

REMAP 2030: EL POTENCIAL RENOVABLE DE MÉXICO

LA AGENCIA INTERNACIONAL DE ENERGÍAS RENOVABLES (IRENA, POR SUS SIGLAS EN INGLÉS) HA DESARROLLADO UNA HOJA DE RUTA MUNDIAL DE LA ENERGÍA RENOVABLE LLAMADA REMAP 2030, QUE MUESTRA CÓMO SE PUEDE DUPLICAR EN 2030 LA PROPORCIÓN DE ENERGÍAS RENOVABLES EN EL MIX ENERGÉTICO MUNDIAL, TANTO DE FORMA REALISTA COMO RENTABLE. REMAP 2030 MÉXICO, EL PRIMER INFORME SOBRE UN PAÍS CONCRETO QUE SE PUBLICA EN LA SERIE REMAP 2030, ES UNA OBRA CONJUNTA DE IRENA Y LA SECRETARÍA DE ENERGÍA (SENER). ESTE DOCUMENTO EVALÚA UNA CARTERA DE OPCIONES TECNOLÓGICAS PARA ACELERAR EL DESPLIEGUE DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES A TRAVÉS DE TODO EL SISTEMA ENERGÉTICO MEXICANO, QUE PODRÍAN ELEVAR LA CUOTA RENOVABLE EN 2030 AL 21%. ESTO IMPLICA TRIPLICAR EL USO TOTAL DE ENERGÍA RENOVABLE EN EL MISMO PERÍODO.

México utiliza una quinta parte de la energía que se consume en Latinoamérica, y la demanda está creciendo rápidamente. Un crecimiento como el actual se traducirá en un aumento de la capacidad instalada de generación eléctrica de 64 GW en 2013 a 118 GW en 2030. México es el décimo mayor productor del mundo de petróleo y gas natural. Sin embargo, las importaciones de gas natural y carbón están creciendo, y su dependencia del gas natural para la generación de energía se ha convertido en una preocupación importante. Para hacer frente a estos y otros desafíos, México promulgó una serie de reformas energéticas en diciembre de 2013.

Con el fin de cumplir con sus compromisos internacionales de reducción de gases de efecto invernadero, México también ha establecido un objetivo de generación de energía limpia para el año 2050, que consiste en alcanzar una participación de energías de bajas o cero emisiones de hasta un 40% en la generación de energía para el año 2035, y del 50% para 2050. Esto incluye las energías renovables, así como los combustibles nucleares y fósiles con captura y almacenamiento de carbono.

Estas tendencias han impulsado el despliegue de las energías renovables. México cuenta con una base de recursos renovables grande y diversa. Sin embargo, el desarrollo ha sido limitado, por lo que las oportunidades siguen siendo importantes. Con la combinación adecuada de políticas, México puede atraer grandes inversiones en energías renovables.

México apenas está empezando a aprovechar su gran potencial renovable. En 2013, la capacidad total de energía renovable en el sector de generación de energía fue de 14,2 GW de los 64 GW de potencia total instalada. Esta proporción se compone principalmente de energía hidroeléctrica (18% de la capacidad instalada total), seguida por la eólica y la geotérmica (con alrededor de un 4% en conjunto).

Por su parte, la cuota de energías renovables en los sectores de la industria y el transporte en 2010 (año base de este análisis) fue del 5% y del 0,8%, respectivamente. Esto se deriva en gran parte de la combustión subproductos de bagazo para la generación de calor para procesos industriales basados en la bioenergía, así como de los biocombustibles líquidos. Aunque la cuota de energías renovables era mayor en el sector de la construcción, más de una cuarta parte de que ella era atribuible al uso tradicional de la biomasa (leña y residuos forestales). Esta no es a menudo una fuente sostenible y no se considera una forma moderna de energía renovable para el propósito de este análisis.

