.
- Las tecnologías nuclear y de generación con gas y carbón continúan siendo una parte importante de la combinación de energías eléctricas y, en algunas geografías, se encuentran en crecimiento.

- Proporcionan una **carga básica y una potencia máxima fiables** para complementar las cantidades cada vez mayores de energías renovables variables. (inversiones en generación con combustibles fósiles fueron de 111 000 millones de dólares en 2015, y en 2016 se demandaron 14 GW de nuevas plantas de energía nuclear, su nivel más elevado desde Fukushima).
- El **gas natural también ayuda a cumplir las metas de descarbonización** con respecto a otros combustibles fósiles como opción independiente o combinada con otras tecnologías de baja emisión de carbono.
- El papel del **gas natural en los sistemas eléctricos continuará incrementándose**, especialmente a medida que crezcan los suministros de gas en todo el mundo.
- La **generación de electricidad con gas** se considera en todo el mundo, con razón, como una **solución de baja emisión de carbono** que los gobiernos pueden usar para alcanzar metas de descarbonización ambiciosas.

El **crecimiento de las redes de gas** y las nuevas opciones de suministro como el **gas de esquisto**, unidos a la innovación tecnológica, están contribuyendo a incrementar la densidad en las redes, aumentar la flexibilidad y mejorar la economía.

El **crecimiento de la generación a gas** también se debe a los **cierres selectivos de plantas de carbón y centrales nucleares** en el mundo desarrollado.

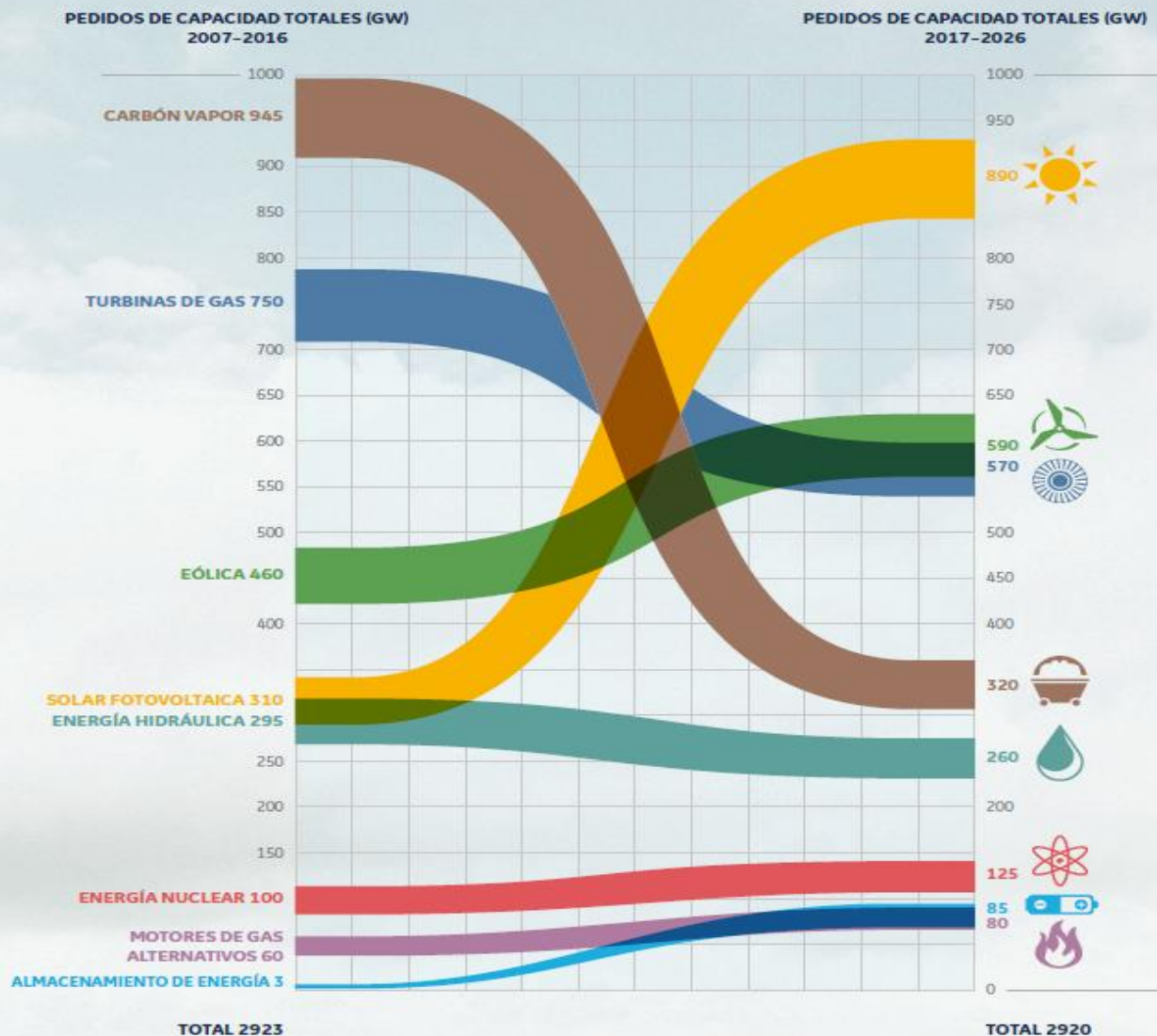
Con el **incremento de la generación a partir de recursos variables** como el viento y el sol, habrá una **necesidad cada vez mayor de tecnologías** que sean capaces de generar conjuntamente **energía a partir de recursos variables de manera flexible**.

