

Actualización de la Hoja de ruta de Transición Energética en Perú

Un modelo energético sostenible para Perú al 2050



Contenido

Objetivos y agradecimientos	4
Foreword por el Country Manager del Grupo Enel en Perú	11
Resumen Ejecutivo	12
La lucha contra el cambio climático	12
El modelo energético peruano al 2050	12
Transición energética	13
Impactos Económicos de la Descarbonización	17
Recomendaciones	17
1. La Lucha Contra el Cambio Climático	19
1.1. La reducción de emisiones es un reto global	19
1.2. Emisiones de GEI en Perú en 2016	24
1.1. Contribuciones nacionales en la lucha contra el cambio climático	27
2. El modelo energético peruano al 2050	31
2.1. Visión actual de Perú para el 2050	31
2.2. El modelo energético en el marco de las ODS	32
2.3. Introducción a la metodología de modelización: TIMES	32
2.4. Transformaciones necesarias en el modelo energético	34
3. Transición energética	39
3.1. Nuevas políticas energéticas en Perú	39
3.2. Planificación para una transición exitosa al 2050	40
3.3. Cambiar a fuentes primarias de energía libres de emisiones, apuntando a una matriz eléctrica verde	40
3.4. La promoción de infraestructuras digitales y redes inteligentes	42
3.5. Fomentar la eficiencia energética y la electrificación en los usos finales	48
3.5.1. Electrificación de los sectores residencial, comercial y público	49
3.5.2. Electrificación del sector agricultura	53
3.5.3. Sustitución de combustibles en el sector industrial	54
3.5.4. Sustitución de combustibles en el sector transporte	55
3.6. El rol del hidrogeno verde en la descarbonización de Perú	59
3.7. Incentivos a modelos de producción sustentable – sector no energético	60
3.7.1. Sector AFOLU	61
3.7.2. Residuos Sólidos	63
3.7.3. Emisiones Fugitivas	64
3.8. Análisis de inversiones y costos en el sistema	64
3.9. Beneficios de la descarbonización	66
4. Recomendaciones de política energética para una descarbonización sostenible	70
Contactos	81

Objetivos y agradecimientos

El presente informe ha sido impulsado por el Grupo Enel en Perú y elaborado por Deloitte como una reflexión analítica y participativa sobre la necesaria transición hacia la descarbonización sostenible del modelo energético peruano. Esta transformación se enmarca en el cumplimiento del objetivo nacional de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y en la consideración de otros aspectos clave de la política energética: la seguridad de suministro, la competitividad del sistema energético-económico, la compatibilidad con criterios de crecimiento y la sostenibilidad ambiental y social.

Somos conscientes de que el debate sobre la transición hacia una economía sostenible basada en tecnologías con bajas emisiones en carbono es un tema de especial relevancia para nuestra sociedad, por su innegable impacto en la sostenibilidad medioambiental y económica, pero también por su especial complejidad. En este contexto, los objetivos del estudio han sido los siguientes:

- Dar una visión de largo plazo de qué supone el cumplimiento de los compromisos internacionales de reducción de emisiones de Perú al horizonte 2050 que sirva de referencia para definir la transición hacia un escenario de carbono neutralidad.
- Desarrollar el análisis de medio plazo que guíe la necesaria transición energética, con vista en el hito intermedio de 2030, con el fin de brindar una serie de recomendaciones de políticas energéticas para una descarbonización eficiente.

Este estudio ha contado con la participación voluntaria de diversos actores de reconocido prestigio y de perfiles diversos, con el objetivo de compartir y enriquecer los puntos de partida del mismo, recoger su visión sobre las cuestiones más relevantes e identificar potenciales vías de avance hacia un Perú sin emisiones.

Agradecemos de manera especial a los siguientes participantes por la colaboración brindada a lo largo del estudio:

- Alessandra Gilda Herrera Jara. Ministra – Ministerio de Energía y Minas
- Wilbert Gabriel Rozas Beltrán. Ministro – Ministerio del Ambiente
- José Martín Dávila Pérez. Viceministro De Electricidad – Ministerio de Energía y Minas
- Fey Yamina Silva Vidal. Viceministra de Desarrollo Estratégico de los Recursos Naturales – Ministerio del Ambiente
- Elizabeth Silvestre Espinoza. Viceministra de Gestión Ambiental – Ministerio del Ambiente
- Juan Antonio Aguilar Molina. Director General de la Dirección General de Electricidad – Ministerio de Energía y Minas
- Juan Orlando Cossio Williams. Director General de Eficiencia Energética – Ministerio de Energía y Minas
- David Héctor Arias Díaz. Director de Dirección de Estudios y Promoción Eléctrica – Ministerio de Energía y Minas
- Orlando Chavez Chacaltana. Director de Dirección Normativa de Electricidad – Ministerio de Energía y Minas
- Álvaro Criollo Rodriguez – Ministerio de Energía y Minas
- Carlos Bonilla Benito – Ministerio de Energía y Minas
- Claudia Espinoza Zegarra – Ministerio de Energía y Minas
- Edison Chávez – Ministerio de Energía y Minas
- Giannina Ibarra – Ministerio de Energía y Minas

- Javier Campos – Ministerio de Energía y Minas
- José Luis Caro Jara – Ministerio de Energía y Minas
- Karim Flores Quintana – Ministerio de Energía y Minas
- Lucero Luciano de la Cruz – Ministerio de Energía y Minas
- Luis Vilchez León – Ministerio de Energía y Minas
- Manuel Paredes – Ministerio de Energía y Minas
- Yna Lobaton Paz – Ministerio de Energía y Minas
- Milagros Sandoval Diaz. Directora General De Cambio Climático Y Desertificación y directora (e) de la Dirección de Mitigación de Gases de Efecto Invernadero – Ministerio del Ambiente
- Cesar Yonashiro – Ministerio del Ambiente
- Fanny Enciso Ojeda – Ministerio del Ambiente
- Jannery Silva – Ministerio del Ambiente
- Jenny Chimayco – Ministerio del Ambiente
- Leslie Chumpitaz – Ministerio del Ambiente
- Mariela Canepa – Ministerio del Ambiente
- Miguel Figueroa – Ministerio del Ambiente
- Nadir Pallqui – Ministerio del Ambiente
- Roberto Piselli – Ministerio del Ambiente
- Vanessa Caldas – Ministerio del Ambiente
- Victor Santillán – Ministerio del Ambiente
- Lenin Mayorga. Director de la Dirección General de Política de Promoción de la Inversión Privada – Ministerio de Economía y Finanzas
- Alondra Dávila – Ministerio de Economía y Finanzas
- Alvaro Valencia – Ministerio de Economía y Finanzas
- Gonzalo Rivera – Ministerio de Economía y Finanzas
- Ivonne Duymovich – Ministerio de Economía y Finanzas
- Javier Varillas – Ministerio de Economía y Finanzas
- Jorge Gaitán – Ministerio de Economía y Finanzas
- Juan Morante – Ministerio de Economía y Finanzas
- Liz Rosales – Ministerio de Economía y Finanzas
- Luciana Rojas – Ministerio de Economía y Finanzas
- María Jara Risco. Presidente Ejecutiva – Autoridad de Transporte Urbano
- Alejandro Montero – Autoridad de Transporte Urbano
- Claudia Ato – Autoridad de Transporte Urbano
- David Zaldívar – Autoridad de Transporte Urbano

- Héctor Rubio – Autoridad de Transporte Urbano
- Luis Ibáñez – Autoridad de Transporte Urbano
- Oscar Pastor – CEPLAN
- Jhoana Montalban – COFIDE
- Diana Porlles – Municipalidad de Lima
- María Alencar – Municipalidad de Lima
- María Dávila – Municipalidad de Lima
- Paola Vela – Municipalidad de Lima
- Aníbal del Águila – Proinversión
- Rafael Ugaz – Proinversión
- Raúl García – Proinversión
- Renzo Rojas – Proinversión
- Adrián Revilla – AAP
- Alberto Morisaki – AAP
- Eleodoro Lastra – AAP
- Ellioth Tarazona – AAP
- Janet Arias – AAP
- Jesica Izquierdo – AAP
- Scelza Lamarca – AAP
- Elena Gutierrez – ACCA
- Carlos Mendoza – Acciona
- Eduar Salinas - Acciona
- Felipe Pezo - Acciona
- José Manuel Amado - Acciona
- José Gonzáles - Acciona
- Juan Cueva - Acciona
- Maria Medina – Acres Energy
- Lila Tume – Acres Investments
- Adriana Sanchez – Allianza Energy
- Andres Martin – Allianza Energy
- Rodrigo Cortijo – Andes Solar
- Mariela Paredes – Arca Continental Lindley
- Raul Pausin – Arca Continental Lindley
- Jaime Pinillos – Arval Relsa

- Max Lujan – Atlantica Sustainable Infrastructure
- Daniel Izarra – Austral Group
- Diego Farro – Austral Group
- Fernando Miranda – Austral Group
- José Ramón Gómez – BID
- Patricia Elliot – BID
- Ezequiel Cambiasso – BID
- Jose Luis Torres – BYD
- Masiel Ortiz – Cálidda
- María Vera – Cálidda
- Dino Robles – Celepsa
- Lorena Gaviño – Celepsa
- Nicolas Samardzich – Celepsa
- Ricardo Arce – Sociedad Minera Cerro Verde
- Germain Salazar – Sociedad Minera Cerro Verde
- Luis Colmenares – CGGC Intl
- Raúl Pérez – CJR Renewables
- Cesar Butrón – COES
- Arturo Okumura – COES
- Dora Herbozo – COES
- Monica Céspedes – COES
- Patricia Suclla – COES
- Yofre Jacome – COES
- Erica Crescenzo – Conservación Internacional
- Mirko Suarez – Conservación Internacional
- Yadira Diaz – Conservación Internacional
- Claudio Schneider – Conservación Internacional
- Garcia Pablo – ContourGlobal
- Gabriela Alatrística – Distribuidora Cummis Perú
- Manuel Gonzalez – Distribuidora Cummis Perú
- Guillermo Chacaltana – Distribuidora Cummis Perú
- Luis Aguirre – Distriluz
- Cesar Herrada – Divemotor
- Camilo Garzón – DVP Solar

- Christopher Amiot – EDF
- Guillermo Grande – EDF
- Paul Duclos – EDF
- Hector Bonilla – EDF
- Malena Miranda – Editora Perú
- Tatiana Garcia – EEAS
- Daniel Salazar – energiE
- Cesar Canchero – Engie
- Daniel Morvely – Engie
- Mario Castro – Engie
- Micke Salinas – Engie
- Raul Bastidas – Engie
- Rosario Serván – Engie
- Wilmer Tabraj- Engie
- Orlando Ardito – Epei-Perú
- Josy Salcedo – ESAN
- Natalia Zúñiga – Estudio Echeconpar
- Luis Súmar – Estudio Santivañez
- Rosa Luna – Estudio Santivañez
- Omar Afa – EV Energy Solutions
- Carla Puente – EY
- Claudia Zavaleta – Fénix
- Edgar Contreras – Fénix
- Elkin Fuentes – General Motors
- Marco Kohatsu – General Motors
- Francisco Zegarra – Geomadperu
- Paola Cordova – GGGI
- Daniel Cámac – H2 Perú
- Fernando Maceda – H2 Perú
- Gaelle Dupuis – H2 Perú
- Hugo López – Huaura Power Group
- Gabriel Valencia – Huawei
- Kenneth Quintana – Hunt
- Nicky Vanlommel – Hunt

- Linette Lecussan – Hunt
- Martin Grisolle – Hunt
- Wilfredo Sifuentes – IEEE
- Marco Zelada – IGNIS
- Axel Calbet – Intelligenio
- Freddy Garro - Internationale Zusammenarbeit (GIZ)
- Mariana León - Internationale Zusammenarbeit (GIZ)
- Percy Cueva - Internationale Zusammenarbeit (GIZ)
- Rodrigo Castro - Internationale Zusammenarbeit (GIZ)
- Ruddy Mendoza - Internationale Zusammenarbeit (GIZ)
- Tania Zamora - Internationale Zusammenarbeit (GIZ)
- Rolf Sielfeld – IP-Consult
- Gabriel Quijandría – IUCN
- Edwin Ramos – Kallpa
- Jancarlos Vega – Kallpa
- Johnnatan Palomino – Kallpa
- Mario Allison Martijena – Kallpa Global
- Mario Pinto de la Sota – KFW
- Freddy Diaz – La Virgen SAC
- Raymundo Inga – Las Bambas
- Ricardo Cisneros – Latam Power
- Javier Perla – Libélula
- Maibí Montoya – Minera Andina
- Henry Barclay – Mitsui & Co Perú
- Joaquin Romero – Mitsui & Co Perú
- Valeria Milla – MOAR Abogados
- Rosendo Ramírez – Neglisac
- Bruno Miguel Vide – New Energy Perú
- Anthony Erazo – Nexa Resources
- Renzo Mautino – Nexa Resources
- Marlene Mauny – Nexans
- Andrea Arias – Orange Energy Perú
- Erick Melo – Orange Energy Perú
- Miguel Linares – Parques Eólicos Marcona y Tres Hermanas

- Cesar Conza – Perú Energía Renovable
- Luis Guillermo Mendiola – Perú Energía Renovable
- María Mendiola – Perú Energía Renovable
- Maria Aybar – Perú LNG
- Jaime Risco – Perú LNG
- Giacomo Zolezzi – Perú Sostenible
- Maria del Pilar Medina – Perú Sostenible
- Pierina García – Perú Sostenible
- Filiberto Riega – Pesquera Cantabria
- Maria Albornoz – Pesquera Diamante
- Janinne Delgado – Pluspetrol
- Pablo Campa – Pluspetrol
- Bettina Woll - PNUD
- Adriana Kato – PNUD
- Carla Zacapa – PNUD
- Jorge Alvarez – PNUD
- Karim Capristan – PNUD
- Manuel Figueroa – PNUD
- Richard Bartra – PNUD
- Javiera Altamirano – Portal Movilidad
- Angela García – PPU Legal
- Cinthya Arhuata – PUCP
- Dante Balbín – PUCP
- Javier Gutierrez – PUCP
- Margaret Matos – PYEP
- Karina Chávez – REP
- Angela Rodríguez – REP
- Luis de la Torre Vivar – Repsol
- Rossana Taquia – Sagal Consultores
- Edgar Zamalloa – Shell
- Martin Rueda – Shell
- Rocío La Torre – Shell
- Guillermo Diez – Siemens Energy
- Jesus Gutiérrez – Siemens Energy

- Maria Mónica – Siemens Gamesa
- Ricardo Palacios – Siemens Gamesa
- Juan Carlos Novoa - SNMPE
- Daniel Oliva – SNMPE
- Katty Gonzales – SNMPE
- Lesly Zamora – SNMPE
- Alan Dabbs – Social Capital Group
- Grethel Böttger – Sociedad Hoteles del Perú
- Giselle Valencia – SPH
- Gonzalo Cerda - Solarpack
- Brendan Oviedo – SPR
- Paloma Sarria – SPR
- Elizabeth Poma – SPR
- Juan Antonio Rozas - Statkraft
- Juan Manuel López – Statkraft
- Adolfo Rojas – Sustainablearth Latam
- Ydelso Benavides – Tecpetrol
- Jesus Cuadros – TGP
- David Orosco – Tozzi
- Alejandro Ancajima – UDEP
- David Cueto – UNACEM
- Jorge Castro – UNACEM
- David Coveñas – UNI
- Elmar Franco – UNI
- Orlando Chávez – UNI
- Wilfredo Sifuentes – UNI
- Alberto Rios – Universidad Técnica de Ambato
- Daniel de la Torre Ugarte – UP
- Daniel Soberón – UP
- Eunice Villicaña – UTEC
- Julien Noel – UTEC
- Vitaliano Illescas – Volvo
- Franco Canziani – Waira Energía
- Roxana Serpa

- Candy Aguirre
- Gabriela Calvo
- Maurizio Bezzeccheri - ENEL
- Mariano Morazzo - ENEL
- Luis Flores Alvarado - ENEL
- Elga Saravia - ENEL
- Manuel Alonso Fernández - ENEL
- Riccardo Abbate - ENEL
- Alexander Ptushkin - ENEL
- Gerson Vélez - ENEL
- Katerina Villacorta - ENEL
- César Ganoza - ENEL
- Francisco Arjona - ENEL
- Roberto Sánchez - ENEL
- Néstor Guerrero - ENEL
- Massimiliano Calamea - ENEL
- Marco Fragale - ENEL
- José Manuel Revuelta - ENEL
- Tatiana Lozada - ENEL
- Alejandro Barragán - ENEL
- Alex Ascón - ENEL
- Alicia Martínez - ENEL
- Brenda Loza - ENEL
- Claudio Helfmann - ENEL
- Eugenio Calderón - ENEL
- Giuliana Rojas - ENEL
- Guillermo Lozada - ENEL
- Henry Canales - ENEL
- Jessica Oliva - ENEL
- María del Pilar Matto - ENEL
- Patricia Mascaro - ENEL
- Pedro Cruz - ENEL
- Simone Botton - ENEL
- Andrea Malerba - ENEL

- David Mendiola – ENEL
- Teresa Seminario – ENEL
- Luis Maylle – ENEL
- Franklin Garay – ENEL
- Abel Caballero – ENEL
- Agustin Villaseca – ENEL
- Alejandro Rodriguez – ENEL
- Alessio Fasano – ENEL
- Alexandra Sotomayor – ENEL
- Angela Corso – ENEL
- Axel Sigui – ENEL
- Briggite Dávila – ENEL
- Carlos Quiroz – ENEL
- Carlos Solis – ENEL
- Carmen Saldaña – ENEL
- Catalina Cabrera – ENEL
- Cecilia Gavilán – ENEL
- Cecilia Gómez – ENEL
- Chiara Gasparrini – ENEL
- Claudia Pinto – ENEL
- Daniel Abramovich – ENEL
- David Falcón – ENEL
- Diana Jimenez – ENEL
- Edilberto Huaman – ENEL
- Emma Rojas – ENEL
- Nathalia Torres – ENEL
- Fiorella Pérez – ENEL
- Flavio Russo – ENEL
- Gisella Valencia – ENEL
- Guillermo Zavaleta – ENEL
- Hernán Valenzuela – ENEL
- Ian Tocas – ENEL
- Jorge Salgado – ENEL
- Jesús Loayza – ENEL

- Joanna Zegarra – ENEL
- Jorge Ponce – ENEL
- José Cristóbal – ENEL
- José Huamán – ENEL
- Julio Antúnez – ENEL
- Julio Luján – ENEL
- Julio Zavala – ENEL
- Karen Manrique – ENEL
- Leslie Gonzalez – ENEL
- Lincoln Morales – ENEL
- Luis Ortiz – ENEL
- Luis Sifuentes – ENEL
- María Chiquilani – ENEL
- Manuel Gómez – ENEL
- Marcela Pelaez – ENEL
- Maria Paz – ENEL
- Mariella Fulllone – ENEL
- Mariluz Arias – ENEL
- Maurino Punto – ENEL
- Miguel Meléndez – ENEL
- Mildred Cardenas – ENEL
- Monica Cataldo – ENEL
- Nathalia Torres – ENEL
- Niko Alarcón – ENEL
- Nina Goldenzweig – ENEL
- Pilar Matto – ENEL
- Renata Menesal – ENEL
- Ricardo Arias – ENEL
- Rigoberto Novoa – ENEL
- Rocío Mansilla – ENEL
- Rocío Pachas – ENEL
- Rodrigo Basurco – ENEL
- Rolando Garay – ENEL
- Sara Gonzáles – ENEL

- Sebastián Muñoz – ENEL
- Silvia Talavera – ENEL
- Susan Bilbao – ENEL
- Thiago Britto – ENEL
- Verónica Saenz – ENEL
- Walter Cabanillas – ENEL
- William Telles – ENEL

Buenos Aires, 29 de septiembre de 2022

Asunto: *Agradecimiento al Grupo Enel y equipo*

El presente informe y los estudios que lo facilitaron han sido promovidos en gran medida por Grupo Enel y equipo de trabajo. Su colaboración y participación activa ha sido fundamental para la confección del informe respecto de la transición hacia la descarbonización sostenible del modelo energético peruano.

Deloitte quiere agradecer de manera especial al Grupo por haber promovido y sustentado materialmente la iniciativa; además de contribuir con expertise y el Know How de iniciativas similares desarrolladas en otros países. También nos acompañó en la presentación de la misma a los stakeholders peruanos, favoreciendo la difusión dentro del sector, y generando una fuerte toma de conciencia.

Atentamente,



Cristian Serricchio

Socio – Financial Advisory

Foreword por el Country Manager del Grupo Enel en Perú

Enel Perú pone en sus manos la actualización del estudio “Hoja de Ruta para la Transición Energética para un Perú sin emisiones 2030-2050”, realizado por la consultora internacional Deloitte con la participación de diversas instituciones públicas y privadas del país, como una propuesta técnica para impulsar la necesaria transición hacia la descarbonización sostenible del modelo energético peruano.

Impulsamos esta iniciativa porque somos conscientes de que la transición energética no debe ser vista como un futuro posible, sino como nuestro único futuro de cara a la reducción del impacto negativo que las personas e industrias tenemos en nuestro medio ambiente. Ese es el camino a seguir para asegurar que nuestros hijos y los hijos de nuestros hijos, reciban un mundo que les permita crecer y desarrollarse en todo su potencial.

La actualización de este año 2022 se realiza considerando la importancia que a nivel global tiene la lucha contra el cambio climático y el compromiso asumido por los países en la última COP 26 de Glasgow, de adelantar la actualización de su NDC en el 2022. En ese sentido, la actualización de la Hoja de Ruta puede contribuir con este objetivo brindando una perspectiva adicional en las reflexiones y debates nacionales que se realicen en torno al tema y en preparación de la participación del país en la COP 27 que se realizará en noviembre de 2022 en Sharm El-Sheikh, Egipto. Igualmente, la actualización de la Hoja de Ruta puede contribuir a implementar diversas acciones que han sido establecidas en el Decreto Supremo N° 003-2022-MINAM, Decreto Supremo que declara de interés nacional la emergencia climática.

Esta propuesta abierta y colaborativa, en la que estuvieron involucradas más de 130 organizaciones, se llevó a cabo en tres talleres participativos y tres mesas de trabajo logrando una convocatoria total superior a 700 asistentes. La propuesta tiene como su valor más destacado una mirada integral de todos los aspectos necesarios para lograr un cambio sostenible y justo; entre ellos, la situación de la demanda energética presente y futura, la incorporación de tecnologías inteligentes y no convencionales, el desarrollo de la movilidad eléctrica, generación distribuida, hidrógeno verde, el análisis costo-beneficio para la economía del país y un análisis del impacto en el empleo que conllevará a la reconversión laboral y la creación de nuevas ofertas de trabajo. Todo ello, aterrizado con una propuesta de escenarios y metas concretas para este proceso.