REMAP 2030: MEXICO'S RENEWABLE ENERGY POTENTIAL

THE INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY (IRENA) HAS DEVELOPED A GLOBAL RENEWABLE ENERGY ROADMAP CALLED REMAP 2030 THAT SHOWS HOW THE SHARE OF RENEWABLES IN THE GLOBAL ENERGY MIX CAN BE DOUBLED BY 2030, BOTH REALISTICALLY AND COST-EFFECTIVELY. REMAP 2030 MEXICO, THE FIRST SPECIFIC COUNTRY REPORT TO BE RELEASED IN THE REMAP 2030 SERIES, IS A JOINT WORK BY IRENA AND THE MEXICAN MINISTRY OF ENERGY (SENER). IT EVALUATES A PORTFOLIO OF TECHNOLOGY OPTIONS TO ACCELERATE RENEWABLE ENERGY DEPLOYMENT ACROSS MEXICO'S ENTIRE ENERGY SYSTEM THAT COULD RAISE THE 2030 RENEWABLE SHARE TO 21%. THIS IMPLIES A THREEFOLD INCREASE IN TOTAL RENEWABLE ENERGY USE IN THE SAME PERIOD.

Mexico accounts for one fifth of all energy use in Latin America, and demand is growing fast. Business-as-usual growth will result in an increase of installed power generation capacity from 64 GW in 2013 to 118 GW in 2030. Mexico is the world's tenth largest oil and natural gas producer. However, natural gas and coal imports are growing, and its dependence on natural gas for power generation has become a major concern. To address these and other challenges, Mexico enacted a series of energy reforms in December 2013.

In order to fulfil its international GHG reduction pledges, Mexico has also set a clean energy power generation target for 2050. The aim is to reach a share of as much as 40% in power generation from zero or low-emission energy types by 2035, and 50% by 2050. This includes renewables as well as nuclear and fossil fuels with carbon capture and storage.

These trends have boosted renewable energy deployment. Mexico has a large and diverse renewable energy resource base. However, development has been limited, so that significant opportunities remain. With the right mix of policies, Mexico can attract large-scale investment in renewables.

Mexico is only just beginning to draw on its large renewable energy potential. As of 2013, total renewable energy capacity in the power sector was 14.2 GW out of a 64 GW total system capacity. This share was composed mainly of hydropower (18% of total installed capacity), followed by wind and geothermal (with a combined total of around 4%).



De acuerdo con las predicciones de SENER y la Cooperación Económica Asia-Pacífico (APEC, por sus siglas en inglés), la cuota de energías renovables modernas en la energía final total consumida en México, sólo alcanzará el 10% en 2030, en un escenario como el actual. Esto equivale a más que duplicar la proporción del 4,4% en 2010. Considerado a la luz de un crecimiento del 64% previsto en el consumo de energía final total, esto significa una considerable aceleración de la energía renovable, con una aceleración significativa en comparación con las tendencias históricas. Aun así, el análisis REmap muestra que aún es posible mucho más.

Generación de energía renovable: eólica y solar toman la iniciativa

En base a REmap 2030, más de la mitad del consumo de energía renovable total de México sería en el sector eléctrico. México tiene el potencial de generar 280 TWh de energía renovable para el 2030, lo que representa un aumento de seis veces sobre el nivel actual de 48 TWh. Lograr esto requeriría una mezcla diversificada de las tecnologías eólica, solar, hidráulica, geotérmica y biomasa.

La eólica y la solar fotovoltaica en su conjunto representarían casi el 60% de la generación de energía renovable en México, y el 26% de la generación total en 2030. Alcanzar este nivel de implementación requiere de políticas que tengan en cuenta la enorme superficie de México, donde la oferta y la demanda a menudo están a gran distancia. El país tiene potencial de generación significativa de energía a partir de fuentes de biomasa y geotérmica, que son también unas de las opciones más baratas de suministro de energía.

La energía eólica representa una gran oportunidad tanto en el norte como en el sur de México, con potencial para producir 92 TWh de electricidad por año en 2030. Casi todo a partir de eólica terrestre. Teniendo en cuenta la potencia eólica total instalada en el país en 2013, 1,7 GW; un total de 30 GW en 2030 requeriría una tasa media de instalación anual de 1,7 GW.

La solar fotovoltaica podría contribuir con 30 GW de potencia, generando 66 TWh de electricidad al año en 2030. Esto requeriría una tasa media de instalación anual de 1,5 GW. Una cuarta parte de la capacidad total instalada en 2030 sería en forma fotovoltaica distribuida y aplicaciones de mini-redes para alumbrado público, bom-



Meanwhile, the renewable energy share in the industry and transport sectors in 2010 (the base year of this analysis) was 5% and 0.8%, respectively. This was largely derived from the combustion of bagasse by-products for industrial process heat generation based on bioenergy, as well as from liquid biofuels. Although the renewables share was higher in the construction sector, more than a quarter of that was attributable to the traditional use of biomass (firewood and forestry residues). This is often not sustainably-sourced and is not considered a modern form of renewable energy for the purpose of this analysis.