- Los dos motores conducentes a la descentralización y descarbonización circunscribirán el desarrollo del carbón a regiones en crecimiento que requieren amplios bloques de electricidad para prestar servicios esenciales a poblaciones y economías en vías de desarrollo, en las que el carbón es un combustible autóctono de bajo coste.
- La necesidad de este tipo de energía es mayor en los países con los niveles más altos de crecimiento previsto de la electricidad; se prevé que el crecimiento de la capacidad de generación con carbón se concentrará en países en vías de desarrollo como China, India, Indonesia y Vietnam.
- En lo que respecta a la energía nuclear, en China las previsiones actuales, las centrales nucleares representarán aproximadamente el 60 % de los pedidos globales totales en el próximo decenio.

- Otros países que se prevé que realizarán pedidos en los próximos 10 años incluyen Finlandia, Hungría, Polonia, Turquía, Reino Unido, Kazajistán, Rusia, Egipto, Paquistán, Sudáfrica, Argentina, México y Bangladesh.
- Actualmente, la generación de energía nuclear representa poco más del 10 % del total mundial y se espera que en los próximos 10 años continúe situándose aproximadamente en ese 10 %.

Figura 5: Ya llega el sol

En el último decenio, el pedido medio de capacidad eléctrica anual fue de 300 GW, un 60 % del cual fue de energía fósil y nuclear. En el próximo decenio, si bien el nivel absoluto de pedidos será esencialmente el mismo, ese 60 % provendrá de renovables. El cambio más destacado será el incremento de la energía solar como la tecnología con el mayor número de pedidos durante el próximo decenio.



«A medida que se desarrolla esta transformación, la clave está en proporcionar la gama completa de soluciones para satisfacer las necesidades de los clientes. No existe una única solución o una tecnología ganadora. Los clientes y sus necesidades son demasiado diversos».

«Tanto los clientes como las empresas líderes se están adaptando a la transformación de energía. Los clientes tradicionales necesitarán el apoyo a medida que redefinan sus operaciones y los nuevos necesitarán las soluciones y los conocimientos especializados».

TEMÁTICA DE INVERSIÓN: TRANSFORMACIÓN DE LA ELECTRICIDAD

Recursos distribuidos e inteligencia de sistemas para posibilitar un suministro de energía dinámico

TEMÁTICAS DE INVERSIÓN SECUNDARIAS	EMPRESAS ACTUALES RELEVANTES EN LA CARTERA	SALIDA DE LAS POSICIONES
Optimización del mercado	   	
Recursos distribuidos y digitales	   	
Electrificación del mundo en vías de desarrollo	    	

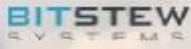
TEMÁTICA DE INVERSIÓN: APLICACIONES DISRUPTIVAS

Reestructuración fundamental del consumo de energía en transportes, ciudades y edificios

TEMÁTICAS DE INVERSIÓN SECUNDARIAS	EMPRESAS ACTUALES RELEVANTES EN LA CARTERA	SALIDA DE LAS POSICIONES
Electrificación del transporte	  	
Soluciones de autonomía y movilidad	 	
Edificios y ciudades inteligentes	 	

TEMÁTICA DE INVERSIÓN: TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES CONECTADAS

Mejoras operativas radicales a través de tecnologías y servicios avanzados

TEMÁTICAS DE INVERSIÓN SECUNDARIAS	EMPRESAS ACTUALES RELEVANTES EN LA CARTERA	SALIDA DE LAS POSICIONES
Borde Tecnologías	  	
Inspección y optimización	 	
Servicios geoespaciales	