Agradezco a todas las instituciones que participaron en este estudio que marca el camino a seguir para avanzar en la construcción del país que soñamos.

Marco Fragale

Country Manager del Grupo Enel en Perú

Resumen Ejecutivo

Los contenidos, análisis, conclusiones y recomendaciones descritos en este informe no tienen por qué reflejar la opinión de cada uno de los expertos participantes. Se han manifestado visiones y opiniones diversas y, en algunas ocasiones, contrapuestas, que han servido para enriquecer y contrastar los aspectos fundamentales cubiertos en el estudio.

La lucha contra el cambio climático

El Acuerdo de París, alcanzado en la XXI Conferencia de las Partes (COP21) de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, incluyó como objetivo el compromiso de contener el incremento de la temperatura media de la tierra "muy por debajo de los 2°C" con respecto al nivel preindustrial, y esforzarse para limitarlo en 1,5°C, así como alcanzar la neutralidad de emisiones entre 2050 y 2100.

Las partes alcanzaron un acuerdo para preparar, comunicar y mantener contribuciones nacionales en el futuro, poniendo en marcha medidas para la consecución del objetivo global planteado.

El modelo energético peruano al 2050

El cambio en las formas de producción y consumo de energía entre hoy y 2050 es imprescindible para la reducción de emisiones.

Perú emitió 205,29 millones de toneladas de dióxido de carbono equivalente (MtCO₂) equivalentes en el año 2016, de las cuales 56,70 millones provinieron de usos energéticos y los 148,59 millones restantes correspondieron a otros usos no energéticos.

El proceso de actualización de escenarios para la evaluación del modelo energético sostenible para Perú en 2050 requirió, necesariamente, de la elaboración de la línea de base para contrastar los resultados (en esta oportunidad, hemos considerado como año base al 2016, dada la última actualización del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero -INGEI-), y los impactos de las acciones y medidas de mitigación de cambio climático para el sistema en su conjunto.

A partir de esta premisa, se simuló el escenario tendencial o "Business As Usual" el cual mantiene el status quo del año 2016 (en lo referente a la matriz productiva, energética y las emisiones) hasta el 2030 e incluye medidas de mitigación a partir del mismo año siguiendo los lineamientos trazados por el gobierno de Perú en sus propias proyecciones, bajo la suposición de que un crecimiento promedio de la economía del 3% (a partir del 2025, previendo un efecto Covid-19) hasta el año 2050. Como resultado de la proyección se obtuvo que las emisiones de GEI totales alcanzarían un valor cercano a los 300 MtCO₂eq a 2030 y a 388 MtCO₂eq a 2050.

Por su parte, los escenarios Increased Ambition y Green Development, representan horizontes alternativos que permiten una reducción en términos de emisiones de gases de efecto invernadero del 51% y del 100% respectivamente, con respecto a la proyección realizada bajo el escenario BAU a 2050.

En el escenario **Increased Ambition** se aplican medidas de mitigación y cambios en la matriz energética maximizando el potencial en todos los sectores en base a lo propuesto por las contribuciones nacionales no condicionadas del gobierno, mientras que en el **Green Development**, se introducen políticas de mitigación y cambios en la matriz energética orientados a maximizar los beneficios de la descarbonización en un contexto de apoyo internacional. En este sentido, dada la multiplicidad de opciones de mitigación disponibles, y no menos importante, la interrelación entre las mismas, estas se dividieron en cuatro vectores de descarbonización que resultan necesarios para alcanzar metas más ambiciosas al año 2050. Estos son:

- **Cambiar a fuentes primarias de energía libres de emisiones, apuntando a una matriz eléctrica verde:** Para que la sustitución de fuentes primarias tenga un efecto duradero, es necesario que la electricidad se produzca a través de fuentes de energía renovables.
- **Fomentar la eficiencia energética y electrificación de los usos finales:** Existe un gran potencial de reducir emisiones desacoplando el crecimiento económico del consumo de energía. Las oportunidades para reducir la intensidad energética en la producción de bienes, el potencial de ahorro de energía en el consumo residencial y sector servicios, así como la eficientización de procesos de transformación que incrementen la energía utilizada y minimicen los desperdicios. A su vez, se espera un cambio a fuentes primarias de energía con menores emisiones a través del reemplazo del carbón y del petróleo con altos niveles de emisión por combustibles bajos en emisión, como la electricidad, los biocombustibles, hidrógeno verde y en menor medida el gas natural.
- **Desarrollo de infraestructura y digitalización:** La actualización de la infraestructura y la digitalización son la piedra angular para sostener la transición hacia un modelo de energía sostenible con bajas emisiones de carbono. El incremento de la demanda de electricidad debería llevar a un cambio de paradigma que permita pasar de un sistema tradicional a un sistema completamente flexible que se adapte al aumento de las energías renovables y la generación descentralizada.
- **Incentivar modos de producción sustentable:** En la industria y especialmente en la ganadería y agricultura se requiere adoptar modos de producción sustentables, que permitan reducir el nivel de emisiones.

Transición energética

El camino a recorrer en la transición deberá contar con una cuidada planificación que garantice el logro de ambiciosos objetivos ambientales, de modo que el esfuerzo conjunto que haga toda la sociedad, así como el importante volumen de inversiones, se plasmen de forma eficaz. En este sentido, el diseño y fomento de las transformaciones deberá realizarse sin poner en riesgo la actividad económica ni la seguridad del suministro energético y al mismo tiempo optimizar los costos e inversiones.

Esta transición deberá avanzar sobre las cuatro grandes palancas mencionadas en el título anterior:

- ✓ *Cambiar a fuentes primarias de energía libres de emisiones, apuntando a una matriz eléctrica verde*

El piso inicial para establecer el diseño de la matriz eléctrica libre de emisiones a futuro debe centrarse en fomentar el uso de fuentes renovables de energía para la producción de energía eléctrica. De cara al 2050 se espera que haya una fuerte penetración de generación de fuentes renovables, considerando la reducción de costos de las tecnologías y más aún si se incluyera el costo social de la emisión de carbono.

El Ministerio de Energía y Minas (MINEM) destacó que el Perú cuenta con una de las matrices más limpias de América Latina, puesto que un 50% proviene de fuentes de generación hidroeléctrica y un 5% de fuentes de energía renovables no convencionales (ERNC).

La capacidad instalada libre de emisiones proyectada para los escenarios Increased Ambition y Green Development alcanza el 83% y el 84%, respectivamente, logrando llevar el porcentaje de la generación en base a fuentes limpias al 87% y 100% en 2050.

A su vez, la complementariedad que permite la generación hidroeléctrica y eólica, más la expectativa de incorporar la energía solar con el agregado de baterías posibilitó apuntar a una penetración agresiva de fuentes renovables no convencionales (eólicas y solares). En el escenario **Increased Ambition**, a partir del año 2022, se instalan 7,1 GW de potencia eólica y 17,5 GW de potencia solar, llegando en 2050 a un total de 7,3 GW y 17,6 GW respectivamente. Mientras que en el escenario **Green Development** se instalan 7,3 GW de potencia eólica y 16,1 GW de potencia solar, llegando en 2050 a un total de 7,5 GW y 16,2 GW respectivamente.

La mayor penetración de energía renovable variable requiere administrar la gestión de los picos de demanda, a través de la gestión activa de la demanda, utilizando como respaldo la flexibilidad del gas y

aumentando la participación de tecnologías de almacenamiento. En particular las baterías y generación hidroeléctrica.

- ✓ *Fomentar la eficiencia energética y electrificación de los usos finales*

La evolución hacia una matriz energética más limpia en términos de emisiones involucra también la reducción de intensidad energética, que se logra a través de la mejora en eficiencia energética. Todos los sectores de actividad a nivel nacional deberían estar alineados para disminuir el consumo energético del país, y, por ende, las medidas correspondientes han de afectar a cada uno de estos.

La regulación legislativa es una excelente herramienta para lograr impactos fuertes en materia de consumo energético. La Ley de Promoción del Uso Eficiente de la Energía (Ley N° 27.345) declara de interés nacional la promoción del Uso Eficiente de la Energía (UEE) que permite asegurar el suministro de energía, proteger al consumidor, fomentar la competitividad de la economía peruana y reducir el impacto ambiental negativo del uso y del consumo de los energéticos. La misma declara de interés y prioridad nacional el uso racional y eficiente de la energía a través de la adecuación de los sistemas de producción, transporte, transformación, distribución, comercialización y consumo de la energía. Por su parte, el Decreto Supremo N° 003-2022-MINAM (publicado en el Diario Oficial El Peruano con fecha 25 de enero de 2022), que declara de interés nacional la emergencia climática en Perú, remarca en su artículo 3° la necesidad de promover programas y políticas sobre el uso eficiente de la energía en los sectores público, productivo, servicios, residencial y transporte, así como la implementación de programas para el cambio del uso de leña, bosta, carbón, entre otros combustibles contaminantes; por otras fuentes energéticas limpias para el uso doméstico.

En lo que respecta a electrificación, para el año 2050 sería necesario alcanzar un nivel del 34% sobre el consumo total de energía final en el escenario Increased Ambition, y del 42% en el Green Development. De la misma manera, el consumo de gas natural debería representar el 8% en el escenario **Increased Ambition** y el 7% en el **Green Development**, del total del consumo de energía final, frente a un nivel actual de gasificación del 10%. Esto representa una reducción del 0,4% y 1,3% anual en el consumo, como resultado del traspaso de tecnologías convencionales a tecnologías eléctricas.

- Electrificación de los sectores residencial, comercial y público

En el año 2016 (año base), el sector residencial, comercial y público, era responsable de la emisión de 3 MtCO₂ equivalentes (un 1,5% de las emisiones totales de Perú), explicado principalmente como consecuencia del consumo de energía para usos térmicos.

Para reducir sus emisiones, el consumo eléctrico en este sector necesitaría aumentar hasta situarse en el 38% (escenario Increased Ambition) y en el 42% (para el caso del escenario Green Development) del consumo energético total, y el consumo de gas tendría que situarse en torno a una participación porcentual del 8,4% bajo los supuestos del escenario **Increased Ambition** y al 8,1% en el escenario **Green Development**, como consecuencia de las políticas más agresivas en términos de electrificación y eficientización.

Para alcanzar esta penetración desde los valores actuales, el consumidor residencial y comercial, así como el Estado para sus edificios e instalaciones públicas, necesitarán invertir en nuevos equipos para usos térmicos, en cocinas eléctricas y en artefactos con un mayor nivel de eficiencia que pudieran aparecer en el mercado en años venideros. La adopción de una fuente de energía u otra vendrá derivada de la competitividad en costos de las distintas soluciones tecnológicas disponibles y de la reglamentación aplicable incluida la que incentive unas menores emisiones en estos consumos.

- Electrificación del sector agricultura

En los próximos 10 años se espera que se produzca una revolución tecnológica en la maquinaria agrícola a nivel global que provoque cambios de paradigmas productivos, comparables a los que produjo la irrupción del tractor diésel en las décadas del 50/60 del siglo pasado. Por ello, si bien en Perú el desarrollo de "robots" y/o maquinarias que utilizan baterías de recarga eléctrica o solar (ya disponibles en algunos países de Europa) aún se encuentra en etapa de diseño de prototipos, la construcción de los escenarios **Increased Ambition** y **Green Development**, contempla la irrupción de este tipo de tecnologías de forma paulatina para el período 2016-2050.

Se espera que la eficientización de maquinarias existentes y la introducción de nueva maquinaria agrícola que utilice la energía eléctrica como insumo, generen una reducción del 9% (escenario **Increased Ambition**) / 44%

(escenario **Green Development**) en las emisiones de gases de efecto invernadero respecto del escenario BAU al 2050.

- Sustitución de combustibles en el sector industrial

La implementación de medidas que tiendan a mejorar la eficiencia energética en la industria permitiría reducir costos sustanciales a las empresas, logrando una optimización del uso de la energía y al mismo tiempo contribuyendo a la lucha contra el cambio climático. El recambio tecnológico a equipos más eficientes también permitiría lograr avances significativos en materia de intensidad energética y emisiones. Específicamente en el caso peruano, el recambio de equipamiento altamente difundido en las plantas fabriles como motores eléctricos y calderas (antiguos, de uso intensivo y de baja eficiencia media), contribuirían ampliamente en este sentido.

La implementación de dichas medidas permitirá lograr una reducción de las emisiones totales – por consumo energético y procesos - del 29% y 70% para los escenarios Increased Ambition y Green Development al 2050, respectivamente. Al mismo tiempo se avanzará en una industrialización sustentable y reducirá la brecha existente en la intensidad energética de nuestro país con relación a los países industrializados.

El hidrógeno verde puede utilizarse como sustituto del carbón, el petróleo y el gas en una gran variedad de aplicaciones. En esta actualización de la Hoja de Ruta de Transición Energética, hemos incluido el uso del hidrógeno verde a largo plazo (período 2030-2050) como vector de descarbonización dentro del escenario **Green Development**. En este escenario, a 2050 se estima que aproximadamente el **11% del consumo energético del sector industrial estará sustentado en el hidrógeno verde.**

- Sector transporte

Las emisiones de GEI del sector transporte crecen, a nivel internacional, a la mayor tasa desde 1970.¹ Entre las razones se destaca el incremento de la motorización a medida que crece el PBI per cápita. Para mitigar las emisiones potenciales del sector, cinco líneas de acción son identificadas. En primer lugar, políticas tendientes a reducir la intensidad energética de los vehículos, y en conjunto con estas, medidas que tiendan a restringir la intensidad de carbón por combustible. Una mayor eficiencia, de todas maneras, será insuficiente, por lo que se requiere avanzar a modos de movilización libres de emisiones, como son los vehículos eléctricos y el cambio modal al tren, especialmente para el transporte de carga. Por último, en la presente actualización de la Hoja de Ruta de Transición Energética para Perú a 2050, se ha incorporado el **hidrógeno verde** con alguna participación sobre el consumo total de combustibles en el sector **ligado al transporte de carga pesada.**

El desarrollo del Vehículo Eléctrico a Batería (VEB) es la apuesta más importante para descarbonizar el sector transporte. En el escenario **Increased Ambition** se proyecta una penetración de la movilidad eléctrica del 5% para 2030 y 70% para 2050 del total del parque de vehículos privados a partir de su abaratamiento relativo. Por su parte, el escenario **Green Development** contempla un 11% de participación de mercado al 2030, alcanzado una participación del 86% al 2050.

En lo que respecta al sector de transporte de cargas, las medidas apuntan a promover la participación de los camiones eléctricos para el transporte de carga liviana y reducir el uso del diésel como combustible. Es por ello, sólo en el escenario **Green Development**, se contempla la introducción de este tipo de flota vehicular, alcanzando una participación del 10% sobre la flota total. Por su parte, en lo que refiere a transporte de carga pesadas, en el escenario **Green Development** se propone la introducción del hidrógeno verde como vector de descarbonización mediante el desplazamiento del Diesel como combustible, alcanzando un consumo total de 0,7 millones de TEP (toneladas equivalentes de petróleo) en 2050, lo cual representa un 8% del consumo energético del sector transporte.

Existen además oportunidades importantes para incrementar el uso del transporte público, o modificar conductas que promuevan el uso de la bicicleta, compartir el uso del vehículo o disminuir la necesidad de moverse, como puede ser el trabajo remoto. Se estima entonces para el 2050 una electrificación del 25% de los buses, en el escenario **Increased Ambition**, y del 58%, en el **Green Development**.

- ✓ *Desarrollo de la infraestructura y la digitalización*

¹ Fuente: IPCC - https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ipcc_wg3_ar5_chapter8.pdf

La red de transmisión de Perú está muy desarrollada en Lima y sus alrededores, mientras que otras regiones menos pobladas no están interconectadas y solo están conectadas por una sola línea al sistema.

La actualización de la infraestructura y la digitalización son la piedra angular para sostener la transición hacia un modelo de energía sostenible con bajas emisiones de carbono. El incremento de la demanda de electricidad debería llevar a un cambio de paradigma que permita pasar de un sistema tradicional a un sistema completamente flexible que se adapte al aumento de las energías renovables y la generación descentralizada.

Es por ello que la **Propuesta de actualización del Plan de Transmisión 2023-2032** elaborada por el Comité de Operación Económica del Sistema Interconectado Nacional (COES-SINAC) **incluye una serie de proyectos que permitirán impulsar el crecimiento de las energías renovables.**

La transmisión en el Perú se realiza a través del Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN) y los Sistemas Aislados existentes a lo largo del territorio nacional. Perú tiene una gran parte de su territorio interconectado con líneas de alta tensión, no obstante, aún quedan poblaciones sin interconectar debido a factores tales como la distancia, el estado del territorio, los bajos consumos y los costos, entre otros.

Para lograr los objetivos de electrificación a 2050, es necesario un esfuerzo adicional ya que se requerirá expandir en un total de entre 26.249 km y 32.225 km de líneas de transporte eléctrico, que permitirán despachar entre 26 y 27,7 GW de potencia adicional para la descarbonización de Perú.

Las nuevas infraestructuras de red en transporte y distribución son claves para impulsar el crecimiento de las energías renovables. En el horizonte 2030, se requerirán nuevas inversiones en las redes eléctricas tanto para permitir el acceso a sitios de alto potencial renovable, y para perseguir una red más interconectada que permita aumentar la confiabilidad del sistema.

Una red eléctrica moderna traerá diversos beneficios para la población y la economía del país. La digitalización de la red permitirá a los clientes de servicios públicos administrar y reducir mejor los costos de electricidad, cortes de energía más cortos y menos frecuentes, mejoras en las condiciones de trabajo y seguridad pública. Al mismo tiempo, reforzará el sistema eléctrico, aumentando así la confiabilidad y la capacidad de recuperación del servicio incluso en el caso de condiciones climáticas severas.

El despliegue masivo de medidores inteligentes proporcionará un retorno positivo tanto para el sistema como para los clientes. Los beneficios incluyen la eficiencia energética y la oportunidad para que los usuarios gestionen su demanda de manera activa y cambien los hábitos y renueven la tecnología, lo que brinda una mejor eficiencia.

✓ *Incentivar modos de producción sustentable (sector no energético)*

El sector no energético tiene una participación del 72% (148,60 MtCO₂eq.) sobre el total de emisiones en el año base. Explicado principalmente por los sectores ganadería y uso de los suelos (AFOLU).

Dentro del sector ganadería las medidas de mitigación tienen que ver con la optimización en el manejo de ganado a partir de mejoras en la calidad de los alimentos y suplementos dietarios, campañas de vacunación para el ganado con el objetivo de la reducción de emisiones de gas metano e implementación de prácticas de pastoreo rotativo (de corta duración y alta densidad) que permita una mejor regeneración de pastizales que sirvan como sumideros de carbono.

Por su parte, para el sector uso de los suelos, las medidas están asociadas con la reducción de la tasa de forestación conforme pasan los años, el proceso de reforestación y agroforestería, la mejora en los pastizales e implementación de mejores prácticas en los usos de las tierras para el cultivo.

En los sectores de desechos y procesos industriales las medidas de mitigación impuestas promueven la generación de energía eléctrica a partir de residuos y mejora en el tratamiento de las aguas residuales, un cambio de conducta hacia la reutilización, la reducción y el reciclaje.

En conjunto con lo arribado para el sector no energético las medidas contempladas para la elaboración de los escenarios **Increased Ambition** y **Green Development**, permiten proyectar una reducción del 65 y 111% respectivamente en términos de emisiones de gases de efecto invernadero con respecto al escenario BAU al 2050.

Impactos Económicos de la Descarbonización

A fin de alcanzar la carbono-neutralidad al 2050 se necesitará una inversión total de USD 100,6 mil millones abarcando todos los sectores económicos, especialmente en la transformación de la matriz eléctrica, sector transporte e incluyendo los cambios modales. De esta inversión total, el 37% podrían financiarse mediante mecanismos de Carbon Pricing, con lo cual, las inversiones netas pasarían a ser de un total de USD 37,6 mil millones.

Trazando un paralelismo con el escenario menos ambicioso (Increased Ambition), en el cual la inversión total alcanza los USD 49 mil millones, a valor presente neto (de los cuales, un 51% se podría financiar mediante mecanismos de Carbon Pricing), tenemos que para lograr la carbono-neutralidad a 2050, se requiere una inversión neta adicional de USD 39,2 mil millones a valor presente neto. No obstante, el estudio concluye que el proceso de descarbonización en el país generará un beneficio neto acumulado a valor presente de USD 128.300 millones el escenario Green Development al 2050, muy por encima de los USD 82.200 millones que permitirían alcanzar las medidas contempladas en el escenario Increased Ambition.

Esta transición permitirá un incremento neto del PBI en un 2,3%, al que, si le incorporamos la estimación de daños climáticos evitados, puede alcanzar el 4,2% al 2050.

Por su parte, la hoja de ruta de transición energética contempla lo establecido en el Acuerdo de París en materia de reconocimiento de la necesidad de una transición justa, la cual apunta a aumentar la prosperidad y puede ser un motor clave en la creación de empleo. Implica tanto al Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) N°8 de la ONU que busca promover el crecimiento económico inclusivo y sostenible, el empleo el trabajo decente para todos, como al ODS N°13 centrado en adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos.

El estudio arroja que, mediante la implementación de mejores prácticas impuestas a nivel global, se podrían crear 933.300 puestos de trabajo netos en el país al 2050.

Recomendaciones

Tanto en la administración pública, como en el sector privado peruano, se necesitan emprender acciones decididas para liderar el cambio de modelo energético. La lucha contra el cambio climático requiere cambiar patrones y modos de consumo, utilizar masivamente energías renovables y hacer enormes esfuerzos en eficiencia energética. Todo ello requiere movilizar a los distintos actores para facilitar las necesarias inversiones en generación, en infraestructuras, en Investigación, Desarrollo e Innovación (I+D+i), en nuevas formas de edificación, y en los usos finales de la energía. Este cambio requerirá la implicación y concientización de la sociedad en su conjunto.

Para ello, se vuelve necesario que se instrumenten una serie de políticas que incentiven los cambios estructurales y establezcan nuevos marcos legales y regulatorios. Una intensa coordinación de la planificación y ejecución de acciones entre las diferentes instituciones públicas será esencial para la toma racional y eficiente de decisiones por parte de las empresas y los consumidores finales.