According to SENER and Asia-Pacific Economic Cooperation (APEC) predictions, Mexico's share of modernised renewable energy will only reach 10% of total final energy consumption by 2030 under the current scenario. This amounts to more than twice the proportion of 4.4% in 2010. Considered in the light of an expected 64% growth in total final energy consumption, this means a substantial renewable energy scale-up with a significant acceleration compared to historic trends. Even so, the REmap analysis shows that far more is possible.

Renewable power generation: wind and solar take the lead

Based on REmap 2030, more than half of Mexico's total renewable energy use would be in the electricity sector. Mexico has the potential to generate 280 TWh of renewable power by 2030, representing a sixfold increase over today's level of 48 TWh. Achieving this would require a diversified mix of wind, solar, hydro, geothermal and biomass power technologies.

Wind and solar PV combined would account for nearly 60% of Mexico's renewable power generation, and 26% of total generation in 2030. Achieving this level of deployment requires policies that take into account Mexico's huge land mass, in which demand and supply are often far apart. The country has the potential for significant power generation from biomass and geothermal sources, which are also some of the cheapest power supply options.

Wind power represents a major opportunity across both the north and the south of Mexico, with the potential to produce 92 TWh of electricity per year by 2030. Nearly all of this would be derived from



beo de agua para la agricultura y torres de telefonía móvil (7 GW). 1,5 GW adicionales vendrían de la energía termosolar.

La bioenergía para la generación de energía ascendería a alrededor de 4 GW de capacidad. Aproximadamente 1 GW vendría de la co-combustión de biomasa en centrales de carbón y 1,8 GW de la cogeneración en la industria manufacturera.

México ya cuenta con la quinta mayor potencia instalada de energía geotérmica en el mundo después de EE.UU., Filipinas, Indonesia y Nueva Zelanda, y podría utilizar su potencial reserva de alta temperatura para llegar a 4,5 GW en 2030.

Según los planes actuales, México podría alcanzar los 17 GW potencia en gran hidráulica para el año 2030. De acuerdo con REmap, se podrían instalar otros 6,5 GW. En el caso de la mini-hidráulica se prevé llegar a 1,8 GW, lo que equivale a sumar anualmente 90 MW en el período 2015-2030, o lo que es lo mismo cerca de diez centrales mini-hidráulicas por año. La capacidad hidroeléctrica instalada total alcanzaría los 26 GW de acuerdo con REmap 2030.

La integración de sistemas y la expansión de la capacidad de transmisión será esencial para garantizar la correcta integración de las energías renovables. Esto es particularmente cierto dada la cuota del 26% de energías renovables variables estimado en el caso acelerado en REmap 2030. Se debe planificar capacidad de transmisión adicional para aprovechar el potencial eólico y solar de las zonas norte y oeste de México, que están lejos de los centros de población y de actividad industrial. El primer paso será cumplir los planes para conectar Baja California y Baja California Sur a la red principal, ambas con importantes recursos de energía solar y eólica. También será importante planificar para la generación distribuida en tejados. México cubre un área grande y tiene muchas comunidades dispersas. Esto significa que las mini-redes y la electrificación rural jugarán un papel fundamental, sobre todo para ayudar a disminuir el reto de la integración en red y la expansión de la capacidad de transmisión.

Energías renovables para cubrir las necesidades energéticas del transporte, los edificios y la industria

La otra mitad del uso total de energías renovables que considera REmap 2030 provendría de necesidades no eléctricas en sectores finales como el transporte, los edificios y la industria. Las renovables modernas para calefacción, refrigeración y cocinar en edificios y en la industria ofrecen el mayor potencial de crecimiento, aunque su uso es limitado en la actualidad. El uso de energía renovable para la

onshore wind. In the context of the country's total installed wind power capacity of 1.7 GW in 2013, a total of 30 GW in 2030 would require an average annual installation rate of 1.7 GW.