Para poder realizar una transición paulatina y competitiva, pero que debe ser decidida y con un compromiso de cambiar las estructuras de nuestro modelo energético, se propone un conjunto de recomendaciones para el desarrollo de una política de descarbonización que dé la necesaria importancia a la seguridad y competitividad del modelo energético.

“Se propone determinar objetivos vinculantes de descarbonización de cara a 2030 y a 2050”

- **Recomendaciones para la generación eléctrica a partir de una matriz verde**

Recomendación 1: Acelerar la Transición Energética a una matriz de generación eléctrica libre de emisiones.

Recomendación 2: Impulsar el desarrollo de técnicas de almacenamiento de energía como soporte del desarrollo de las energías renovables, la mejora de la calidad de servicio y reducción de costos.

Recomendación 3: Impulsar marco regulatorio para las técnicas de Gestión de Demanda (Respuesta de Demanda o Demand Response) y otros programas relacionados actualizando los valores de remuneración de estos servicios.

Recomendación 4: Propender a la integración energética con los países limítrofes.

Recomendación 5: Desarrollar una regulación que incentive las inversiones necesarias en las redes y permita su desarrollo en forma oportuna.

Recomendación 6: Potenciar los beneficios de la energía distribuida logrando la instrumentación completa de los beneficios de la ley de promoción de la energía distribuida, la adhesión de todas las regiones y una normalización de los precios de energía.

- **Recomendaciones sobre eficiencia energética y descarbonización de usos finales a través de la electrificación**

Recomendación 7: Establecer a la Eficiencia Energética como política de Estado, para lo cual se promueve la sanción de una Ley de Eficiencia Energética integral.

Recomendación 8: Promover la reducción de emisiones de los sectores residencial, industrial y comercial.

Recomendación 9: Promover la reducción de emisiones del sector público.

Recomendación 10: Fomentar la movilidad sostenible en el transporte ligero.

- **Recomendaciones sobre cambios estructurales a realizar en términos de infraestructura de redes y digitalización.**

Recomendación 11: Acelerar la implementación de medidores inteligentes acompañado de un plan de comunicación por parte del gobierno sobre los beneficios de la tecnología.

Recomendación 12: Digitalizar la matriz eléctrica reconociendo el rol que cumple en la transición energética.

Recomendación 13: Diseñar una estructura tarifaria que represente precios adecuados para impulsar una respuesta activa por parte de la demanda Acelerar la implementación de medidores Smart.

Recomendación 14: Buscar la integración entre distribuidores y transportadores de energía para optimizar el manejo de la matriz.

- **Recomendaciones sobre instrumentos económicos y políticas de Carbon Pricing**

Recomendación 15: Introducir una regulación específica para desarrollar una señal de precio efectiva del coste de las emisiones.

- **Recomendaciones sobre sectores no energéticos**

Recomendación 16: Promover la reducción de emisiones del sector agricultura.

Recomendación 17: Promover la reducción de emisiones de los sectores ganadería, silvicultura, y en lo que respecta a otros usos de los suelos.

Recomendación 18: Promover la reducción de emisiones del sector residuos y promover la economía circular en todos los sectores como acelerador transversal.

- **Recomendaciones sobre H2 verde y transición justa**

Recomendación 19: Avanzar en la promoción del desarrollo de hidrógeno verde para acelerar la transición energética.

1. La lucha contra el cambio climático

1.1. La reducción de emisiones es un reto global

Análisis del contexto

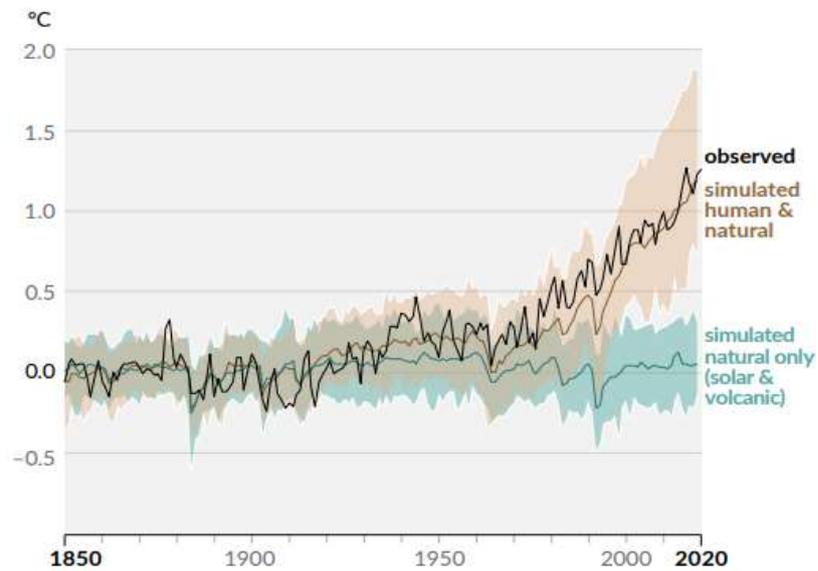
En el 2015 y en anticipación a las negociaciones multilaterales que se iban a desarrollar, el Panel Intergubernamental en Cambio Climático afirmaba que la influencia humana en el sistema climático es clara, y las emisiones antropogénicas recientes de Gases de Efecto Invernadero (GEI) son las más altas de la historia. Las concentraciones en la atmósfera de dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) y óxidos de nitrógeno (NO_x) no tienen precedente, siendo la causa dominante del aceleramiento del calentamiento global desde 1950.

Las consecuencias de esta conclusión son variadas: además del calentamiento de la atmósfera y el océano, disminuyeron los volúmenes de nieve y hielo, se elevó el nivel del mar, y se incrementaron y generalizaron las olas de calor extremo y el número de precipitaciones intensas, aumentando el número de sequías, inundaciones, ciclones, e incendios forestales. La sucesión de fenómenos climáticos extremos demuestra la vulnerabilidad humana a las consecuencias del cambio climático. En ausencia de una acción global y urgente, los efectos futuros tendrán impactos graves, generalizados e irreversibles para las personas y los ecosistemas a nivel global, siendo necesario reducir de forma sustancial las emisiones de GEI para limitar el daño del cambio climático.

“Por encima del calentamiento de 2°C, existe un alto riesgo de cambios climáticos irreversibles”

Reducir las emisiones solo es posible si existe un cambio de los patrones de consumo de energía, así como de las técnicas de producción en general, y específicamente, de forma sustentable cuando involucre el uso del suelo. Esto implica reducir la utilización de combustibles fósiles como el carbón, los derivados del petróleo y el gas natural - las principales fuentes de energía actuales- al resultar ser el primer causante de las emisiones de GEI. Cambiar los modos de producción y consumo de energía es el primer paso. También se debe trabajar sobre las emisiones de ciertos procesos industriales como la producción de cemento o la emisión de metano en la cadena de valor del gas natural, y procesos naturales asociados a la silvicultura y los otros usos del suelo.

Figura 1: Cambio en la temperatura de la superficie global (promedio anual) según lo observado y simulado utilizando factores humanos y naturales y solo naturales



Fuente: IPCC, 2022: *Cambio climático 2022: Summary for policymakers*

Los efectos del cambio climático dependen de las emisiones acumuladas de GEI. La comunidad científica estima que el límite de emisiones acumuladas en la atmósfera a partir del cual existe un elevado riesgo de cambios climáticos irreversible es de 3 GtCO₂² equivalente, habiéndose emitido aproximadamente dos terceras partes de este límite. Este valor es compatible con un calentamiento global por debajo de los 2°C sobre las temperaturas preindustriales. Solo si se recortan drásticamente las emisiones de GEI durante los próximos decenios, a valores inferiores a 530 GtCO₂ equivalentes anuales, se pueden reducir notablemente los riesgos que entraña el cambio climático al limitarse el calentamiento en la segunda mitad del siglo XXI.

² IPCC, 2014: *Cambio climático 2014: Informe de síntesis*

Para lograr este objetivo, el Acuerdo de París proporciona un marco internacional sin precedentes para la acción climática al vincular esferas políticas, económicas, financieras y sociales. De esta manera, se define una nueva dinámica basada en:

- *Gobernanza multilateral*, que evalúa el progreso y monitorea el logro de la meta a largo plazo a través de un sistema sólido de transparencia y responsabilidad de los Estados.
- *Contribuciones nacionales determinadas* (NDC, por sus siglas en inglés) de los estados que especifican sus objetivos climáticos
- *La acción climática* de actores públicos y privados no estatales.

Finalmente, el Acuerdo proporciona un mecanismo clave: evaluaciones del progreso (a la acumulación global) cada cinco años para garantizar que los países que han ratificado el Acuerdo conviertan su compromiso en acción.

La Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático de 2022, más comúnmente conocida como COP27, será la 27ª conferencia de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, que se llevará a cabo del 6 al 18 de noviembre de 2022 en Sharm El Sheikh, Egipto.

La próxima cumbre COP27 será una oportunidad para intercambiar ideas y visiones y trabajar arduamente para llegar a decisiones justas, equilibradas e integrales para acelerar la adopción de medidas reales. Acelerar el ritmo de la transición energética de aquí a 2030 y negociar un acuerdo de reparaciones para los países en vías de desarrollo son los grandes desafíos que se pondrán a consideración en la conferencia.

Para garantizar el éxito, se busca que todos los países se comprometan a alcanzar las emisiones netas cero lo antes posible, y a realizar nuevos recortes significativos para 2030, aprovechando la innovación y el compromiso de todos -ciudadanos, inversores, empresas, países, ciudades y regiones³.

El papel central del financiamiento en el Acuerdo de París

El financiamiento ha sido esencial con miras a lograr el consenso necesario para poder adoptar el Acuerdo de París, pues los países en desarrollo han entendido que es preciso asegurar la provisión de recursos financieros que estén en línea con sus necesidades, lo que constituye la contraparte imprescindible de los esfuerzos –en particular de mitigación– que deban realizar. Además, la inclusión de una meta referida al financiamiento echa luz sobre la significación que el financiamiento climático adquiere en cuanto a la viabilidad política del Acuerdo, y la importancia crucial que habrá de tener en su efectiva implementación. **Más aún, el Acuerdo reconoce formalmente la importancia del financiamiento en la implementación de las acciones de mitigación y adaptación.**

En materia de financiamiento climático el Acuerdo, pues, encuadra explícitamente las obligaciones de los países en materia climática e incluye para eso tres elementos clave:

- Aspecto institucional: el Fondo Verde para el Clima (GCF, por sus siglas en inglés) y el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF, por sus siglas en inglés), entidades encargadas del funcionamiento del Mecanismo Financiero de la Convención, servirán también como mecanismo financiero del Acuerdo. Estas instituciones tendrán entonces la responsabilidad de asignar los recursos financieros incrementales que se canalicen para el financiamiento climático a partir de la entrada en vigor del Acuerdo.
- Financiamiento público: el financiamiento público tiene un rol crítico, en especial en las acciones destinadas a la mejora de la resiliencia y la adaptación, y también en tanto permite apalancar y movilizar recursos de otras fuentes, en particular fondos del sector privado. Por tanto, es importante que el Acuerdo haya dejado establecido que en el suministro de un mayor nivel de recursos financieros se debería buscar un equilibrio entre la adaptación y la mitigación, y que las Partes que son países desarrollados deberán comunicar bienalmente los niveles proyectados de recursos financieros públicos que se suministrarán a las Partes que son países en desarrollo, cuando se conozcan, asegurando, de esta manera, una mayor predictibilidad de los recursos financieros que se hagan disponibles.

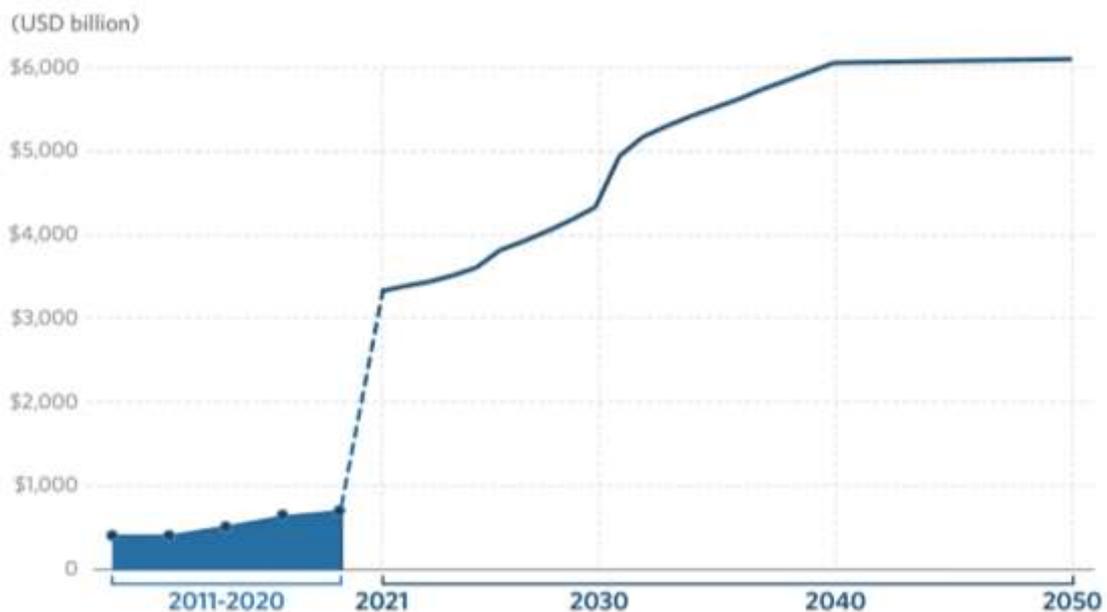
³COP27: <https://cop27.eg/#/>

- **Metas colectivas de financiamiento:** en las decisiones se emite una señal muy fuerte en esta materia, pues allí se indica la necesidad de expandir el apoyo financiero para asegurar la transición hacia economías bajas en carbono y resilientes al clima. Además, la Conferencia de las Partes podrá establecer en el futuro metas de contribuciones financieras para las Partes, en particular para los países desarrollados, una atribución a la que estos en general se habían opuesto.

Perspectiva actual en materia de financiamiento

A nivel global, el financiamiento climático total ha aumentado constantemente durante la última década, alcanzando los 632.000 millones de dólares en 2019/2020, pero los flujos se han ralentizado en los últimos años. Esta es una tendencia preocupante dado que, para alcanzar las metas de corto/mediano plazo (2030), se requiere un incremento de al menos el 590% en financiamiento climático anual, mientras que para las metas de largo plazo (2050) que refieren al cumplimiento del objetivo de carbono-neutralidad, la brecha entre el financiamiento anual actual y requerido se amplía al 850%.

Figura 3: Brechas de financiamiento climático⁴



Acuerdo de París: compromiso asumido por los países

Las conclusiones de la comunidad científica fueron el fundamento principal para que, en 2015, 196 países firmaran el Acuerdo de París⁵ en la Conferencia de las Partes (COP21) de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Estos asumieron el compromiso de coordinar los esfuerzos para traducir en acción las recomendaciones científicas de limitar las emisiones, conteniendo el incremento de la temperatura de la tierra "muy por debajo de los 2°C" con respecto al nivel preindustrial, y esforzarse para limitarlo en 1,5°C, así como alcanzar la neutralidad de emisiones entre 2050 y 2100.

⁴ <https://www.climatepolicyinitiative.org/wp-content/uploads/2021/10/Full-report-Global-Landscape-of-Climate-Finance-2021.pdf>

⁵ https://unfccc.int/sites/default/files/spanish_paris_agreement.pdf

Pese a que no es jurídicamente vinculante, las partes alcanzaron un acuerdo para preparar, comunicar y mantener contribuciones nacionales en el futuro, poniendo en marcha medidas para la consecución del objetivo global planteado. Estas contribuciones previstas y determinadas a nivel nacional deben ser revisadas con objetivos más ambiciosos cada cinco años, independientemente de sus respectivos plazos de aplicación. A su vez, de acuerdo con el artículo 4, párrafo 19, se invita a los países parte a formular y comunicar para ese año una estrategia de desarrollo a largo plazo con bajos niveles de emisiones de GEI. Esta invitación responde a que las comunicaciones previstas y determinadas a nivel nacional son insuficientes para cumplir el objetivo del acuerdo, como lo muestra el último informe de brecha de emisiones a 2021⁶ emitido por las Naciones Unidas.

“Compromiso para contener el incremento de la temperatura de la tierra “muy por debajo” de los 2°C con respecto al nivel preindustrial”

Existe una brecha de 15 GtCO₂eq. entre los niveles de emisión bajo la aplicación de las NDC condicionales y los coherentes con las vías de menor coste para alcanzar el objetivo de 2°C en 2030. Si sólo se aplican las NDC incondicionales la diferencia aumenta a 13 GtCO₂eq. La brecha para alcanzar el objetivo de 1,5°C es de 28 GtCO₂eq. La conclusión es que para cerrar la brecha a 2030 y alcanzar los objetivos a largo plazo de los países a ser discutido en el 2022 se requiere acelerar las acciones de corto plazo y ser más ambiciosos en los objetivos a largo plazo de los países.⁷

Uno de los principales beneficios de adoptar una economía verde es su potencial para aliviar el impacto ambiental causado por la contaminación; un beneficio de alcance global y local. A escala mundial, puede contribuir a la lucha contra el calentamiento global, la desertificación y la pérdida de biodiversidad. A nivel local y regional, la transición a una economía verde puede conducir a mejoras significativas en la calidad del aire, el agua y el suelo.

Además de los aspectos ambientales ya mencionados, una economía verde también tiene un gran potencial para conducir al crecimiento económico. En dicha transición, se crean nuevos mercados en áreas como la de los biocombustibles y las fuentes de energía renovables. Y los nuevos mercados traen ventajas internacionales con el potencial de ser financiadas completamente a través de las exportaciones, o un aumento en la actividad comercial nacional alimentada por regulaciones ambientales cada vez más estrictas.

Los países emergentes en particular pueden beneficiarse de un cambio hacia una economía verde, ya que puede brindar la oportunidad de crear más ventajas económicas y sociales. Por ejemplo, al invertir en fuentes de energía alternativas, se puede mejorar el acceso a los servicios de energía y la infraestructura puede ser más eficiente. Esto también puede conducir a la disminución de la importación de energía y potencialmente a ahorrar dinero. También puede mejorar la eficiencia de los recursos ya que la producción agrícola se hará más limpia y, como consecuencia de nuevas técnicas agrícolas sostenibles, se mejorará la seguridad alimentaria. Además, las nuevas tecnologías que surgen como resultado de una economía verde ayudarán a proteger y mejorar la producción agrícola.

Invertir en una economía verde y en fuentes de energía renovables no solo conducirá a la creación de nuevos empleos⁸ sino también a beneficios en materia de población y salud ambiental, al tiempo que mejorará la seguridad energética a largo plazo.

1.2. Emisiones de GEI en Perú en 2016

En conformidad con las Directrices del IPCC, la elaboración del INGEI 2016 ha implicado la actualización de las estimaciones previas de los años 2000, 2005, 2010, 2012 Y 2014, de tal modo que las mejoras metodológicas son aplicadas a toda la serie temporal haciendo que los resultados anuales sean comparables entre sí.

⁶ <https://www.unep.org/es/resources/emissions-gap-report-2021>

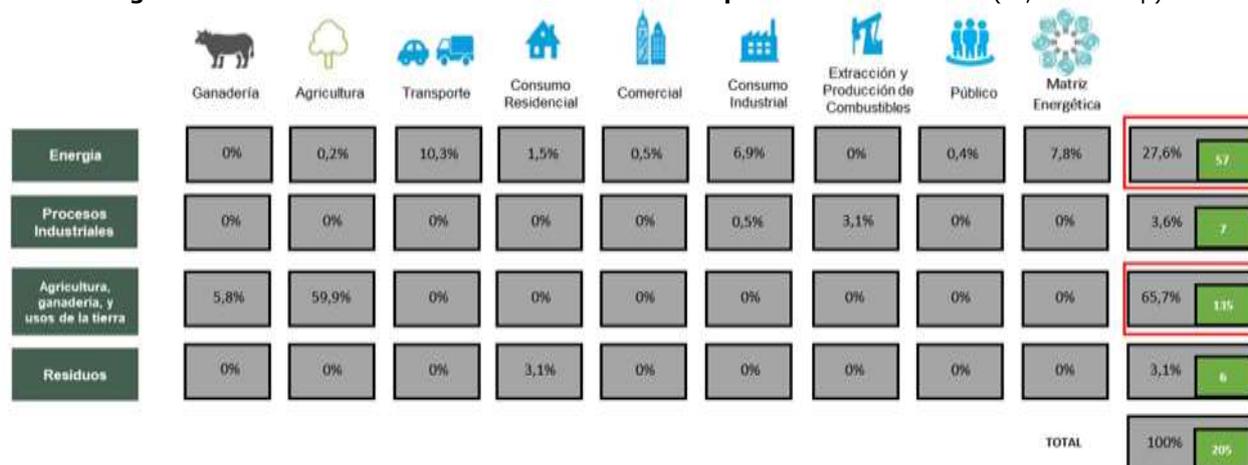
⁷ https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/36991/EGR21_ESSP.pdf

⁸ Fuente: Renewable Energy and Jobs Annual Review 2021 - IRENA

El último inventario de emisiones de GEI realizado en Perú se estimó de acuerdo a las Directrices del IPCC de 2006 para el año 2016 y arrojó un resultado total de 205 MtCO₂eq.⁹ las cuales están compuestas en un 80,4% por emisiones de CO₂, 13,3% de CH₄ y 6,3% de N₂O. No se han estimado las emisiones de HFC, PFC, SF₆, CO, NO_x, COVDM ni SO_x debido a la falta de información.

Al analizar las emisiones según el sector, se observa que los sectores energía, agricultura, ganadería, silvicultura y otros usos de los suelos constituyen casi el 93% de las emisiones de GEI totales. Las emisiones derivadas de los usos energéticos aportaron el 27,6% del total, concentrándose principalmente en la combustión de combustibles utilizados en el transporte, en la matriz de generación eléctrica, en las industrias y en los hogares, en ese orden. La agricultura, ganadería, silvicultura y otros usos de los suelos (AFOLU por sus siglas en inglés) alcanzaron el 65,7% de las emisiones totales, siendo las emisiones derivadas de la fermentación entérica del ganado la principal causa de las emisiones de esta categoría, seguida de las emisiones indirectas generadas por la gestión de los distintos usos del suelo, los pastizales y las tierras cultivadas. Por último, el 6,7% restante se compone de las emisiones que surgen de los propios procesos productivos de la industria y los materiales que ésta utiliza, más la gestión de los residuos.