Solar PV could contribute 30 GW of power capacity, generating 66 TWh of electricity per year in 2030. This would require an average annual installation rate of 1.5 GW. A quarter of the total installed capacity in 2030 would be in the form of distributed PV and mini-grid applications for street lighting, agricultural water pumping and mobile phone towers (7 GW). An additional 1.5 GW would come from CSP.

Bioenergy for power generation would amount to around 4 GW of capacity. Approximately 1 GW of this would come from biomass co-firing in coal plants and 1.8 GW from CHP in the manufacturing industry.

Mexico already has the world's fifth largest geothermal power installed capacity after the US, the Philippines, Indonesia and New Zealand, and could utilise its high-temperature reserve potential to reach 4.5 GW in 2030.

Under current plans, Mexico would reach 17 GW of large hydropower capacity by 2030. According to REmap, a further 6.5 GW could be installed. Small hydropower capacity is already forecast to reach 1.8 GW, equivalent to an annual addition of 90 MW over 2015-30, or about ten small hydropower plants per year. Total installed hydropower capacity would reach 26 GW under REmap 2030.

System integration and the expansion of transmission capacity will be essential to ensure the smooth integration of renewables. This is particularly true given the 26% share of variable renewable energy estimated in the accelerated case in REmap 2030. Additional transmission capacity must be planned to exploit wind and solar PV potential in the northern and western areas of Mexico, which are distant from population centres and industrial activity. The first step will be to fulfil plans to connect Baja California and Baja California Sur to the main grid, both of which have significant resources of solar and wind power. It will also be important to plan for rooftop distributed generation. Mexico covers a large area and has many scattered communities. This means that mini-grid and rural electrification will play a crucial role, particularly in helping diminish the challenge of grid integration and transmission capacity expansion.

Using renewables to meet transport, buildings and industry energy needs

The other half of total renewable energy use in REmap 2030 would come from non-electricity needs in the transport, buildings and industry end-use sectors. Modern renewables for heating, cooling and cooking in buildings and industry offer the greatest growth potential, although their use is limited today. Renewable energy use for heating is currently dominated by traditional biomass use, with a small share of bagasse combustion used for industrial process heat and power generation. Solar water heating for buildings is also limited, but there is great potential to replace liquefied petroleum gas (LPG) in this market segment as LPG subsidies are being gradually phased out.



calefacción está dominado actualmente por el uso tradicional de la biomasa, con una pequeña parte de la combustión de bagazo utilizada para generar calor para procesos industriales y generación de energía. El calentamiento solar de agua para edificios también es limitado, pero hay un gran potencial para reemplazar al GLP en este segmento de mercado, a medida que se están eliminando gradualmente los subsidios del GLP.

REmap 2030 estima que la capacidad de energía solar térmica para calefacción y refrigeración podría llegar a 33 GW. Esto incluye 13 GW de calefacción en la industria manufacturera, que representan el 6% de la demanda de calor. El sector de los edificios representaría 20 GW de calentadores solares de agua, aportando el 25% de la demanda de calentamiento de agua. Actualmente se utilizan alrededor de 5 TWh en el sector residencial para refrigeración, y REmap 2030 estima que aumente a cerca de 20 TWh/año. Para ayudar a satisfacer esta necesidad, de acuerdo con el informe los edificios proporcionarían un potencial estimado de 4 GW de refrigeración solar. Esto reduciría la demanda total de energía para la refrigeración en el sector residencial en un 5% en 2030. La industria ofrece un potencial de 7 GW de energía solar térmica para aplicaciones de calor de proceso a baja temperatura (textiles, producción de alimentos y algunos procesos químicos). También hay potencial para más de 2 GW para aplicaciones de calor proceso a temperaturas medias, que utilizan sistemas de concentración solar (principalmente en la producción de productos químicos). Actualmente ya existen en México algunas aplicaciones de este nicho en el sector de la alimentación.

Según los planes actuales, la biomasa tradicional para cocinar representará el 17% del uso total de biomasa en edificios en 2030. REmap estima que los usos tradicionales de la biomasa serán reemplazados por cocinas modernas y eficientes que utilizan leña para cocinar.

Bajo las políticas actuales, sólo se prevé un crecimiento limitado de las energías renovables para el sector del transporte en México. Se prevé un aumento del 0,8% en 2010 al 2,4% en 2030. En REmap 2030 esta cifra podría aumentar hasta el 4,2% en 2030 con la introducción de unos seis millones de litros de biocombustibles líquidos. Esto constituiría un paso importante en el aumento de la cuota de las energías renovables en el sector del transporte, que hoy en día representa casi la mitad de la demanda total de energía de México. Se necesitan políticas dedicadas basadas en energías renovables, tanto para aumentar la introducción de los biocombustibles como para promover el transporte colectivo y el transporte eléctrico.

En REmap 2030, el uso total de biomasa primaria alcanzaría 810 PJ/año, principalmente para la calefacción en la industria y en edificios. Este volumen es hasta un 10% de la oferta primaria de energía total de México en 2010.

Costes y beneficios de REmap 2030

El aumento de la cuota de las energías renovables hasta el 21% en el mix de energía final total de México se traduciría en ahorros financieros. El coste y los beneficios de las energías renovables se presentan en el análisis REmap 2030 desde las perspectivas comercial y gubernamental. El primero se basa en el coste nacional de los precios de capital y de las materias primas, que incluyen los

REmap 2030 estimates that solar thermal capacity for heating and cooling could reach 33 GW. This includes 13 GW of heating in the manufacturing industry, which represent 6% of heat demand. The buildings sector would account for 20 GW of solar water heaters, contributing 25% of water heating demand. About 5 TWh of power today is used in the residential sector for cooling, and REmap 2030 estimates this will rise to about 20 TWh/year. To help meet this need, the report estimates that buildings would provide around 4 GW of solar cooling potential. This would reduce total power demand for cooling in the residential sector by 5% in 2030. Industry offers a potential for 7 GW of solar thermal energy for low-temperature process heat applications (textiles, food production and some chemical processes). There is also potential for more than 2 GW for medium-temperature process heat applications using concentrated solar thermal systems (mainly in chemicals production). Some niche applications already exist in Mexico today in the food sector.

Under current plans, traditional biomass used for cooking will account for 17% of total biomass use in buildings in 2030. REmap estimates that traditional uses of biomass will be replaced by modern and efficient stoves that use wood for cooking.

Under current policies, only limited growth for renewable energy is forecast for Mexico's transport sector. This is due to rise from 0.8% in 2010 to 2.4% by 2030. In REmap 2030 this could climb to 4.2% in 2030 with the introduction of about six billion litres of liquid biofuels. This would constitute an important step in raising the renewables share in the transport sector, which accounts for nearly half of Mexico's total energy demand today. Dedicated policies based on renewables are needed, both to increase biofuels uptake and to promote mass transportation and electric transport.

In REmap 2030, total use of primary biomass would reach 810 PJ/year, mostly for heating in industry and buildings. This volume is as much as 10% of Mexico's total primary energy supply in 2010.

Cost and benefits of REmap 2030

Increasing the renewable energy share to 21% of Mexico's total final energy mix would translate into financial savings. The cost and benefits of renewables are presented in the REmap analysis from both business and government perspectives. The former is based on the national cost of capital and commodity prices that include local taxes or subsidies. The international or government perspective is based on standard international commodity prices and a fixed 10% discount rate.

The results of REmap 2030 show that more than half of all renewable energy technology options could be deployed with cost savings when compared to conventional technology options. From the business perspective, this translates into savings of US\$0.4/MWh (US\$0.1/GJ). From a government perspective, this would be a saving of US\$7.2/MWh (US\$2/GJ).



impuestos o subsidios locales. La perspectiva internacional o gubernamental se basa en los precios internacionales de productos básicos estándar y una tasa fija de descuento del 10%.

Los resultados de REmap 2030 muestran que más de la mitad de todas las opciones de tecnología renovable podrían desplegarse ahorrando costes en comparación con las opciones tecnológicas convencionales. Desde el punto de vista comercial, esto se traduce en un ahorro de 0,4 \$/MWh (0,1 \$/GJ). Desde la perspectiva del gobierno, esto se traduce en un ahorro de 7,2 \$/MWh (2 \$/GJ). Estas estimaciones se basan en las proyecciones para 2030 de los costes de capital para las tecnologías energéticas y suponen un incremento del 50% en el precio de los combustibles fósiles entre 2010 y 2030. Sin embargo estos ahorros de costes, sin embargo, no consideran la infraestructura (por ejemplo, la capacidad de transmisión o generación adicional) y los costes de tecnologías capacitadoras (por ejemplo, la integración de la red).