Figura 4: Inventario de emisiones GEI distribuidas por sector - año 2016 (% , MtCO₂ eq.)



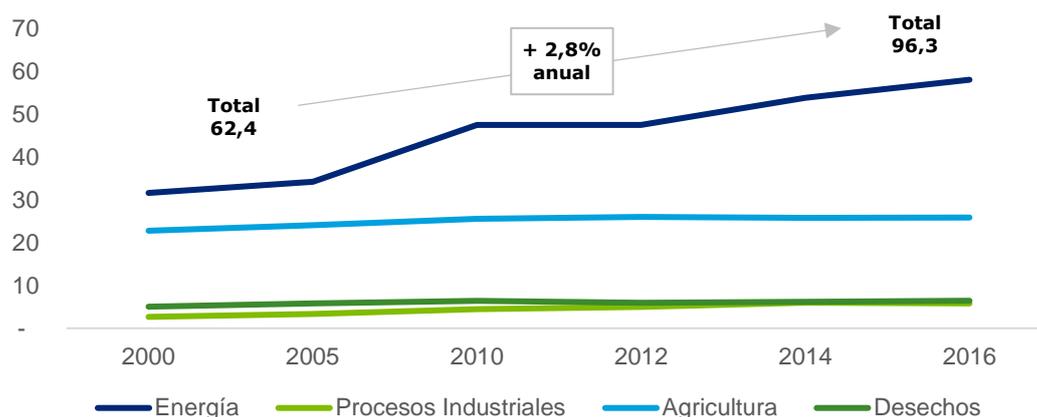
Fuente: análisis Deloitte en base a INGEI 2016 Perú

El comportamiento histórico de las emisiones desde el año 2000 muestra una tendencia creciente en el tiempo, con un aumento de 34,1 MtCO₂eq entre puntas¹⁰ (sin tener en cuenta el sector USCUS ya que al momento de la elaboración de INGEI 2016 no se contó con los mapas de uso y cambio de uso de la tierra que abarquen los años mencionados), sustentado en un incremento sostenido de las emisiones provenientes del sector energético, procesos industriales y residuos. En total, las emisiones crecieron a una tasa anual del 2,8%, pero las que más contribuyeron a este aumento fueron las correspondientes al sector Procesos Industriales, que lo hicieron a una tasa anual del 5%, seguido de Energía (+3,9%), Desechos (+1,5%) y Agricultura (+0,8%).

⁹ Ver Figura 3

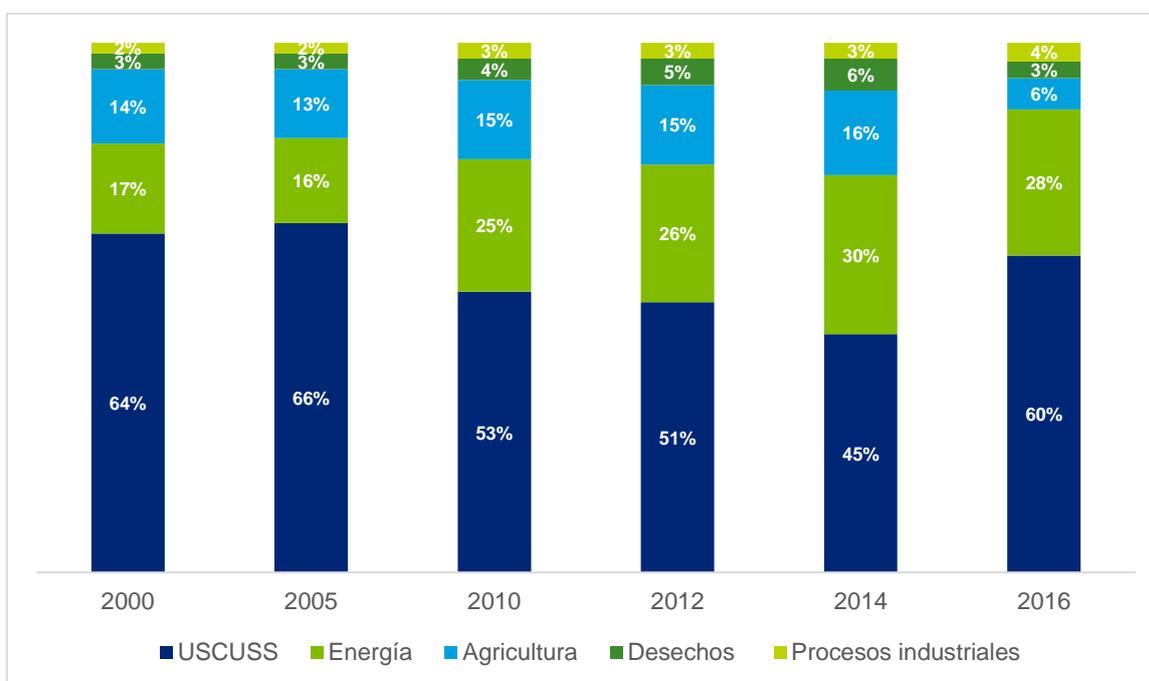
¹⁰Ver Figura 4.1

Figura 4.1: Evolución de emisiones GEI por sector - años 2000-2016 – sin USCUSS (% , MtCO2 eq.)



Fuente: análisis Deloitte

Figura 4.2: Evolución de emisiones GEI por sector - años 2000-2016 (% , MtCO2 eq.)



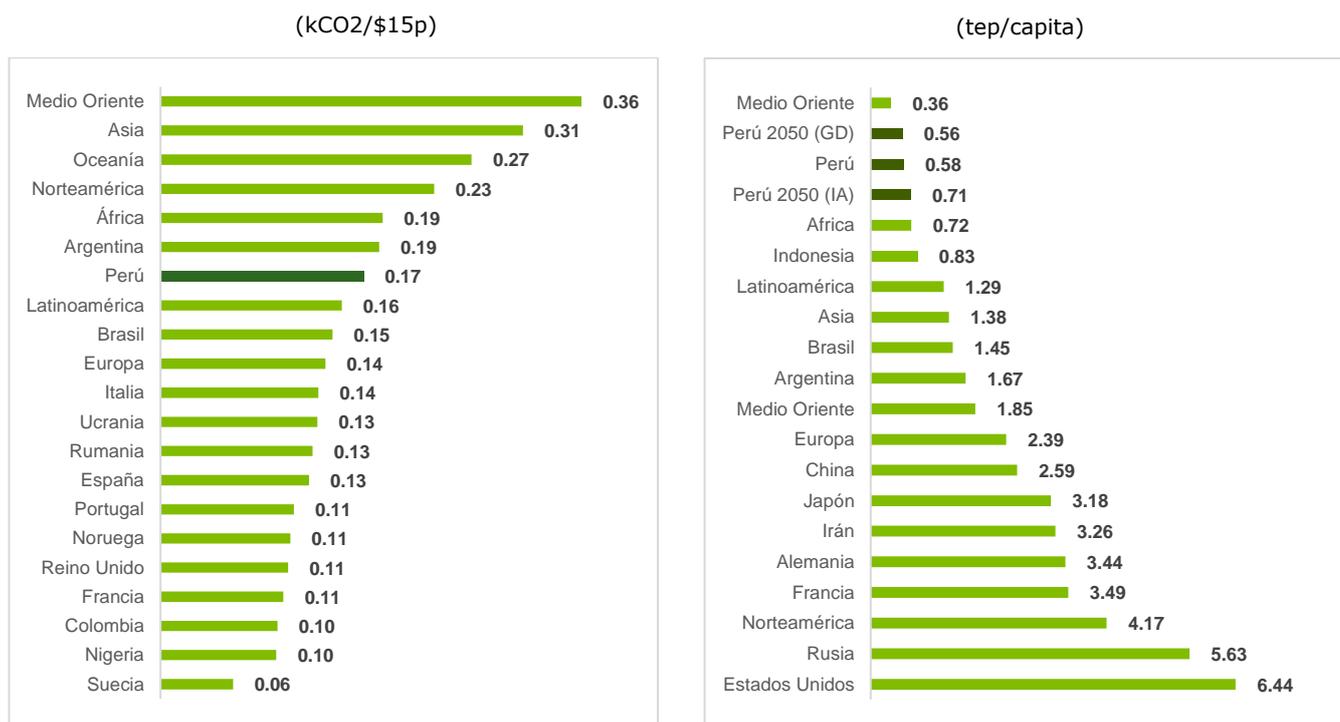
Fuente: análisis Deloitte

A través de un benchmark de la intensidad energética de Perú con relación a otros países, se observa que la intensidad energética de Perú medida en términos per cápita es de las menores a nivel global¹¹.

Ello se ve reflejado en el indicador "TEP/capita" para el año 2021, que alcanza los 0,58 tep por habitante en Perú. Se observa, además con respecto a las emisiones necesarias para producir una unidad de PBI, Perú se encuentra un 6% por encima del promedio de Latinoamérica, pero aún por debajo del promedio global.

¹¹ Ver Figura 5

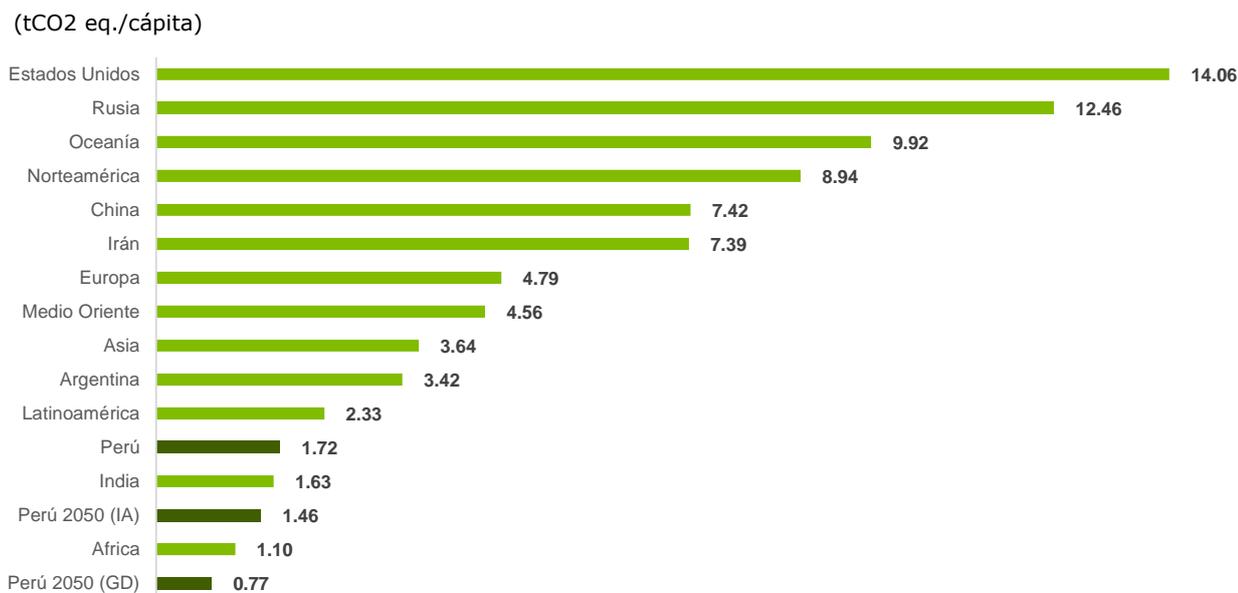
Figura 5: Emisiones requeridas por unidad de PBI e intensidad per cápita - año 2021



Fuente: análisis Deloitte en base a ENERDATA 2021

De forma análoga, a través de un benchmark de la intensidad de las emisiones de CO2 derivadas de la combustión de combustibles se observa que la intensidad de las emisiones de CO2 en Perú – considerando el tamaño de la población - es un 26% inferior en relación al promedio de países de Latinoamérica¹². Vale aclarar que esta afirmación sólo califica para las emisiones derivadas de la combustión de combustibles, es decir, las que corresponden al sector energético y no sobre el total de las emisiones, que no se contrastan por falta de datos homogéneos para la comparación.

Figura 6: Indicadores de intensidad de las emisiones de CO2 proveniente de la quema de combustibles - año 2021



Fuente: análisis Deloitte en base a ENERDATA 2021

¹² Ver Figura 6

1.3. Contribuciones nacionales en la lucha contra el cambio climático

Contribuciones asumidas por Perú – NDC

El Perú presentó su Contribución Prevista y Determinada a Nivel Nacional (iNDC, por sus siglas en inglés) en septiembre del año 2015 en la Cumbre de las Naciones Unidas sobre Desarrollo Sostenible. El 22 de julio de 2016, el Perú ratificó el Acuerdo de París y de acuerdo con las decisiones adoptadas y asociadas a dicho acuerdo, reafirmando y validando el compromiso asumido en las iNDC, convirtiéndose ahora en las Contribuciones Nacionalmente Determinadas (NDC, por sus siglas en inglés) del Perú. Por último, con fecha 16 de diciembre de 2020, la Comisión de Alto Nivel de Cambio Climático aprobó la actualización de las Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional del Perú (NDC), llevando el objetivo original de 30% de reducción de emisiones a 2030 al 40% de reducción (lo cual significó un aumento en la ambición del gobierno peruano en su lucha contra el cambio climático).

La meta de mitigación de las NDC ha sido calculada a partir de una proyección BAU de las emisiones de GEI considerando como año base el Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero del año 2010.

El escenario "incondicional" planteado por el gobierno nacional para 2030 propone disminuciones de la emisión de GEI en un 30% (89,5,0 MtCO₂eq.) considerando un escenario Business as Usual (BAU) de incremento de emisiones. Dicho objetivo se plantea con mayor agresividad en el escenario "condicional", el cual propone reducciones del 40% (119,3 MtCO₂eq.) condicionadas al apoyo internacional externo. Para este cálculo, el país ha utilizado el INGEI del año 2010, actualizado en julio del 2015. Es decir, emisiones de GEI de un total de 170,6 MtCO₂eq. para el 2010 y de 298,3 MtCO₂eq. para el año 2030¹³.

Se plantean tres escenarios:

- Escenario BAU: un escenario tendencial en el que no se logra la carbono neutralidad.
- Escenario de 1.5°C: escenario más ambicioso que alcanza la carbono neutralidad en el 2050.
- Escenario de 2°C: escenario que logra la descarbonización en el 2070.

Los escenarios que logran la carbono neutralidad parten de un total de 179 MtCO₂eq. en 2030.

Estrategias nacionales para la lucha contra el cambio climático

Perú ha realizado la publicación de normativa y documentos de planificación que definen la agenda para la gestión del cambio climático en el país. Los de mayor relevancia para el caso específico de la gestión del cambio climático son: El Acuerdo Nacional, el Plan Estratégico de Desarrollo Nacional al 2021, el Marco Macroeconómico Multianual, la Política Nacional del Ambiente, el Plan Nacional de Acción Ambiental 2010-2021, la Comisión Nacional sobre Cambio Climático y la Estrategia Nacional (y Regionales) ante el Cambio Climático, las Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional del Perú – Reporte de Actualización período 2021-2030 y el Decreto Supremo 003-2022-MINAM.

El Acuerdo Nacional establece en sus políticas los compromisos del Estado en materia de reducción de la pobreza, desarrollo sostenible y gestión ambiental. Mientras que **el Plan Estratégico de Desarrollo Nacional al 2021** es el primer plan estratégico de desarrollo nacional que reafirma la necesidad de considerar el cambio climático como una variable importante en todos los instrumentos de planificación del desarrollo y de gestión en los diferentes niveles de gobierno. De la misma manera, el **Marco Macroeconómico Multianual** incluye la variable climática como condicionante del desarrollo económico y, por tanto, incluye la variable climática como condicionante del desarrollo económico y, por tanto, incluye la variable climática como condicionante del desarrollo económico y, por tanto, debe ser considerado en las proyecciones macroeconómicas del país.

La **Política Nacional del Ambiente** fue el primer instrumento de planificación general en materia ambiental establecido por el MINAM que señala lineamientos de política con el objetivo de asegurar la viabilidad ambiental de las actividades productivas y mejorar la calidad de vida de las personas, garantizando la existencia de

¹³ Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional del Perú – Reporte de Actualización período 2021-2030

ecosistemas saludables, viables y funcionales en el largo plazo, relevando la prevención, protección y recuperación del ambiente y sus componentes, así como el rol importante de la participación ciudadana y de las organizaciones públicas y privadas.

El Plan Nacional de Acción Ambiental 2011-2021 (PLANAA) es un instrumento estratégico de gestión pública en materia ambiental cuya finalidad es lograr el uso sostenible, responsable, racional y ético de los recursos naturales y contribuir de esa manera al desarrollo integral, social, económico y cultural del ser humano, en armonía con su entorno.

La Estrategia Nacional ante el Cambio Climático (ENCC) constituye el principal instrumento que orienta la gestión de cambio climático en el Perú y establece el compromiso del Estado peruano de "...actuar frente al cambio climático de forma integrada, transversal y multisectorial, cumpliendo con los compromisos internacionales asumidos por el Perú ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC)". Plantea una visión al 2021 para lograr que el Perú se adapte a los efectos adversos y aprovecha las oportunidades que impone el cambio climático, sentando las bases para un desarrollo sostenible bajo en carbono¹⁴.

La ENCC considera que el principal reto asociado al Cambio Climático en el Perú es la reducción de los riesgos e impactos previsible mediante acciones de gestión integrada de los sectores y regiones para la reducción de la vulnerabilidad, el aprovechamiento de las oportunidades y el fortalecimiento de capacidades para enfrentarlo. Si bien la ENCC se centra en las competencias públicas, se considera indispensable contar con la contribución amplia e incluyente de la sociedad en su conjunto, de manera que los esfuerzos públicos y privados coincidan en la misma ruta¹⁵.

La ENCC de Perú contiene dos objetivos, uno referido a adaptación y otro a emisiones de GEI.

OBJETIVO I: La población, los agentes económicos y el Estado incrementan conciencia y capacidad adaptativa frente a los efectos adversos y oportunidades del cambio climático.

- Incremento de la proporción de personas que reconocen el Cambio Climático como un tema que necesita acción.
- Incremento de la inversión pública que incorpora la condición de Cambio Climático.
- Reducción de pérdidas económicas en infraestructura respecto al PBI por la ocurrencia de desastres.

OBJETIVO II: La población, los agentes económicos y el Estado conservan las reservas de carbono y contribuyen a la reducción de emisiones de GEI.

- Tasa de crecimiento de las emisiones de GEI sobre la tasa de crecimiento del PBI.
- Porcentaje de reducción de emisiones de GEI por USCUS.
- Incremento de captura de carbono por reserva de carbono y reducción neta de emisiones en el sector forestal.

Además de los indicadores mencionados, cuyos resultados deben ser medidos a través del MINAM, plantea cuatro áreas de implementación: institucionalidad y gobernanza, conciencia y fortalecimiento de capacidades, conocimiento científico y tecnología, y financiamiento. Dentro de cada área de implementación se establecen líneas de acción que guían a las entidades de distintos niveles de gobierno.

La implementación de la ENCC requiere asegurar la disponibilidad de recursos financieros, para ello se han identificado tres fuentes principales de financiamiento: recursos públicos, recursos del sector privado y recursos de fuentes cooperantes externas¹⁶.

Para dar continuidad y legitimidad a los esfuerzos que se desarrollan en el marco de la ENCC y asegurar compromisos de largo plazo, se debe contar con una ley marco ante el cambio climático.

¹⁴ "El Perú y el Cambio Climático, Tercera Comunicación Nacional del Perú a la Convención Marco de las Naciones Unidas" Ministerio del Ambiente Perú (<https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2016/05/Tercera-Comunicaci%C3%B3n.pdf>)

¹⁵ "Estrategia Nacional ante el Cambio Climático 2014" Ministerio del Ambiente Perú (https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2014/07/Estrategia-Nacional-ante-el-Cambio-Climatico_ENCC.pdf)

¹⁶ "Segundo Informe Bienal de Actualización ante la convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático" Ministerio del Ambiente Perú (<https://unfccc.int/sites/default/files/resource/Segundo%20BUR-PERU.pdf>)

Para preparar esta ley el Congreso formó un grupo de 40 congresistas que promovieron propuestas normativas sobre cambio climático que fueron consolidadas por la Comisión de Pueblos Andinos, Amazónicos, Afroperuanos, Ambiente y Ecología (CPAAAAE), en calidad de comisión principal. Este esfuerzo permitió que el Congreso de la República aprobara el Dictamen que propone la Ley Marco de Cambio Climático. La creación del mecanismo y plataforma de coordinación denominado *Infocarbono*, establece un hito importante para la gestión de GEI en el país, ya que por primera vez se establece un marco normativo e institucional para la elaboración de inventarios nacionales de GEI. El *Infocarbono* se establece como un conjunto de acciones orientadas a la recopilación, evaluación y sistematización de información referida a la emisión y remoción de GEI. Con esto, se asigna la responsabilidad de los sectores de gobierno competentes para recopilar información relevante y realizar reportes periódicos sobre GEI de las actividades de su competencia.

Con respecto a la **actualización de las Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional (NDC)**, la misma constituye una apuesta para el incremento de la ambición, tanto en mitigación como en adaptación; por un esfuerzo para proporcionar la información necesaria a los fines de la claridad, la transparencia y la comprensión; por un compromiso explícito destinado a garantizar la consistencia metodológica; por el fortalecimiento normativo para la gestión integral del cambio climático; por su articulación con los otros procesos emprendidos por el Estado para alcanzar el desarrollo del país, más aún en un contexto caracterizado por las consecuencias de la pandemia de COVID-19 y de reactivación económica; y por haber realizado un proceso participativo, multinivel y multiactor con el objetivo de garantizar el éxito del proceso de formulación, actualización e implementación de las contribuciones nacionales del país. Con esta actualización, el nuevo compromiso de Perú pasó a ser el de lograr que sus emisiones netas de gases de efecto invernadero no excedan las 208,8 MtCO₂eq en el año 2030 (meta no condicionada). Adicionalmente, el Estado Peruano considera que las emisiones de gases de efecto invernadero podrían alcanzar un nivel máximo de 179,0 MtCO₂eq en función a la disponibilidad de financiamiento externo internacional y a la existencia de condiciones favorables (meta condicionada).

Por último, el 25 de enero de 2022 se publicó el **Decreto Supremo 003-2022-MINAM**¹⁷, que declara de interés nacional la emergencia climática nacional, a fin de ejecutar con carácter de urgencia medidas para implementar la acción climática de acuerdo con lo establecido en las Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional al año 2030, contribuyendo con el objetivo global de limitar el incremento de la temperatura y alineado con el cumplimiento de los objetivos de desarrollo sostenible, reactivación económica, reducción de las brechas socioeconómicas y la reducción de los riesgos y la vulnerabilidad ante los efectos adversos del cambio climático.

Proceso de construcción del Escenario BAU

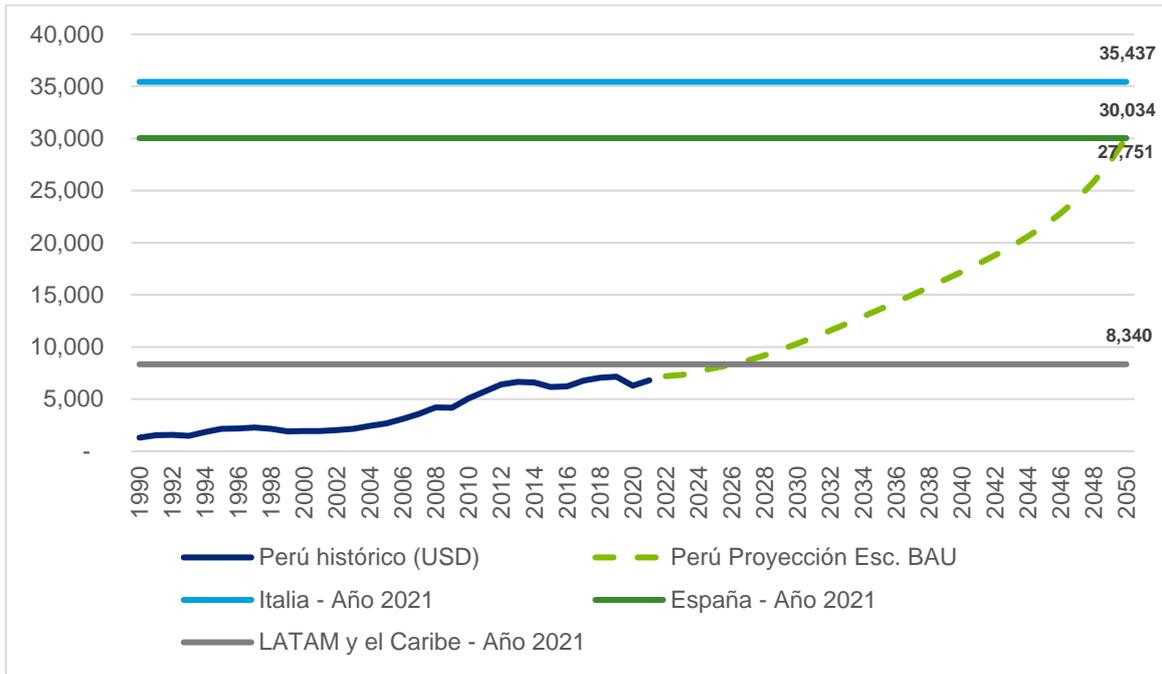
El proceso de construcción de escenarios para la evaluación del modelo energético sostenible para Perú en 2050 requirió, necesariamente, de la elaboración de la línea de base para contrastar los resultados y los impactos de las acciones y medidas de mitigación de cambio climático para el sistema en su conjunto. **A partir de esta premisa, se simuló el escenario tendencial o "Business As Usual" el cual parte del estado de situación correspondiente al año 2016 en lo referente a la matriz productiva, energética y las emisiones (conciliando la información del balance energético nacional de dicho año con el inventario nacional de gases de efecto invernadero -INGEI-, que resulta ser el último publicado), y se proyecta a partir de información histórica para el período 2016-2021 (en lo que refiere a indicadores macroeconómicos, impacto del covid-19, cambios en la matriz energética y en patrones de consumo) y luego, siguiendo la tendencia en términos de evolución tecnológica hasta el 2050.** Como resultado de la proyección se obtuvo que las emisiones de GEI totales alcanzarían un valor cercano a los 300 MtCO₂eq a 2030 y a 388 MtCO₂eq a 2050.

El tamaño de la economía resultante de esta proyección a 2050 permitiría lograr un ingreso per cápita para Perú mayor al que actualmente (2019) percibe América Latina y el Caribe, e inferior al que perciben países desarrollados como España e Italia.¹⁸

¹⁷ <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2783102/DS.%20003-2022-MINAM.pdf.pdf>

¹⁸ Ver Figura 8

Figura 8: PBI per cápita - años 1990-2050 (millones de USD)



Fuente: análisis Deloitte en base a World Bank & The Economists Intelligence Unit (datos a 2021 e históricos)

2. El modelo energético peruano al 2050

2.1. Visión actual de Perú para el 2050

El presente estudio tiene como objetivo desarrollar dos escenarios posibles de transición a 2050 para una economía baja en emisiones, teniendo en consideración las condiciones iniciales del Perú, los planes de mitigación desarrollados por las autoridades, las tecnologías disponibles o que se espera estén disponibles durante el periodo de estudio y las medidas regulatorias necesarias para que se realicen los escenarios.

En función de la multiplicidad de opciones de mitigación disponibles, y no menos importante, la interrelación entre las mismas, estas se dividieron en tres vectores de descarbonización que resultan necesarios para alcanzar metas más ambiciosas al año 2050. Sin embargo, solo se consideraron medidas de mitigación a partir de tecnologías que, con la información actual, es razonable suponer que alcancen su madurez y sean viables comercialmente. Los tres vectores anteriormente mencionados son:

“Son tres los vectores de descarbonización que resultan necesarios para alcanzar metas más ambiciosas al año 2050”

- **Cambiar a fuentes primarias de energía libres de emisiones, apuntando a una matriz eléctrica verde:** Para que la sustitución de fuentes primarias tenga un efecto duradero, es necesario que a su vez la electricidad se produzca a través de fuentes renovables. Ligado a ello, el desarrollo de infraestructuras digitales y las redes inteligentes es clave como agentes habilitadores capaces de acomodar la introducción de renovables, las tecnologías distribuidas y la participación de los prosumidores en el sistema energético.
- **Fomentar la eficiencia energética y electrificación de los usos finales mediante la digitalización de redes:** Existe un gran potencial de reducir emisiones desacoplando el crecimiento económico del consumo de energía. Las oportunidades para reducir la intensidad energética en la producción de bienes, el potencial de ahorro de energía en el consumo residencial y sector servicios, así como la eficientización de procesos de transformación que incrementen la energía utilizada y minimicen los desperdicios. A su vez, se espera un cambio a fuentes primarias de energía con menores emisiones a través del reemplazo del carbón y del petróleo con altos niveles de emisión por combustibles bajos en emisión, como la electricidad, los biocombustibles, y en menor medida el gas natural. Además, la actualización de la infraestructura y la digitalización son la piedra angular para sostener la transición hacia un modelo de energía sostenible con bajas emisiones de carbono. El incremento de la demanda de electricidad debería llevar a un cambio de paradigma que permita pasar de un sistema tradicional a un sistema completamente flexible que se adapte al aumento de las energías renovables y la generación descentralizada.
- **Incentivo a modelos de producción sustentables:** En la industria y especialmente en la ganadería y agricultura se requiere adoptar modos de producción bajos en emisiones.

2.2 El modelo energético en el marco de las ODS

La agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible con sus 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), la cual fue aprobada en septiembre de 2015 por la Asamblea General de las Naciones Unidas, establece una visión transformadora hacia la sostenibilidad económica, social y ambiental de los 193 Estados Miembros, a la cual Perú pertenece. Concretamente, en el ODS 7 "energía asequible y no contaminante" determina que la energía sostenible es una oportunidad que transforma vidas, economía y el planeta.

En Perú, la falta de acceso al suministro de energía en algunas regiones es un obstáculo para el desarrollo humano y económico; razón por la cual, si en los hogares no se tuviera acceso a la energía eléctrica, se tendría un gran atraso en cuanto a desarrollo.

Tomando las consideraciones indicadas en el ODS 7, la energía se puede generar de diversas formas, pero lo recomendable es utilizar responsable y conscientemente los recursos renovables, para producir los impactos al cambio climático, ya que si se genera energía a través de la quema de combustibles con alto contenido de carbono, se producen altas cantidades de gases de efecto invernadero (GEI), que favorecen al cambio climático y tienen efectos nocivos para el bienestar de la población y el medio ambiente.

Figura 9: Objetivos de Desarrollo Sostenible - PNUD



2.3 Introducción a la metodología de modelización: TIMES

TIMES es una herramienta de modelización que combina dos enfoques sistemáticos para modelar la energía: un enfoque de ingeniería técnica y un enfoque económico.

La herramienta abarca todos los pasos, desde los recursos primarios hasta la cadena de procesos que transforman, transportan, distribuyen y convierten la energía en el suministro de servicios energéticos que demandan los consumidores de energía. Una vez establecidos todos los insumos, las restricciones y los escenarios, el modelo intentará resolver y determinar el sistema energético que satisfaga la demanda de servicios energéticos durante todo el horizonte temporal con el menor coste.

Por el lado de la oferta energética, comprende la extracción de combustibles, la producción primaria y secundaria y la importación y exportación exógena. Los "agentes" del lado de la oferta energética son los "productores". A través de diversos vectores energéticos, la energía se suministra al lado de la demanda, que se estructura sectorialmente en los sectores residencial, comercial, agrícola, de transporte e industrial. Los "agentes" del lado de la demanda de energía son los "consumidores". Las relaciones matemáticas, económicas y de ingeniería entre estos "productores" y "consumidores" de energía son la base de los modelos TIMES.

Tecnologías

Las tecnologías son representaciones de dispositivos físicos que transforman mercancías en otras mercancías. Los procesos pueden ser fuentes primarias de materias primas, o actividades de transformación como plantas de conversión que producen electricidad, plantas de procesamiento de energía como refinerías, dispositivos de demanda de uso final como automóviles y sistemas de calefacción, etc.

Commodities

Los productos básicos (incluidos los combustibles) son portadores de energía, servicios energéticos, materiales, flujos monetarios y emisiones; un producto básico es producido o consumido por alguna tecnología.

Flujos de commodities

Los flujos de commodities son los vínculos entre los procesos y los commodities (por ejemplo, la generación de electricidad a partir del viento). Un flujo es de la misma naturaleza que una mercancía, pero está vinculado a un proceso concreto y representa una entrada o una salida de ese proceso.

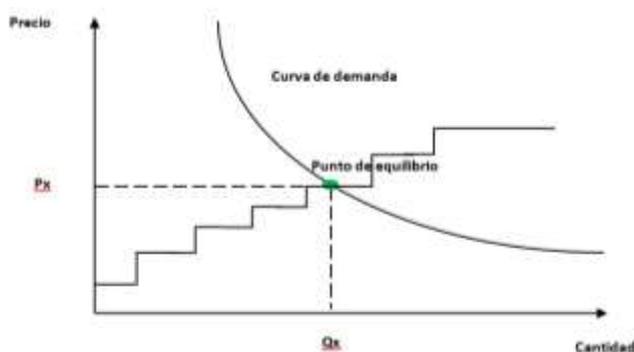
Estas tres entidades se utilizan para construir un sistema energético que caracterice al país o región en cuestión. Todos los modelos TIMES tienen un sistema energético de referencia, que es un modelo básico del sistema energético antes de que se modifique sustancialmente, ya sea para una región concreta o para un escenario determinado.

Funcionalidad

Una vez que se han colocado todas las entradas, restricciones y escenarios, el modelo intentará resolver y determinar el sistema energético que satisfaga las demandas de servicios energéticos durante todo el horizonte temporal al menor coste. Para ello, toma simultáneamente decisiones de inversión en equipos y decisiones de explotación, suministro de energía primaria y comercio de energía, por regiones. TIMES supone una previsión perfecta, es decir, que todas las decisiones de inversión se toman en cada periodo con pleno conocimiento de los acontecimientos futuros. Optimiza horizontalmente (en todos los sectores) y verticalmente (en todos los periodos de tiempo para los que se impone el límite).

Los resultados serán la combinación óptima de tecnologías y combustibles en cada periodo, junto con las emisiones asociadas para satisfacer la demanda. El modelo configura la producción y el consumo de los productos básicos (es decir, los combustibles, los materiales y los servicios energéticos) y sus precios; cuando el modelo iguala la oferta con la demanda, es decir, los productores de energía con los consumidores de energía, se dice que está en equilibrio. Matemáticamente, esto significa que el modelo maximiza el excedente del productor y del consumidor. El modelo está configurado de tal manera que el precio de producción de una mercancía afecta a la demanda de esa mercancía, mientras que al mismo tiempo la demanda afecta al precio de la mercancía. Se dice que un mercado ha alcanzado el equilibrio a precios p y cantidades q cuando ningún consumidor desea comprar menos de q y ningún productor desea producir más de q al precio p . Cuando todos los mercados están en equilibrio, se maximiza el excedente económico total (es decir, la suma de los excedentes de productores y consumidores).

Figura 10: Diagrama de equilibrio del mercado en TIMES

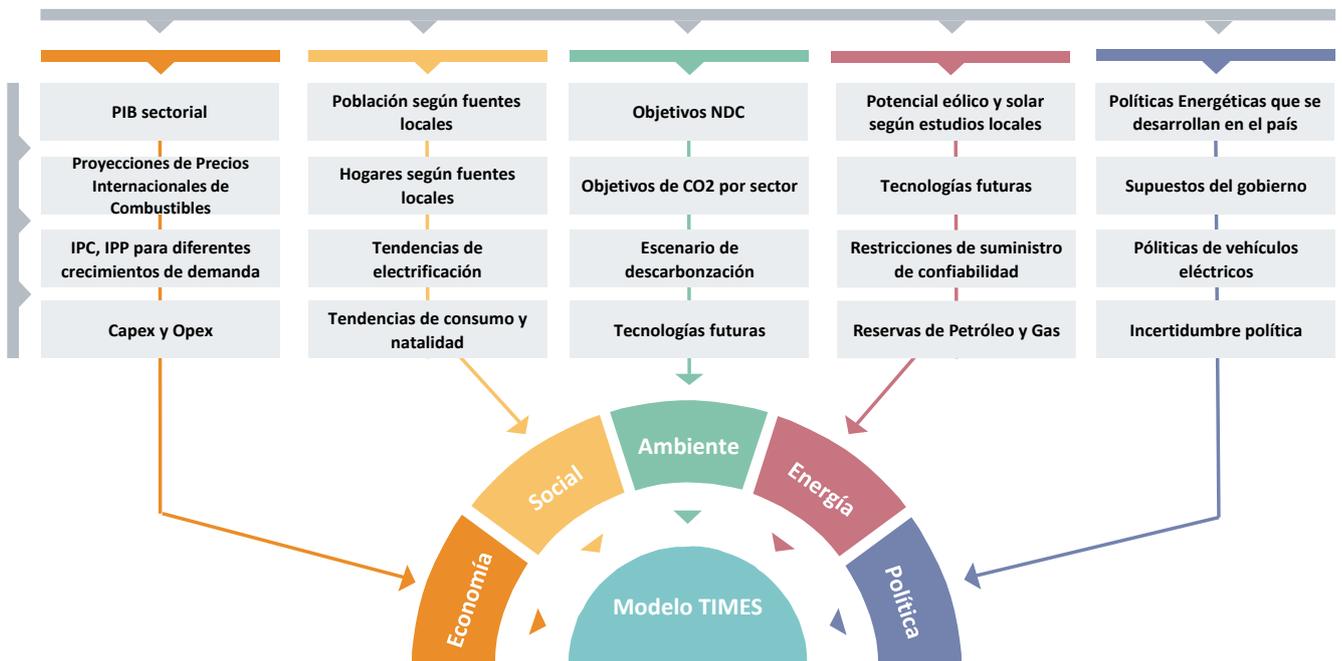


Entradas y salidas

El principal resultado de TIMES son las configuraciones de los sistemas energéticos que satisfacen la demanda de servicios energéticos del usuario final al menor coste posible, respetando al mismo tiempo las distintas restricciones (por ejemplo, una reducción del 80% de las emisiones o una penetración del 40% de la electricidad renovable). En primer lugar, el modelo TIMES responde a la pregunta: ¿es factible el objetivo? Si un sistema energético es posible, se puede examinar entonces, ¿a qué coste? Los resultados del modelo son los flujos de energía, los precios de los productos energéticos, las emisiones de GEI, las capacidades de las tecnologías, los costes de la energía y los costes marginales de reducción de las emisiones.

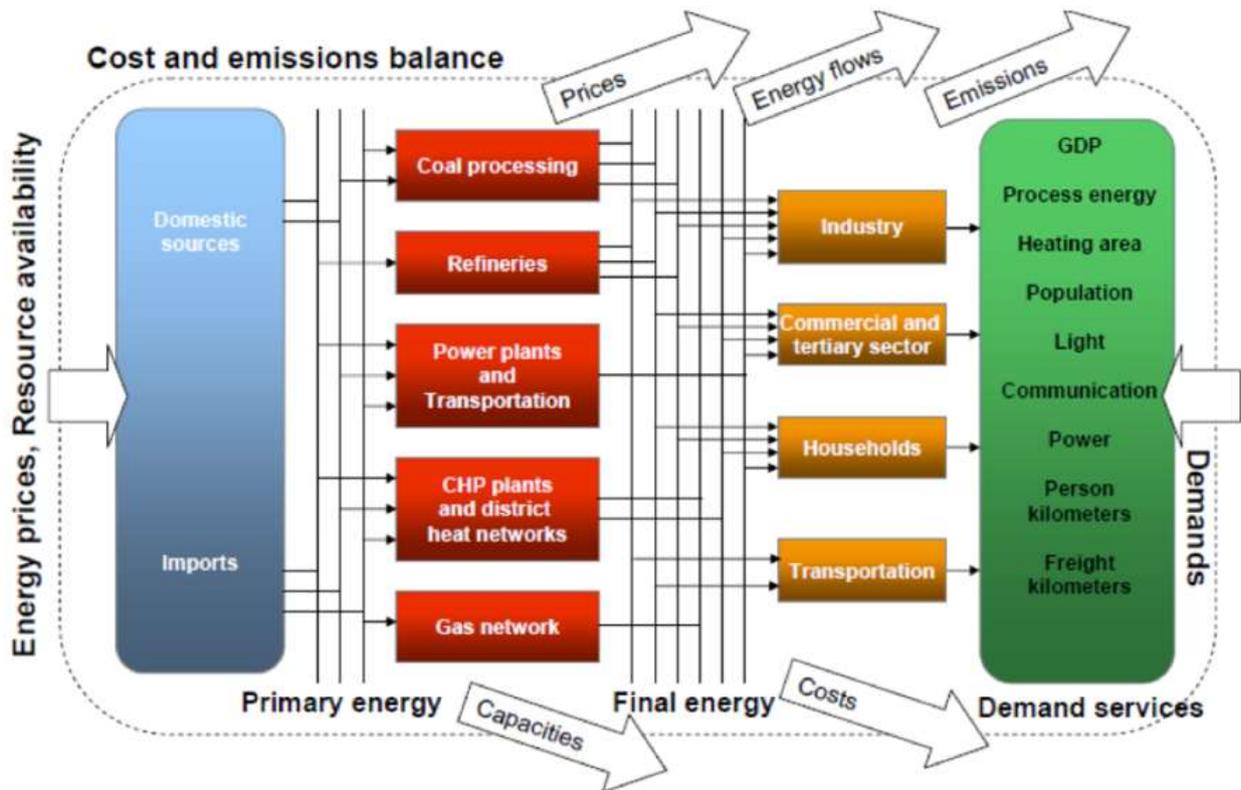
En la figura 11a se muestra a modo resumen los principales inputs y drivers de la modelización. Los mismos se encuentran divididos en 5 pilares: Economía, Social, Ambiente, Energía y Política.

Figura 11a: Esquema de inputs y drivers de TIMES



Por otro lado, en la figura 11b se muestra un esquema del modelo TIMES junto con las flechas blancas de salida que muestran los resultados del modelo.

Figura 11b: Esquema de las entradas y salidas de TIMES



2.4 Transformaciones necesarias en el modelo energético

Construcción de escenarios ambiciosos de reducción de emisiones

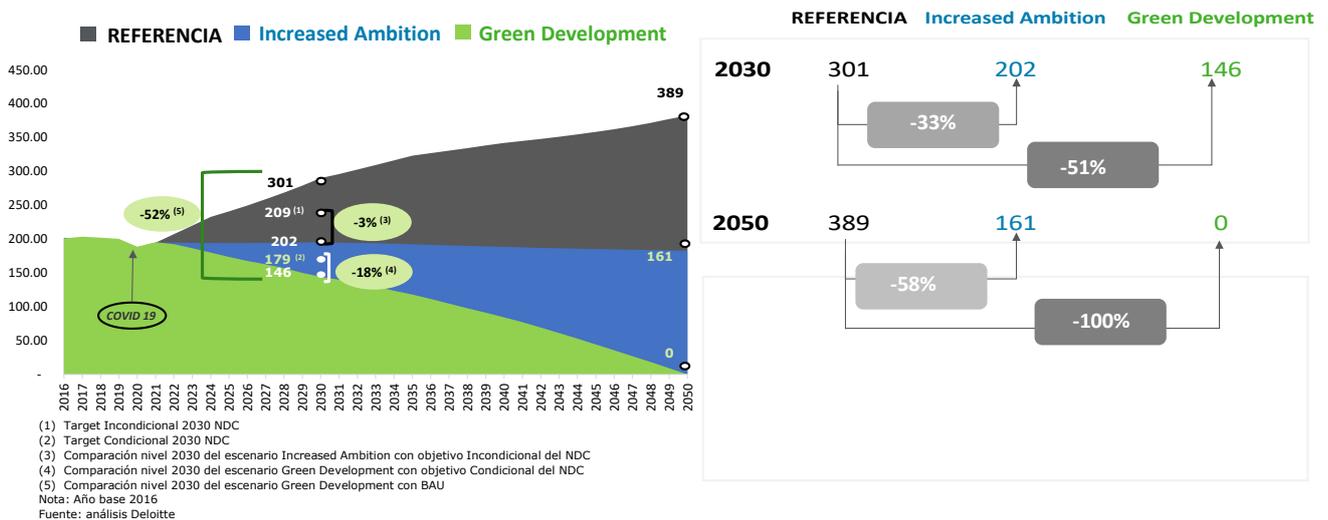
Los escenarios que se desarrollan en el presente estudio son los que denominamos Increased Ambition y Green Development. En el **Increased Ambition** se aplican medidas de mitigación y cambios en la matriz energética maximizando el potencial en todos los sectores en base a lo propuesto por las contribuciones nacionales no condicionadas del gobierno. En el **Green Development**, por otro lado, se introducen políticas de mitigación y cambios en la matriz energética orientados a maximizar los beneficios de la descarbonización en un contexto de apoyo internacional alcanzando la carbono-neutralidad.