Al aumentar la cuota de las energías renovables también surgen ahorros relacionados con beneficios socio-económicos según lo estimado en este estudio. Al contabilizar las externalidades resultantes de la reducción de efectos sobre la salud y las emisiones de CO₂, el ahorro total podría ser de entre 4.600 M\$ y 11.600 M\$ en 2030. Los ahorros en salud se han estimado en base a los costes externos de la unidad de emisión de dióxido de azufre (SO₂), óxidos de monóxido de nitrógeno (NOx) y emisiones de partículas (PM_{2.5}). Además, se asumió un rango de precios de entre 20 y 80 \$/t de CO₂, aplicando el mismo rango a todos los demás países estudiados en REmap 2030.

De acuerdo con el informe, la sustitución de tecnologías convencionales por energías renovables disminuye la demanda de combustibles fósiles en casi 1,5 EJ en 2030 en comparación con el escenario actual. La menor demanda de combustibles fósiles conduce a una reducción estimada de las emisiones de CO₂ en 102 Mt/año en 2030. Esto equivale a una reducción del 17% en 2030. Tres cuartas partes del potencial total de mitigación provienen del sector energético.

La implementación de todas las opciones indicadas por REmap 2030 sería más que reducir a la mitad la demanda total de carbón de México en 2030 en comparación con los niveles de 2010. Las opciones de REmap 2030 también representan una oportunidad para reducir la demanda total de gas natural en un 21% en comparación con las políticas actuales para el año 2030. El ahorro en productos derivados del petróleo es más bajo - una reducción del 6%. Dos tercios de estos ahorros se encuentran en el sector manufacturero.

Políticas para acelerar la energía renovable

Los recientes avances en energía renovable indican que el país ha comenzado a desplegar su elevado potencial de energía renovable. Pero aún se necesitan más políticas para asegurar el progreso. Estas recomendaciones se pueden clasificar en cinco áreas principales en las que se pueden tomar medidas para lograr mayores cuotas de energía renovable.

- Planificación de vías de transición.
- Creación de un entorno empresarial propicio.
- Garantizar la integración armoniosa de las energías renovables en el sistema.
- Creación y gestión del conocimiento.
- Impulso a la innovación.



These estimates are based on 2030 capital cost projections for energy technologies and assume an increase of 50% in fossil fuel prices between 2010 and 2030. These cost savings, however, do not account for infrastructure (e.g., additional generation or transmission capacity) or enabling technology costs (e.g., grid integration).

Savings related to socio-economic benefits arise from increasing the share of renewables as estimated in this study. When accounting for externalities resulting from reduced health effects and CO₂ emissions, total savings could amount to US\$4.6bn - 11.6bn in 2030. The health savings are estimated based on the unit external costs of sulphur dioxide (SO₂), mono-nitrogen oxides (NOx) and particulate matter (PM_{2.5}) emissions. In addition, a price range was assumed of US\$20-80 per tonne of CO₂, with the same range applied to all other countries in the REmap study.

According to the report, the replacement of conventional technologies by renewable energy cuts fossil fuel demand by almost 1.5 EJ by 2030 compared to the current scenario. Lower fossil fuel demand leads to an estimated reduction of 102 Mt/year of CO₂ emitted in 2030. This is equal to a 17% reduction compared to 2030. Three quarters of that total mitigation potential comes from the power sector.

Implementing all the options indicated by REmap would more than halve Mexico's total coal demand by 2030 compared to 2010 levels. REmap options also represent an opportunity to reduce total demand for natural gas by 21% compared to current policies for 2030. Savings in oil derivative products are lower – about a 6% reduction. Two thirds of these savings are found in the manufacturing sector.

Policies to accelerate renewable energy

Recent progress in renewable energy uptake indicates that the country has begun to deploy its high renewable energy potential. But further policies are still needed to ensure progress is made. These recommendations can be categorised into five core areas in which action can be taken to achieve higher renewable energy shares.

- Planning transition pathways.
- Creating a favourable business environment.
- Ensuring smooth integration of renewables into the system.
- Creating and managing knowledge.
- Stimulating innovation.