Para integrar en estos dos escenarios la relación entre actividad económica, conductas, políticas públicas y avances tecnológicos, se utilizó la herramienta TIMES para realizar una modelización cuantitativa.

Los resultados obtenidos bajo los escenarios desarrollados muestran que las soluciones propuestas para la transición energética en Perú permiten alcanzar un elevado nivel de descarbonización en el medio y largo plazo para una economía que continúa su desarrollo.

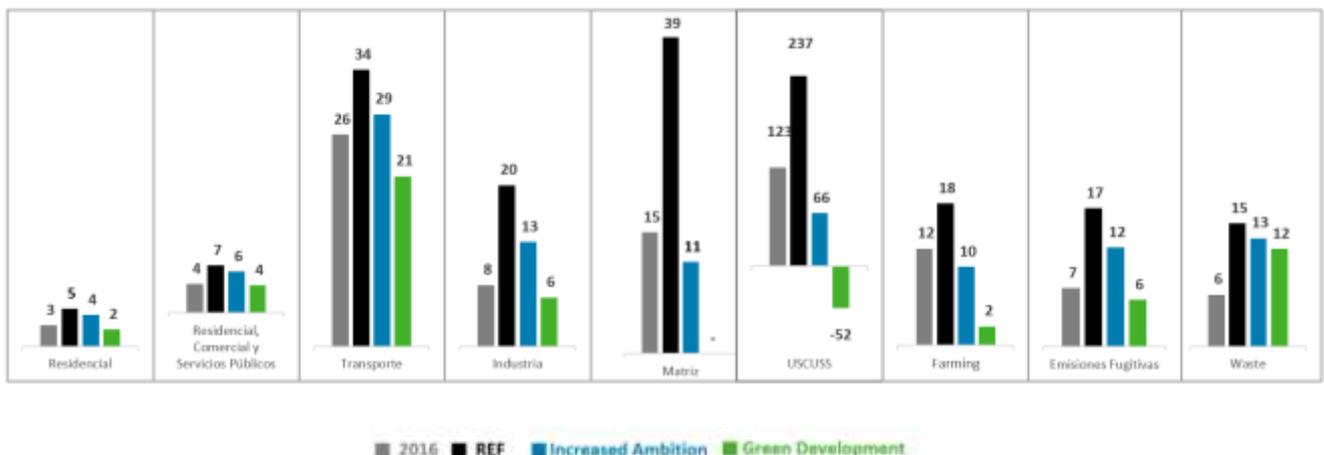
Realizando un esfuerzo incremental para descarbonizar la economía, en el 2050, las emisiones de gases de efecto invernadero se logran reducir hasta alcanzar los 161 MtCO₂eq., un 51% menor respecto al escenario de referencia (BAU 2050). Solo en un escenario Green Development, en el cual se transforman todos los vectores actuales de la economía, se reducen las emisiones a 0 MtCO₂eq., alcanzando la carbono neutralidad.

Figura 12: Sendero de emisiones de GEI (MtCO₂ eq.)



En el escenario **Increased Ambition** se logra reducir las emisiones en todos los sectores con respecto al escenario de referencia compensando, de esta manera, el aumento relacionado al crecimiento de la población y un mayor PBI per cápita. En el escenario **Green Development** en todos los sectores que demandan energías se hace el mayor esfuerzo factible (en términos de costo-eficiencia) para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, compensándose el remanente de las mismas mediante la captura de carbono en el sector energético.

Figura 13: Emisiones de gases de efecto invernadero por sector (2016 - 2050) (MtCO₂ eq.)

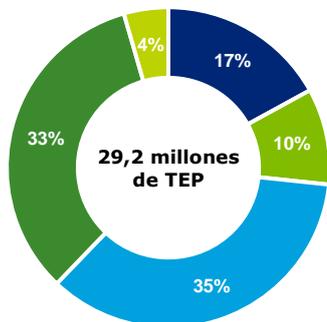


Para mantener o reducir las emisiones resulta clave que se produzca un desacople del crecimiento económico del uso de la energía, reduciendo la intensidad energética del desarrollo. En el escenario **Increased Ambition** el consumo total de energía se incrementa de 18,9 MTEp a 29,2 MTEp (un 54%) dado que la tasa de aumento del consumo energético (que se da como resultado del incremento demográfico y el crecimiento de la actividad económica) es mayor a la tasa de eficientización de las tecnologías utilizadas. En el escenario **Green Development** los esfuerzos para reducir la intensidad energética es generalizada pero además existe una serie de medidas destinadas específicamente a disminuir la intensidad de los sectores

industriales y transporte, logrando a 2050 una reducción adicional de la demanda energética total del 38% con respecto a los resultados del escenario **Increased Ambition**.

Figura 14: Consumo energético final total a 2050 – por sector (participación %)

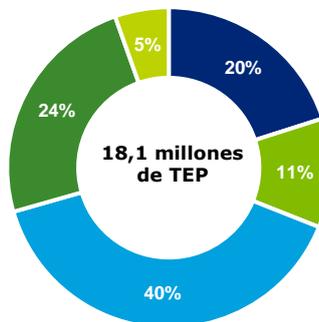
Increased Ambition



- Residencial
- Transporte
- Agricultura
- Comercial y Servicios públicos
- Industria

Figura 15: Consumo energético final total a 2050 – por sector (participación %)

Green Development



- Residencial
- Transporte
- Agricultura
- Comercial y Servicios públicos
- Industria

Fuente: análisis Deloitte.

Para que los esfuerzos de descarbonización sean efectivos, resulta necesario la sustitución del consumo de combustibles fósiles, de manera que su consumo no crezca o inclusive se reduzca. La opción más eficiente es promover la electrificación de la matriz energética. Si bien los biocombustibles pueden realizar un aporte adicional a la descarbonización, existen opiniones encontradas sobre el efecto neto a lo largo de su ciclo de vida, pudiendo ser el caso que no reduzcan las emisiones netas. En cambio, la mayor penetración de energías renovables en la matriz eléctrica es una estrategia probada para la reducción de emisiones y a la vez competitiva en términos económicos frente a otras alternativas.

CUADRO 1. Reducción de costo de las Energías Renovables

Las tecnologías energéticas con baja emisión de carbono tienen un rol clave en la transición energética, en particular en power sector, donde las tecnologías solar y eólica se presentan como opciones cada vez más competitivas a la luz de la continua disminución de sus costos.

En base al relevamiento de la Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA) realizado en 2022¹⁹, la reducción de costos medios de instalación para la tecnología solar fotovoltaica a escala industrial fue de un 88% sólo entre 2010 y 2021, alcanzando un precio promedio de 857 USD/kW en 2021. En el caso eólico, la disminución de los costos de instalación alcanzó el 67% entre puntas, destacándose la menor dispersión de precios existentes, con un rango en 2019 que va desde los 1.325 a 2.858 USD/kW.

¹⁹Fuente: IRENA Renewable Power Generation Costs in 2021. (<https://irena.org/publications/2022/Jul/Renewable-Power-Generation-Costs-in-2021>)

Figura 16: Costo de instalación promedio mundial de la tecnología solar PV (USD 2021/kW)

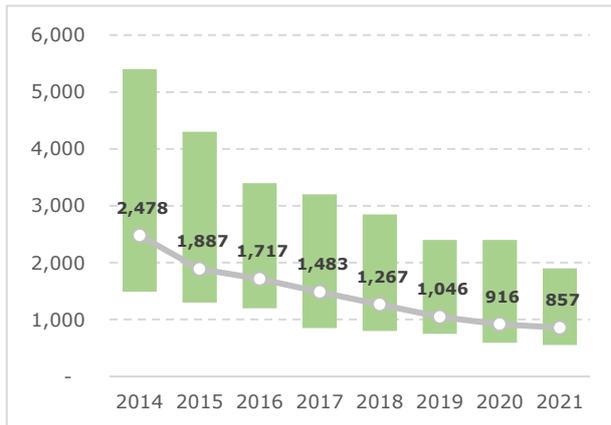
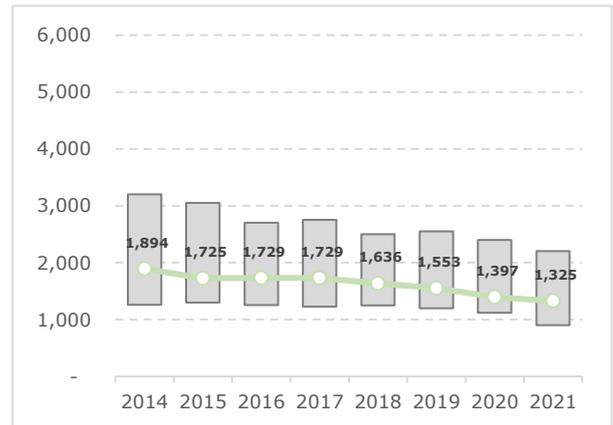


Figura 17: Costo de instalación promedio mundial de la tecnología eólica on-shore (USD 2021/kW)

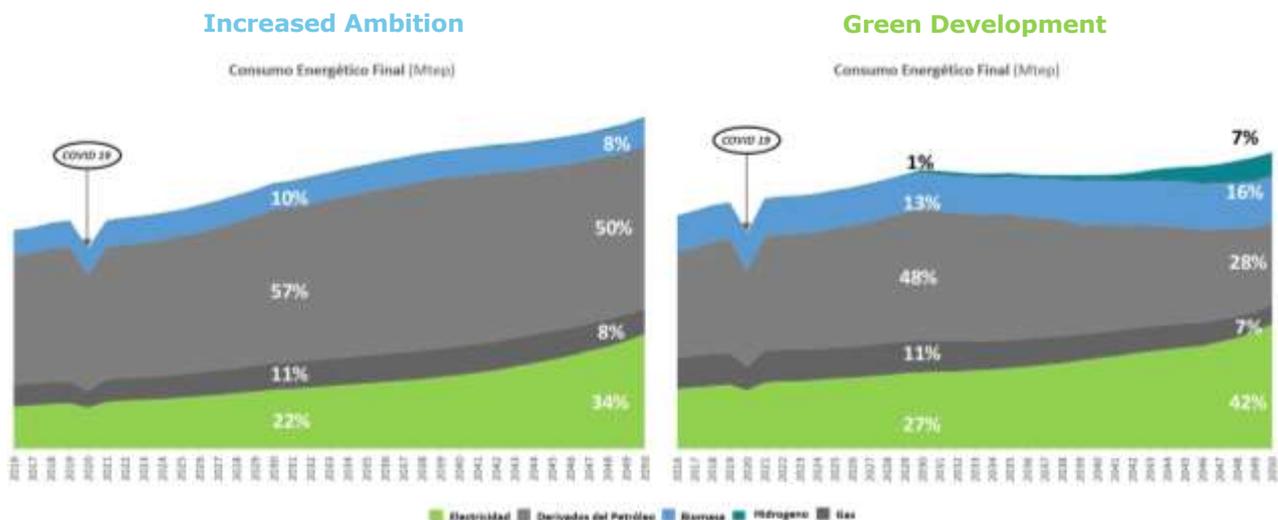


Si además se mira el Costo Nivelado de la Energía (LCOE por sus siglas en inglés), un indicador que recrea el costo esperado de firmar un contrato de suministro a largo plazo (PPA por sus siglas en inglés) la caída es aún más pronunciada. Una de las causas se debe a las mejoras técnicas que permitieron un mayor rendimiento de los equipos, como así también la mayor participación que han ido adquiriendo regiones como Asia y Sur América con factores de capacidad notablemente más elevados respecto a zonas de mayor penetración. En el caso de los paneles fotovoltaicos el LCOE medio descendió 90% entre 2010 y los nuevos proyectos encargados para 2021, mientras que en las centrales eólicas el indicador cayó un 50% en el mismo período.

Hacia adelante IRENA ha identificado al menos tres grandes factores que permiten proyectar una nueva reducción de costos: **1) las mejoras tecnológicas**, que continúan siendo una constante en el mercado de generación de energía renovable y que irán reduciendo cada vez más los costos de instalación y aumentando el rendimiento de los equipos; **2) la adquisición en forma competitiva**, que permite beneficiarse de mejores precios a medida que aumente la escala; y **3) una gran base de desarrolladores de proyectos**, con experiencia internacional que busca activamente nuevos mercados.

La capacidad de sustitución de combustibles dependerá, en consecuencia, del avance en la electrificación de la demanda, y la incorporación de nueva generación renovable. En el escenario **Increased Ambition** el mayor consumo eléctrico permite restringir el aumento del consumo de combustibles fósiles desde los 11,2 millones de Tep de 2016 hasta 14,2 millones de Tep esperados en 2050 Tep con una penetración del vector electricidad de 34%, mientras que en el escenario **Green Development**, la electricidad aumenta a 42% del consumo total, logrando que los combustibles fósiles se reduzcan en un 65% con respecto al escenario **Increased Ambition**.

Figura 18: Consumo energético final total – por combustible (Mtep)



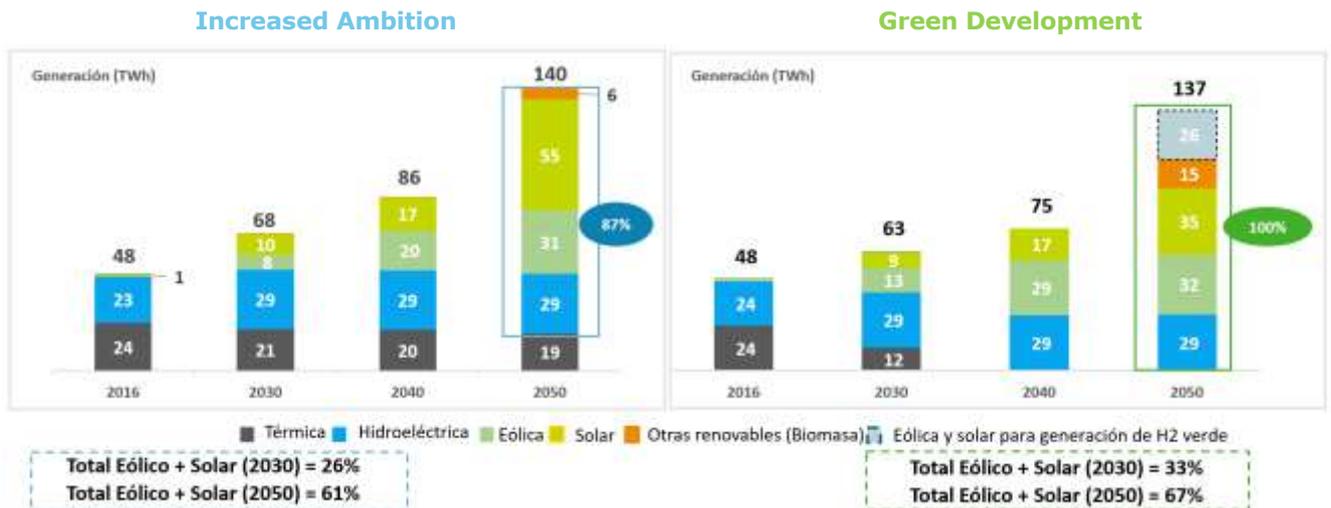
Fuente: análisis Deloitte.

La electrificación requiere acompañarse de un cambio en la matriz de generación hacia energías renovables o limpias de emisiones.

En el escenario **Increased Ambition** la generación de fuentes contaminantes representa el 13% de la energía a 2050, mientras que el 66% proviene de fuentes renovables no convencionales (solar, eólica y biomasa), y el resto depende de generación hidroeléctrica.

En el escenario **Green Development**, a 2050, la generación eléctrica pasa a ser 100% renovable, sustentada en un 79% por energías renovables no convencionales (solar, eólica y biomasa), y el 21% restante con energía hidroeléctrica.

Figura 19: Generación Eléctrica y penetración de renovables (TWh)

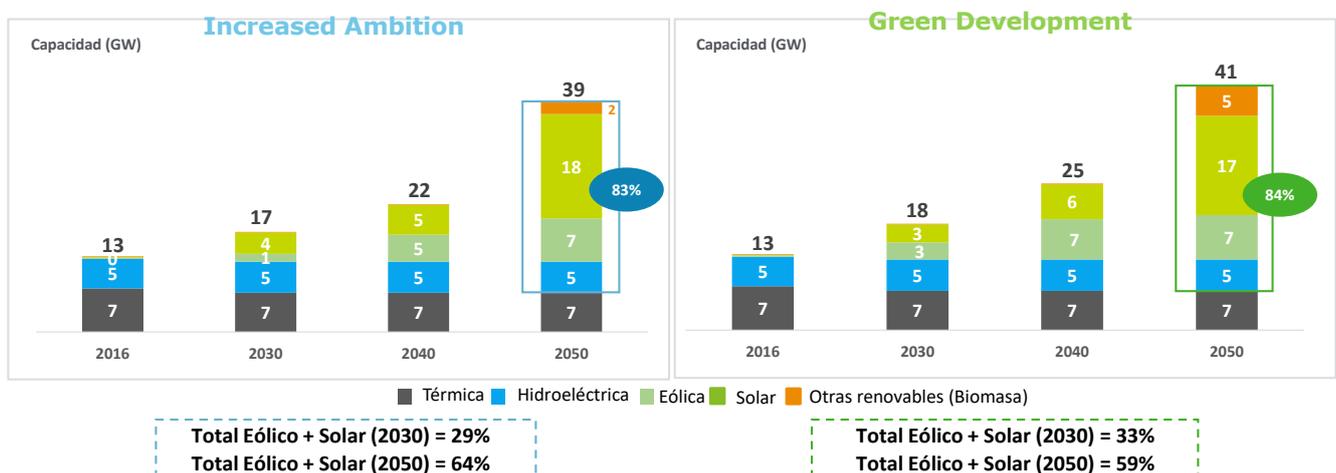


Fuente: análisis Deloitte.

Perú tiene recursos naturales que permiten desarrollar un parque de generación eléctrica libre de emisiones y alcanzar los objetivos ambiciosos antes descritos. En este sentido, la capacidad instalada libre de emisiones establecida en el escenario **Increased Ambition** alcanza el 83%, y el 84% en el escenario **Green Development** (escenario en el cual se mantiene la capacidad instalada de energía térmica, aunque no se emplea para la generación de energía).

El proceso de transformación de la matriz energética a 2050 en ambos escenarios se da principalmente con el desarrollo de proyectos de energía eólica y solar. En este sentido, en el escenario **Increased Ambition** se contempla la instalación de **parques solares por una potencia total de 17,5 GW y de parques eólicos por una potencia total de 7,1 GW**. Por su parte, en el escenario **Green Development**, la **potencia instalada de energía solar se incrementa en 16,1 GW, mientras que para la energía eólica, este incremento es de 7,3 GW**.

Figura 20: Capacidad Instalada (GW)



Fuente: análisis Deloitte.

3. Transición energética

3.1. Nuevas políticas energéticas en Perú

Proceso de implementación de medidas de mitigación en Perú: planes sectoriales existentes y nuevos

En los últimos años la República del Perú ha llevado a cabo planes, programas y acciones relacionados de manera directa e indirecta con la mitigación de GEI en varios sectores productivos y de consumo.

Entre las acciones en implementación, se pueden destacar en el sector energía dos leyes fundamentales: la ley de promoción del uso eficiente de la energía (ley 27.345) en la que se prevé desarrollar una cultura nacional del uso eficiente de la energía en coordinación con todos los sectores educativos y económicos del país y la ley para asegurar el desarrollo eficiente de la generación eléctrica (ley 28.832) que tiene por objetivo perfeccionar las reglas establecidas en la ley de concesiones eléctricas. En este sentido, se han desarrollado marcos normativos y programas orientados a fomentar una mayor participación de fuentes renovables no convencionales como se estipula en el decreto legislativo N° 1002 orientado a la promoción de la inversión para la generación de electricidad con el uso de energías renovables

En el sector transporte los esfuerzos se han concentrado principalmente en la ampliación del sistema de transporte público. Por un lado, ya se ha empezado a trabajar en el transporte de pasajeros ferroviario mediante la construcción de nuevas líneas de fuentes eléctricas (si bien actualmente se encuentra operativa la línea 1, el gobierno analiza tanto la implementación de nuevos proyectos como la construcción de nuevas líneas), mientras que, por otro, ya se están evaluando iniciativas tales como la incorporación de buses eléctricos y el cambio modal de transporte.

En el sector de cambio de uso de los suelos y silvicultura (CUSS) se ha desarrollado el marco normativo e institucional para fomentar la plantación y el manejo sustentable de los recursos naturales y para establecer los presupuestos mínimos de protección ambiental para el enriquecimiento, la restauración, conservación, aprovechamiento y manejo sustentable de los mismos, así como de los servicios ambientales que éstos brindan a la sociedad. Este marco institucional permitió llevar adelante un proceso de ordenamiento territorial de los recursos naturales existentes, estableciendo diferentes categorías de conservación. En este marco se creó la ley forestal y de fauna silvestre y la ley orgánica para el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales.

Dentro del marco normativo para el sector de cambio de uso de los suelos y silviculturas, se destacan:

- **Ley 29.763:** Ley promulgada en julio de 2011 que establece el acceder al uso, aprovechamiento y disfrute del patrimonio forestal y de fauna silvestre de la Nación de acuerdo a los procedimientos establecidos por la autoridad nacional y regional y a los instrumentos de planificación y gestión del territorio; además de la participación en su gestión.
- **Ley 26.821:** Ley promulgada en junio de 1997 que establece que el aprovechamiento de recursos naturales por parte de particulares da lugar a una retribución económica que se determina por criterios económicos, sociales y ambientales. Además, se estipula que es responsabilidad del Estado promover el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales a través de las leyes especiales sobre la materia, las políticas del desarrollo sostenible, la generación de la infraestructura de apoyo a la producción, fomento del conocimiento científico tecnológico, entre otros.

A su vez, para la construcción de los escenarios **Increased Ambition** y **Green Development**, se han considerado medidas adicionales (sobre las que se brindará mayor detalle a lo largo del presente capítulo), especialmente en los sectores residencial, comercial y público e industrial, donde se prevé una mayor electrificación de las tecnologías actuales y una tasa de eficientización de las nuevas tecnologías acorde a estándares internacionales.

3.2. Planificación para una transición exitosa al 2050

El camino a recorrer en la transición deberá contar con una cuidada planificación que garantice el logro de los ambiciosos objetivos ambientales, de modo que el esfuerzo conjunto que haga toda la sociedad, así como el importante volumen de inversiones, se plasmen de forma eficaz. En este sentido, las transformaciones deberán realizarse sin poner en riesgo la actividad económica ni la seguridad del suministro energético y al mismo tiempo optimizar los costos e inversiones.

Además, y en términos generales, la concreción de las acciones específicas a llevarse a cabo en cada caso deberá contar al menos con las siguientes consideraciones:

- La secuencia de implementación de las medidas deberá priorizarse según el volumen de emisiones que éstas eviten, o sobre los combustibles que más contaminen.
- Se deberá tener en cuenta la dimensión económica, eligiendo primero aquellas medidas más eficientes económicamente, en el caso de plantearse varias alternativas.
- El uso de tecnologías de transición que permitan la progresiva adopción por el mercado de otras más limpias, a medida que se reduzcan sus costos.
- El establecimiento de metas de mediano plazo sectoriales, que permitan un monitoreo de las variables críticas y la detección de posibles desvíos.

En las siguientes secciones del informe se profundiza acerca de estos aspectos, agrupándolos por cada uno de los vectores y detallando el conjunto de medidas elegidas para la transición hacia el modelo energético a 2050.

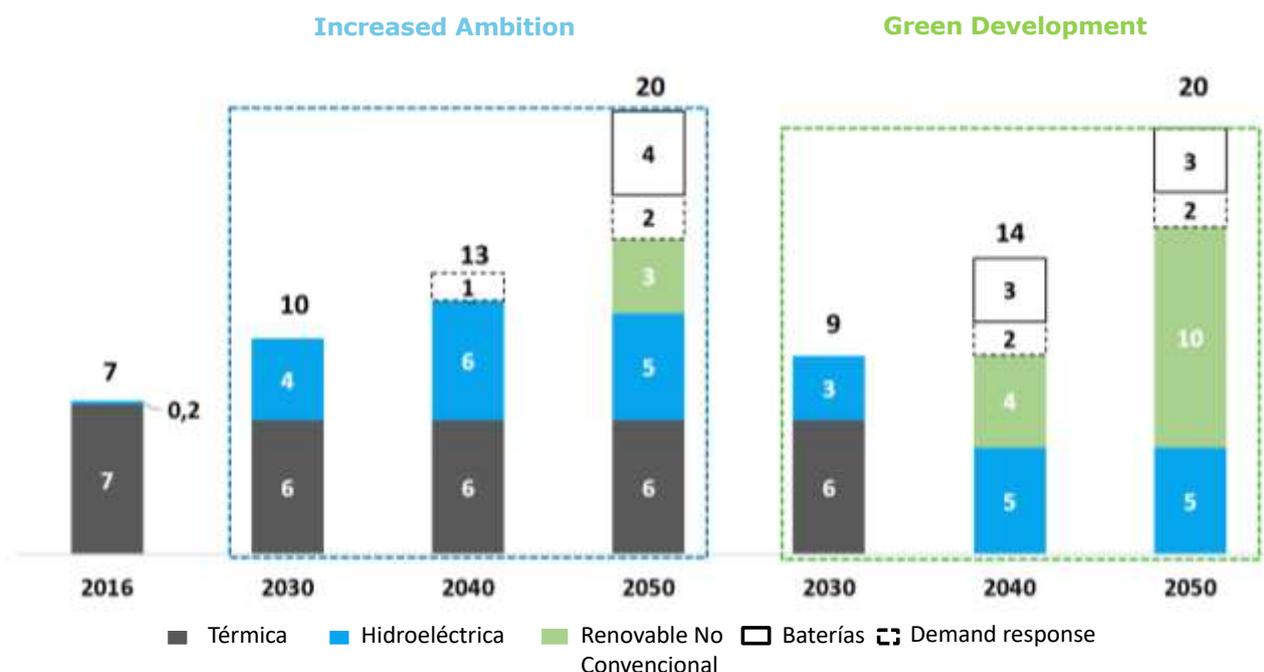
3.3. Cambiar a fuentes primarias de energía libres de emisiones, apuntando a una matriz eléctrica verde

La baja participación de las energías térmicas en Perú (alcanzan un 49% en 2016), y la alta participación de las fuentes hidroeléctricas (alcanzan un 47% en el año base), han llevado a que, comparativamente respecto de otros países de la región, su matriz eléctrica tenga una baja intensidad de emisiones. Tal es así que, en 2016, el indicador gCO₂/kWh ascendió a 15, muy por debajo de los 277 promedio de América Latina y de los 289 registrados para el promedio de países de la Unión Europea, según datos estadísticos de Enerdata.

Pese a la actual baja participación de energías térmicas, para lograr las metas de descarbonización, es necesario un esfuerzo adicional. **Por este motivo, la capacidad instalada libre de emisiones establecida en los escenarios Increased Ambition y Green Development alcanza el 83% y 84%, respectivamente.** A su vez, la complementación que permite la generación hidroeléctrica y eólica, más la expectativa de complementar la energía solar con la incorporación de baterías, posibilita apuntar a una penetración agresiva de fuentes renovables no convencionales como la eólica y la solar

La mayor penetración de energía renovable variable no convencional requiere administrar la gestión de los picos de demanda, a través de respuesta de la demanda y aumentando la participación de tecnologías de almacenamiento.

Figura 21: Potencia para cubrir el pico de demanda (GW)



Fuente: análisis Deloitte.

CUADRO 2. Proyecciones para la reducción de costo del almacenamiento mediante baterías

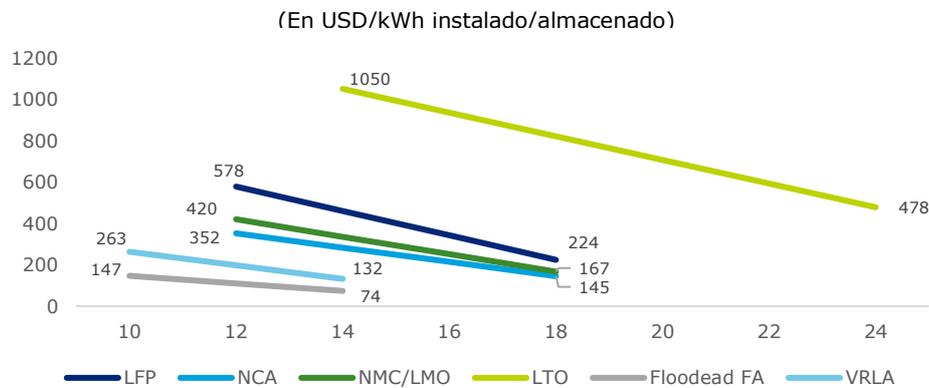
Los sistemas de almacenamiento o electricity storage system (ESS por sus siglas en inglés) brindan importantes ventajas para los sistemas eléctricos en donde las tecnologías variables como la energía solar y eólica ganan participación. Las aplicaciones estacionarias de las baterías permiten profundizar la inserción de las energías renovables, en la medida que permiten acumular energía no consumida en el momento de la generación y estar disponible para cuando se requiera, suavizando así las fluctuaciones de las condiciones climáticas que aparecen durante el día, semanas o incluso meses. Además, brindan un mayor grado de flexibilidad a los operadores de la red, garantizando un funcionamiento suave y confiable y/o reacción a los cambios inesperados en la demanda, evitando así daños a los aparatos eléctricos y cortes de suministro. Otra ventaja del storage electricity es que puede reducir las congestiones en la red de transmisión en horas de generación pico y puede aplazar la necesidad de grandes inversiones en infraestructura en este segmento.

Las baterías además juegan un rol importante en la descarbonización de segmentos clave de uso de energía, como en el transporte con la e-movilidad y en el caso de baterías para sistemas domésticos y mini-redes que operan fuera de la red. Estas últimas están emergiendo como parte de la solución para aumentar el acceso a la electricidad, así como proporcionar servicios de estabilidad a mini-redes, mejorando la calidad de la energía y reemplazando sistemas que dependen en gran medida del combustible Diésel.

El desarrollo de baterías más eficientes, el aumento de su vida útil y la tendencia hacia una rápida caída en su costo, ubican a esta tecnología en el corazón de la transición energética como una alternativa competitiva, al proporcionar servicios de valor en toda la cadena del sector eléctrico y en los consumidores finales. La Agencia Internacional de Energía Renovable (IRENA por sus siglas en inglés) en su trabajo "Almacenamiento de electricidad y renovables: costos y mercados hasta 2030" (2017) señala que el costo de las baterías de ion-litio ha caído hasta un 73% entre 2010 y 2016 para aplicaciones de transporte, pudiendo trasladar estos beneficios de mayor escala de fabricación a las baterías para aplicaciones estacionarias, que hoy tienen un costo de instalación más alto debido a ciclos de carga / descarga más sofisticados que requieren sistemas y hardware de administración más costosos.

Se estima que el costo de instalación de baterías de ión de litio para aplicaciones estacionarias podrían disminuir entre 54% y 61% hasta 2030.²⁰ Esto reflejaría una caída en el costo total de instalación de entre USD 207/kWh y USD 572/kWh, dependiendo de la composición química de las baterías. Como se muestra en el gráfico, las opciones de plomo ácido serán todavía más económicas, pero encuentran un límite a la expansión de su vida útil que las hace menos competitivas.

Figura 22: Proyección de costo y vida útil de baterías seleccionadas por tecnología - Años 2016 y 2030.⁽ⁱ⁾



Nota (1): Baterías de Iones de Litio (LFP, LTO, NCA y NMC/LMO) y de plomo ácido (Flooded FA y VRLA).
Fuente: análisis Deloitte en base a IRENA.

3.4. La promoción de infraestructuras digitales y redes inteligentes

Análisis del contexto

La red de transmisión de Perú está muy desarrollada en Lima y sus alrededores, mientras que otras regiones menos pobladas no están interconectadas y solo están conectadas por una sola línea al sistema.

La actualización de la infraestructura y la digitalización son la piedra angular para sostener la transición hacia un modelo de energía sostenible con bajas emisiones de carbono. El incremento de la demanda de electricidad debería llevar a un cambio de paradigma que permita pasar de un sistema tradicional a un sistema completamente flexible que se adapte al aumento de las energías renovables y la generación descentralizada.

Es por ello que la **Propuesta de Actualización del Plan de Transmisión 2023-2032 incluye una serie de proyectos que permitirán impulsar el crecimiento de las energías renovables.**

El Plan de Transmisión tiene dos productos principales, el **Plan Vinculante** y el **Plan de Transmisión de Largo Plazo**. El Plan Vinculante está conformado por proyectos cuya ejecución debe iniciarse dentro de su periodo de vigencia, es decir entre los años 2023 y 2024. El Plan de Transmisión de Largo Plazo está conformado por los proyectos no vinculantes, cuya ejecución podría concluir antes del 2032, pero que requieren ser revisados en los siguientes planes de transmisión.

Por su parte, en lo que respecta al **Plan Vinculante**, el gobierno llevará a cabo inversiones por un total de **USD 544 millones**, que contemplan los siguientes proyectos (de los cuales 14 corresponden a Proyectos de Instalaciones de Transmisión de Conexión en el Horizonte Vinculante):

1. Enlace 500 kV Chilca CTM - Carabayllo, Ampliación de Transformación y Reactor de Núcleo de aire en SE Chilca CTM;
2. Nueva Subestación Bicentenario 500/220 kV ampliaciones y subestaciones asociadas;
3. Nueva Subestación "Hub" Poroma (Primera Etapa) y Enlace 500 kV "Hub" Poroma - Colectora, ampliaciones y subestaciones asociadas;

²⁰ Ver Figura 22

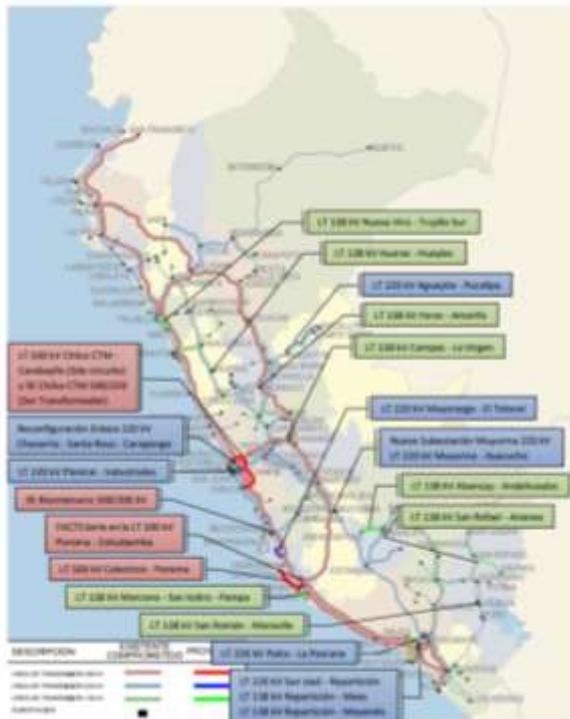
4. Nueva Subestación "Hub" San José – Primera Etapa y Enlace 220 kV "Hub" San José – Repartición (Arequipa), ampliaciones y subestaciones asociadas (Proyecto ITC);
5. Reconfiguración Enlace 220 kV Chavarría – Santa Rosa – Carapongo, líneas, ampliaciones y subestaciones asociadas (Proyecto ITC);
6. Nueva Subestación Muyurina 220 kV, Nueva Subestación Ayacucho, LT 220 kV Muyurina-Ayacucho, ampliaciones y Subestaciones asociadas;
7. Nueva Subestación Palca 220 kV, LT 220 kV Palca-La Pascana, ampliaciones y Subestaciones asociadas (Arequipa) (Proyecto ITC);
8. Enlace 220 kV Aguaytía – Pucallpa, subestaciones, líneas y ampliaciones asociadas (Proyecto ITC);
9. Equipos FACTS Serie de control de RSS en LT 500 kV Poroma-Colcabamba e instalaciones asociadas;
10. Incremento de la Confiabilidad 138-60KV del Sistema Eléctrico de Tarma – Chanchamayo;
11. Enlace 220 kV Planicie – Industriales, ampliación a 3er circuito. (Proyecto ITC);
12. Enlace 138 kV Nueva Virú – Trujillo Sur, ampliaciones y subestaciones asociadas (Proyecto ITC);
13. Incremento de capacidad y confiabilidad (Criterio N-1) de Suministro del Sistema Eléctrico Huaraz (Proyecto ITC);
14. Enlace 138 kV Yaros – Amarilis (segundo circuito) (Proyecto ITC);
15. Repotenciación LT 138 kV Amarilis – Huánuco, Amarilis – Paragsha y Ampliación de SE Amarilis (Proyecto ITC);
16. Ampliación de Capacidad de Suministro del Sistema Eléctrico Ica (Proyecto ITC);
17. Nueva SE Marcona II y Enlace 138 kV Marcona II - San Isidro (Bella Unión) - Pampa (Chala), ampliaciones y subestaciones asociadas (Proyecto ITC);
18. Enlace 138 kV Abancay Nueva – Andahuaylas, ampliaciones y subestaciones asociadas (Proyecto ITC);
19. Enlace 138 kV San Román – Yocara – Maravilla (Juliaca), ampliaciones y subestaciones asociadas (Proyecto ITC);
20. Enlace 138 kV Derivación San Rafael - Ananea, ampliaciones y subestaciones asociadas (Proyecto ITC).

Figura 23: Inversiones en capacidad de transporte eléctrico – Plan Vinculante

Cobertura geográfica aproximada de Áreas de Demanda (2028)



Proyectos contemplados en el Plan Vinculante



Por otro lado, en lo que respecta al **Plan de Transmisión de Largo Plazo**, el gobierno llevará a cabo inversiones por un total de **USD 664 millones**, que contemplan los siguientes proyectos:

Plan de Transmisión de Largo Plazo:

1. Proyecto Enlace 500 kV Colectora-Bicentenario-Chilca, ampliaciones y subestaciones asociadas;
2. Proyecto Seccionamiento de la LT 500 kV Piura – Frontera en la SE Pariñas 500/220 kV;
3. SE “Hub” San José (Segunda Etapa) patio de 500 kV y transformación 500/220 kV;
4. SE “Hub” Montalvo y transformación 500/220 kV;
5. Ampliación de la SE Yarabamba Transformador 500/220 kV (2do);
6. PSE “Hub” Poroma (Segunda Etapa) patio de 220 kV y transformación 500/220 kV;
7. Equipo FACTS Serie (Equipo Automático de Compensación Serie) en la LT 500 kV Poroma-Ocoña e instalaciones asociadas;
8. Seccionamiento de la LT 220 kV Mantaro-Pachachaca en la SE Huayucachi;
9. Repotenciación a 250 MVA de la LT 220 kV Pomacocha - San Juan;
10. Repotenciación a 250 MVA de la LT 220 kV Pachachaca - Callahuanca;
11. Repotenciación a 450 MVA de la LT 220 kV Poroma – Marcona

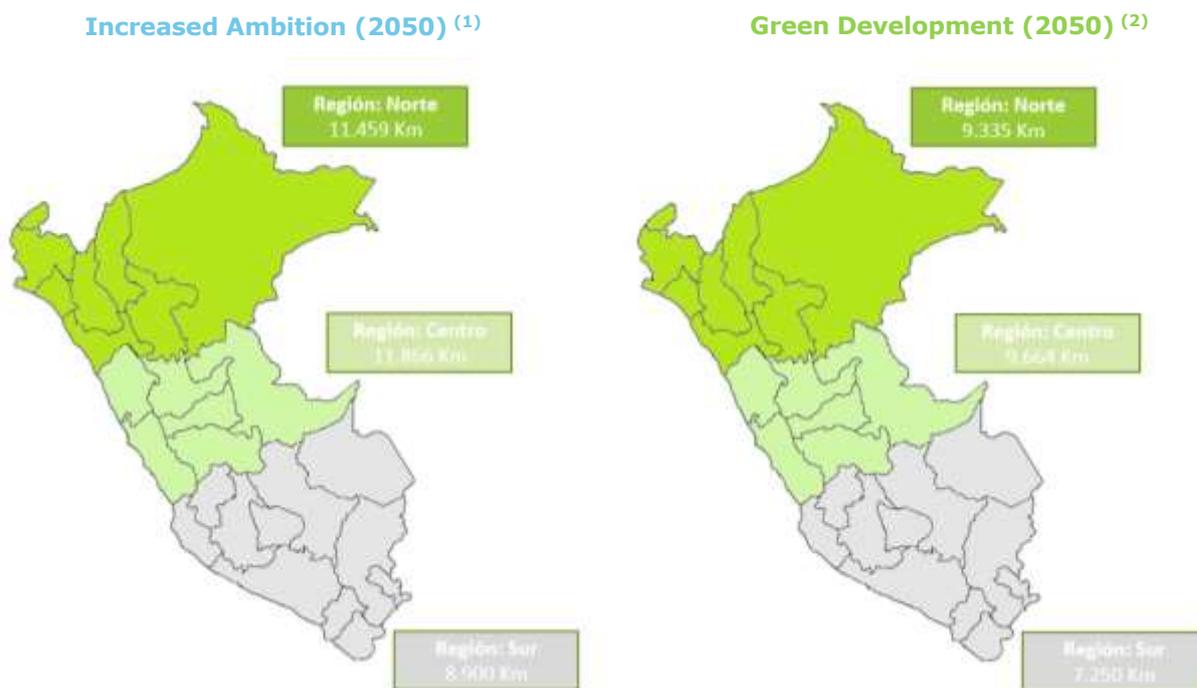
Proyectos de Instalaciones de Transmisión de Conexión (ITC) de Largo Plazo

12. Enlace 220 kV Piura Nueva - Sullana, ampliaciones y subestaciones asociadas;

La transmisión en el Perú se realiza a través del Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN) y los Sistemas Aislados (S.S.A.A) existentes a lo largo del territorio nacional. Perú tiene una gran parte de su territorio interconectado con líneas de alta tensión, no obstante, aún quedan poblaciones sin interconectar debido a factores tales como la distancia, el estado del territorio, los bajos consumos y los costos, entre otros.

Para lograr los objetivos de electrificación a 2050, se requiere una inversión de 9.538 millones y 10.666 millones en líneas de expansión de transporte eléctrico. Este plan de inversión, desde luego incluye el Plan Vinculante hasta 2028 y el Plan de Transmisión hasta el año 2032.

Figura 25: Inversiones en capacidad de transporte eléctrico



(1) Y (2) La construcción de ambos escenarios a 2050 considera los proyectos indicados en la "Propuesta de actualización del plan de Transmisión 2023-2032" publicado por COES en mayo de 2022

Fuente: análisis Deloitte.

En lo que respecta a **Interconexiones Internacionales**, se implementará un proyecto que involucra a la línea existente de 220 kV junto con la línea única de 500 kV La Niña - Piura - Pasaje - Chorrillos (parte del proyecto Andino) y mejora la capacidad de transferencia neta entre los dos países hasta 660 MW en ambos sentidos.

Figura 26: Interconexiones Internacionales



El desarrollo de interconexiones internacionales permitirá a Perú una mejor integración de mercados a partir de la exportación o importación de electricidad generada en centrales eléctricas predefinidas y el mejor aprovechamiento conjunto de fuentes intermitentes de energía.

Interconexión entre Perú y Ecuador

En cuanto a Interconexiones Internacionales, **la Interconexión con Ecuador es la que tiene mayor grado de avance**, encontrándose actualmente en curso ante PROINVERSIÓN, el proceso de licitación, para la implementación de la LT 500 kV Piura Nueva - Frontera.

Interconexión entre Perú y Chile

En el año 2019 se realizó la actualización del estudio de interconexión eléctrica Chile – Perú, en la cual se determinó que **la interconexión entre ambos países resulta ser rentable, y desde el punto de vista del análisis energético la interconexión tendría un alto factor de uso**. Esta interconexión tendría una longitud de 55 km y una capacidad de transferencia de hasta 200 MW.

Las inversiones en redes de transmisión como vehículo para alcanzar un sistema eléctrico más limpio

Construir un sistema eléctrico más limpio y amplio requerirá inversiones en líneas de transmisión y en capacidad de respaldo firme, que podrían verse reducidas gracias a la interconexión regional.

El aumento de la demanda requerirá ampliar la capacidad de transporte eléctrico a lo largo del territorio nacional pero especialmente desde las regiones donde los recursos renovables son más abundantes. Esta inversión reemplaza - en parte - la mayor necesidad de gasoductos en el escenario de referencia. A su vez, la integración regional permite reducir la necesidad de una mayor capacidad de generación destinada únicamente a cubrir los picos de demanda, gracias al aporte de capacidad firme proveniente de países vecinos. Según un estudio del Centro Electrotécnico Sperimentale Italiano (CESI)²¹ el avance hacia una mayor integración permitiría aumentar la participación renovable en al menos 5 GW de potencia renovable variable sin necesidad de respaldo, por la mejor diversificación geográfica, y disminuir la necesidad de respaldo térmico en al menos 3 GW de potencia para 2030.

Perspectivas

La actualización de la infraestructura y la digitalización son la piedra angular para sostener la transición hacia un modelo de energía sostenible con bajas emisiones de carbono.²² El incremento de la demanda de electricidad debería llevar a un cambio de paradigma que permita pasar de un sistema tradicional a un sistema completamente flexible que se adapte al aumento de las energías renovables y la generación descentralizada.

Las nuevas infraestructuras de red en transporte y distribución son claves para impulsar el crecimiento de las energías renovables. En el horizonte 2030, se requerirán nuevas inversiones en las redes eléctricas tanto para permitir el acceso a sitios de alto potencial renovable, y para perseguir una red más interconectada que permita aumentar la confiabilidad del sistema. Para ello, se necesita un número mayor de puntos de conexión disponibles para futuras subastas en programas de desarrollo de energías renovables. Por su parte, en el horizonte de 2050, se espera que la terminación de las redes de las principales áreas urbanas y los nuevos refuerzos en la red aumenten enormemente los sitios potenciales de generación distribuida para energía eólica y solar.

Por su parte, la digitalización de la red es el habilitador clave de la transición requerida, que trae beneficios significativos en términos de ahorro en el gasto de energía, eliminación de emisiones de GEI y mejora de la calidad del aire. La transición a 2050 requerirá, entre otras cosas, una inversión en la red eléctrica, tanto en el sector de la transmisión como en el sector de la distribución. Las inversiones requeridas en las redes de distribución permitirán integrar completamente la nueva capacidad renovable, la

²¹ <https://www.cesi.it>

²² El análisis de esta sección se sustentó mayormente en un informe de Deloitte realizado previamente: “Hacia la descarbonización de la economía: la contribución de las redes a la transición energética”, 2018. (<https://perspectivas.deloitte.com/contribucion-redes-electricas>)

mayoría de las cuales se conectará a las redes de baja y media tensión, gestionará el desarrollo de la movilidad eléctrica y apoyará la electrificación del consumo en los sectores residencial y de servicios.

Una red eléctrica moderna traerá diversos beneficios para la población y la economía del país. La digitalización de red permitirá a los clientes de servicios públicos administrar y reducir mejor los costos de electricidad, cortes de energía más cortos y menos frecuentes, mejoras en las condiciones de trabajo y seguridad pública. Al mismo tiempo, reforzará el sistema eléctrico, aumentando así la confiabilidad y la capacidad de recuperación del servicio incluso en el caso de condiciones climáticas severas.

El despliegue masivo de medidores inteligentes proporcionará un retorno positivo tanto para el sistema como para los clientes. Los beneficios incluyen la eficiencia energética y la oportunidad para que los usuarios gestionen su demanda de manera activa y cambien los hábitos y renueven la tecnología, lo que brinda una mejor eficiencia.

Los medidores inteligentes pueden ayudar a crear patrones de demanda activos y un sistema más confiable y predecible. Las tarifas hora por hora deben desarrollarse, si no es en tiempo real, para permitir un efecto de aplanamiento de la demanda. Una curva de carga más aplanada requerirá una demanda menor y una demanda menos firme, lo que permitirá una mejor planificación y optimización de la generación. La masificación de los medidores inteligentes será la base para el desarrollo de las redes inteligentes y para la optimización en la planificación de las inversiones en la distribución.

Es recomendable que se otorguen incentivos para las inversiones en la distribución para reconfigurar y modernizar las redes (que son puramente radiales) hacia modelos más resilientes y acordes a la digitalización de esta, que permita para llegar a niveles óptimos de calidad y gestionar de manera eficiente el ingreso de la movilidad eléctrica, la generación distribuida, respuesta a la demanda, optimización de las inversiones, entre otros servicios

3.5. Fomentar la eficiencia energética y electrificación de los usos finales

Fomento de la eficiencia energética

La evolución hacia una matriz energética más limpia en términos de emisiones involucra también la reducción de intensidad energética, que se logra a través de la mejora en eficiencia energética. Todos los sectores de actividad a nivel nacional deberían estar alineados para disminuir el consumo energético del país, y, por ende, las medidas correspondientes han de afectar a cada uno de estos.

La regulación legislativa es una excelente herramienta para lograr impactos fuertes en materia de consumo energético. Hoy el principal instrumento normativo es la ley 27.345 de promoción del uso eficiente de la energía que permite asegurar el suministro de energía, proteger al consumidor, fomentar la competitividad de la economía nacional y reducir el impacto ambiental negativo del uso y consumo de los energéticos. De esta manera, se estableció que el Ministerio de Energía y Minas es la autoridad competente del Estado para la promoción del Uso Eficiente de la Energía (UEE), con atribuciones para:

- 1) Promover la creación de una cultura orientada al empleo de los recursos energéticos para impulsar el desarrollo sostenible del país buscando un equilibrio entre la conservación del medio ambiente y el desarrollo económico;
- 2) Promover la mayor transparencia del mercado de la energía, mediante el diagnóstico permanente de la problemática de la eficiencia energética y de la formulación y ejecución de programas, divulgando los procesos, tecnologías y sistemas informativos compatibles con el UEE;
- 3) Diseñar, auspiciar, coordinar y ejecutar programas y proyectos de cooperación internacional para el desarrollo del UEE;
- 4) La elaboración y ejecución de planes y programas referenciales de eficiencia energética;
- 5) Promover la constitución de empresas de servicios energéticos (EMSES), así como la asistencia técnica a instituciones públicas y privadas, y la concertación con organizaciones de consumidores y entidades empresariales;

- 6) Coordinar con los demás sectores y las entidades públicas y privadas el desarrollo de políticas de uso eficiente de la energía;
- 7) Promover el consumo eficiente de energéticos en zonas aisladas y remotas.

Además, introducir conceptos de Eficiencia Energética en la currícula de la educación formal, tanto en los niveles primarios y secundarios, así como en ambientes técnicos y universitarios afines, incorporar sistemas de gestión de la energía en empresas, generar regulación específica en construcciones y difundir nuevos procesos industriales, son solo algunas de las cuestiones que debería tratar la ley, en pos de alentar un cambio de paradigma en la conducta de la población y las empresas. El desarrollo de actuaciones dirigidas a realizar procesos de forma más eficiente, o simplemente no desperdiciar energía en consumos innecesarios, son maneras mediante las cuales, tanto el usuario con capacidad de gestión como el pequeño usuario, pueden colaborar en el aumento de eficiencia.

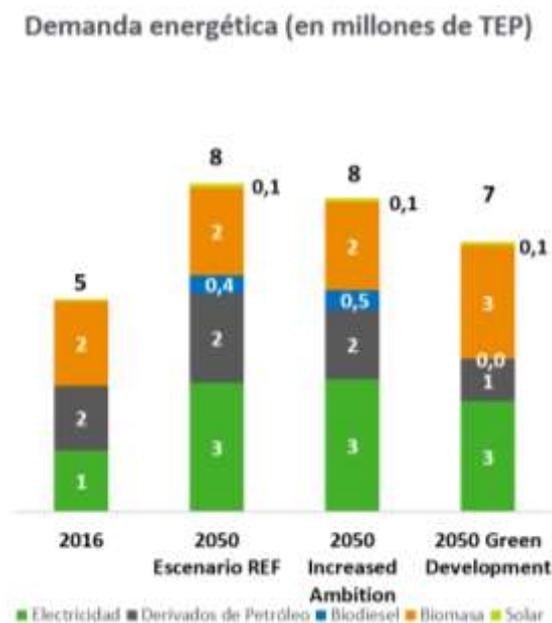
Rumbo a una mayor electrificación en los usos finales

En 2050 sería necesario alcanzar un nivel de electrificación del 34% sobre el consumo total de energía final en el escenario Increased Ambition, y del 42% en el Green Development. De la misma manera, el consumo de gas natural debería representar el 8% en el escenario **Increased Ambition** y reducir su participación hasta el 7% en el **Green Development**, del total del consumo de energía final. En el escenario **Green Development** por su parte, contempla la introducción del **hidrógeno verde como vector de descarbonización**, alcanzando este insumo una participación del 7% sobre el consumo energético final.

3.5.1. Electrificación de los sectores residencial, comercial y público

En el año 2016 (año base), el sector residencial, comercial y público, era responsable de la emisión de 4 MtCO2 equivalentes (un 2% de las emisiones totales de Perú en aquel entonces), explicado principalmente por el consumo de energía para usos térmicos.²³ El consumo eléctrico en el sector residencial, comercial y de servicios públicos propuesto por el modelo TIMES en consideración del mix de medidas de mitigación propuestas para alcanzar los objetivos de emisiones a 2050, necesitaría aumentar hasta situarse en el 40% (escenario **Increased Ambition**) y en el 36% (para el caso del escenario **Green Development**).

Figura 27: Consumo energético final – sectores residencial, comercial y público (Miles de tep)



Fuente: análisis Deloitte.

²³ Fuente: Elaboración Propia. El modelo para el año base se alimenta de datos del Balance Energético Nacional (BEN).

Para alcanzar esta penetración desde los valores actuales, el consumidor residencial, así como el Estado para sus edificios e instalaciones públicas, necesitarán **invertir en nuevos equipos para usos térmicos, en cocinas eléctricas y en artefactos con un mayor nivel de eficiencia que pudieran aparecer en el mercado en años venideros**. La adopción de una energía u otra vendrá derivada de la competitividad en costos de las distintas soluciones tecnológicas disponibles y de la reglamentación aplicable, incluida la que incentive unas menores emisiones en estos consumos.

CUADRO 3. Refrigeradores

Los aparatos de refrigeración y frío son tecnologías maduras cuyo mercado ha alcanzado el nivel de saturación en los países más desarrollados, con tasas de penetración de casi el 100%.²⁴

El mercado de hoy se caracteriza por una disminución significativa en el tamaño del congelador, con un aumento de refrigeradores combinados. Los dispositivos de refrigeración comercial (gabinetes de servicio y de explosión, cámaras frigoríficas, unidades de condensación empaquetadas, enfriadores de procesos) se utilizan en restaurantes, hoteles, pubs, cafés, supermercados y en procesos industriales. En algunos tipos de edificios comerciales (por ejemplo, supermercados), la refrigeración representa hasta el 50% del consumo de energía del edificio^{25,26}. Todos estos dispositivos incluyen compresores, válvulas de expansión, condensadores y evaporadores, ventiladores de evaporador y fluidos de proceso apropiados. En lo que respecta al fluido del proceso, en las últimas décadas del siglo XX, los gases a base de freón, CFC y HCFC se han utilizado ampliamente porque son eficientes, estables y seguros. Sin embargo, las regulaciones para proteger la capa de ozono atmosférica han llevado a la eliminación gradual de la mayoría de estos gases, y se han desarrollado gases de hidrofluorocarbono (HFC) alternativos y se utilizan actualmente. Los fluidos con un potencial de calentamiento global más pequeño están actualmente en desarrollo. La demanda de energía para los aparatos de frío puede reducirse mediante mejoras de eficiencia, como el aislamiento térmico por vacío y las espumas de poliuretano, los descongeladores adaptativos, los intercambiadores de calor, compresores y ventiladores más eficientes y el control electrónico.

En el año base (2016), los refrigeradores en Perú representaban aproximadamente el 9% del consumo eléctrico total, para fines de 2050 se espera que su participación sobre el consumo eléctrico total del sector alcance el 11% en el escenario **Increased Ambition** y el 14% en el escenario **Green Development**, lo cual nos indica que, al ser una tecnología madura, su potencial para alcanzar mayor eficientización es menor que otras tecnologías de uso doméstico.

CUADRO 4. Iluminación

La iluminación representa aproximadamente el 19% de toda la electricidad generada en todo el mundo. El consumo de energía de iluminación puede reducirse mediante mejoras en la eficiencia energética de los sistemas de iluminación, que se componen de lámparas, luminarias y balastos. (Este último para lámparas de descarga). Las mejoras clave de eficiencia están asociadas con la elección de la lámpara. Los principales tipos de lámparas utilizadas en el sector doméstico incluyen las tradicionales (ineficientes) lámparas incandescentes de filamento de tungsteno (servicio de iluminación general, GLS), lámparas halógenas (HL), las lámparas fluorescentes compactas más eficientes (CFL) y luminarias con tecnología LED.

La transición propuesta para los sectores residencial, comercial y de servicios públicos, contempla para ambos escenarios una rápida transición hacia las tecnologías LED.

CUADRO 5. Cocinas

En los países desarrollados, los aparatos de cocción son tecnologías maduras con una penetración de mercado muy alta.

²⁴ IEA, Key World Energy Statistics

²⁵ IEA, Cool Appliances: Policy Strategies for Energy Efficient Homes

²⁶ Cold appliances data, ODYSSEE

Por su parte, en las economías en desarrollo, la energía para cocinar es un uso final más importante en comparación con las economías desarrolladas: en la India, la cocción representa el 90% del consumo doméstico de energía.²⁷

El equipamiento doméstico puede clasificarse ampliamente en hornos, parrillas, fogones y microondas. Al 2016, la tecnología más utilizada en Perú es la cocina GLP, con una participación de mercado del 72,2%, mientras que la participación de las cocinas eléctricas es de tan solo el 1,3% (tendencia que se espera que se revierta en el mediano plazo).²⁸

CUADRO 6. Calefacción y refrigeración mediante bombas de calor

Las bombas de calor no son una tecnología nueva y se han utilizado en todo el mundo durante décadas. De hecho, ejemplos de este tipo de tecnología son los aires acondicionados frío-calor. Las bombas de calor proporcionan calefacción y refrigeración de espacios en edificios que utilizan principalmente electricidad como fuente de alimentación principal. El costo de capital de las bombas de calor para la calefacción de espacios podría ser mayor que el costo del equipo de combustión tradicional en algunos casos, sin embargo, el costo de la tecnología está disminuyendo. Si bien las bombas de calor son una tecnología madura, se espera que su eficiencia aumente en 2030 en un 16-17% para la calefacción y refrigeración, y en 2050 en un 38-40%. Se esperan reducciones de costos como consecuencia de las mejoras tecnológicas, la penetración en el mercado y la sinergia con los sistemas de almacenamiento térmico. Los costos de funcionamiento de las bombas de calor son más bajos que el calentamiento del aceite y son comparables al calentamiento por gas, y con la conveniente ventaja de proporcionar también enfriamiento durante las estaciones más cálidas.

Entre las principales ventajas de las bombas de calor está el hecho de que su principio de funcionamiento les permite usar menos cantidad de energía que el calor que proporcionan, lo que les permite alcanzar fácilmente rendimientos estacionales del 200% al 300%, en comparación con un máximo del 100% alcanzable por un Caldera de gas o aceite de primera clase. Las bombas de calor modernas son adecuadas para cualquier condición climática, y esto se ve corroborado por la amplia penetración que tienen las bombas de calor en los mercados del norte y nórdicos. La energía extra recuperada por el proceso sobre la base del 100% cuenta como energía renovable, ya que no se necesita energía primaria adicional para producirla. Con la mezcla eléctrica promedio en América Latina, las bombas de calor emiten menos CO₂ que cualquier otro dispositivo de calefacción. Si las bombas de calor se adoptaran ampliamente para aplicaciones de calefacción de agua y espacios en edificios, podrían reducir las emisiones globales de CO₂ en 1.250 millones de toneladas en 2050, según la Agencia Internacional de Energía.^{29 30}

CUADRO 7. Sistemas para calentar el agua

En los países desarrollados, se han producido modestas mejoras de eficiencia en el calentamiento del agua en los últimos años. El calentamiento de agua suele ser el tercer uso final de energía doméstica más grande después de la calefacción / refrigeración de espacios y la iluminación. Esta demanda puede ser atendida por sistemas de calentamiento de agua dedicados o por sistemas combinados que también desempeñan un papel de calefacción de espacio primario.³¹

Los sistemas dedicados pueden caracterizarse ampliamente como sistemas de almacenamiento, dispositivos instantáneos o sistemas alternativos, incluidas bombas de calor y sistemas solares. Las divisiones de combustible varían sustancialmente; la mayoría de los países dependen principalmente del gas y la electricidad, aunque el uso de petróleo y biomasa puede ser significativo.

En el sector comercial, el consumo de calefacción de agua contribuye a una menor proporción del consumo total y se concentra en tipos de edificios limitados. El equipo de calentamiento de agua comercial generalmente se amplía en comparación con el equipo doméstico, en términos de potencia y capacidad de almacenamiento o tasa de flujo, con una importante superposición entre los equipos pequeños.

²⁷ D. K. a. M. R. S.D. Pohekar, Dissemination of cooking energy alternatives in India - a review

²⁸ Censo Nacional de Población y Vivienda 2017 - INEI

²⁹ Buildings roadmap - International Energy Agency

³⁰ Energy Technology Perspectives - International Energy Agency

³¹ IEA ETSAP - Technology Brief R03

Sector residencial

Según el censo publicado por INEI, en el año 2016 había 9,1 millones de hogares habitados en Perú, y la proyección de población realizada por el mismo organismo espera unos 11,6 millones para 2050.

En el año base, el 47% del total de la demanda energética en los hogares corresponde al uso de la madera como fuente de combustión, el segundo recurso energético más utilizado es el GLP con una participación del 23%, el tercer lugar es la energía eléctrica con un 21%, quedando el 9% restante distribuido entre otros combustibles (principalmente Gas Natural y Biomasa).

Para la construcción de los escenarios se ha considerado el traspaso de tecnologías convencionales a tecnologías eléctricas en los principales rubros de demanda energética del hogar: calefacción, ventilación y aires acondicionados (HVAC por sus siglas en inglés), cocina y otros usos (principalmente, calentamiento del agua). A su vez, se espera que la mayor eficiencia de las nuevas tecnologías lleve a un menor consumo energético por dispositivo (mayor en términos absolutos respecto del año base).

Sector comercial

En línea con últimos censos e informes publicados³², en 2016 se registraban 2.083.281 comercios en Perú. Si tomamos para la proyección la tasa de crecimiento del PBI³³, en 2050 la cantidad de comercios debería ascender a aproximadamente 5 millones.

De la misma manera que en el sector residencial, se espera que los nuevos locales construidos estén adaptados para la utilización de artefactos eléctricos. A su vez, se estima un traspaso gradual de tecnologías convencionales a tecnologías eléctricas a medida que estas últimas consigan mayores niveles de eficiencia.

Sector público

Se espera que, con el transcurso de los años, los edificios (tales como colegios y hospitales) de carácter público que se inauguren se encuentren adaptados para la utilización de artefactos eléctricos. A su vez, los establecimientos públicos existentes reemplazarán paulatinamente los artefactos no eléctricos por eléctricos conforme estos últimos se vuelvan más eficientes.

A modo resumen podemos enumerar las siguientes medidas para el rubro de servicios públicos:

- En lo que respecta a luminarias, el traspaso del 100% de luminarias convencionales a luminarias LED para 2050.
- Traspaso de calefactores de tiro balanceado por bombas de calor, a medida que las tecnologías eléctricas sigan ganando terreno en términos de eficiencia.
- Electrificación de artefactos para el calentamiento del agua.
- Electrificación de cocinas en comedores públicos

³² Perú: características económicas y financieras de las empresas comerciales (ejercicio económico 2014) - INEI

³³ Estimaciones propias en función de proyecciones realizadas por "The Economist Intelligent Unit"

Figura 28: Consumo energético final – sectores Residencial, Comercial y de Servicios Públicos (Miles de tep)

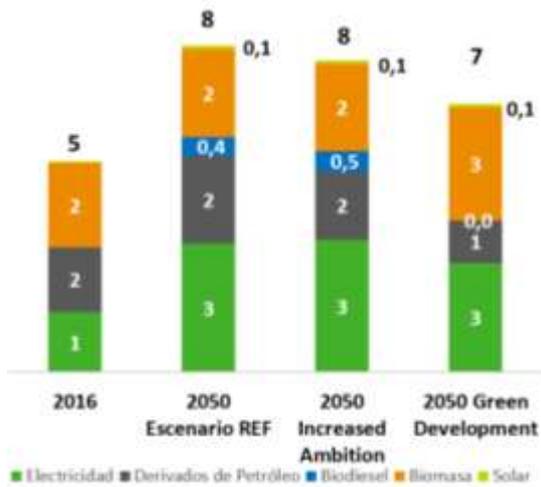
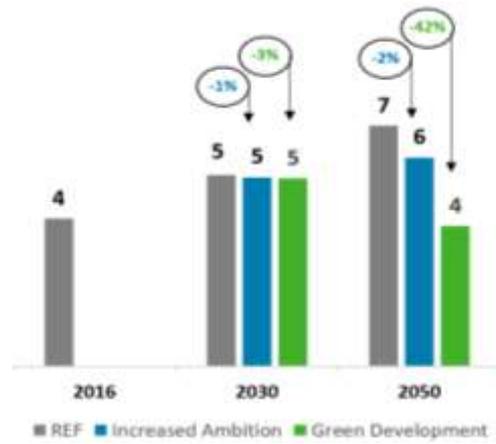


Figura 29: Emisiones directas – sectores Residencial, Comercial y de Servicios Públicos (MtCO2 eq.)



Fuente: análisis Deloitte.

3.5.2. Electrificación del sector agricultura

En los próximos 10 años se espera que se produzca una migración tecnológica en la maquinaria agrícola global que provoque cambios de paradigmas productivos, comparables a lo que produjo la irrupción del tractor diésel en las décadas del 50/60 del siglo pasado.³⁴ Por ello, si bien en Sudamérica el desarrollo de “robots” y/o maquinarias que utilizan baterías de recarga eléctrica o solar (ya disponibles en algunos países de Europa) aún se encuentra en etapa de desarrollo y diseño de prototipos, la construcción de los escenarios **Increased Ambition** y **Green Development** contempla la irrupción de este tipo de tecnologías de forma paulatina para el período 2016-2050.

En términos de emisiones, se espera que la electrificación de maquinarias agrícolas genere una reducción del 20% (escenario **Increased Ambition**) / 44% (escenario **Green Development**) en el consumo energético respecto del escenario BAU a 2050.

Figura 30: Consumo energético final – sector agricultura (Mtep)

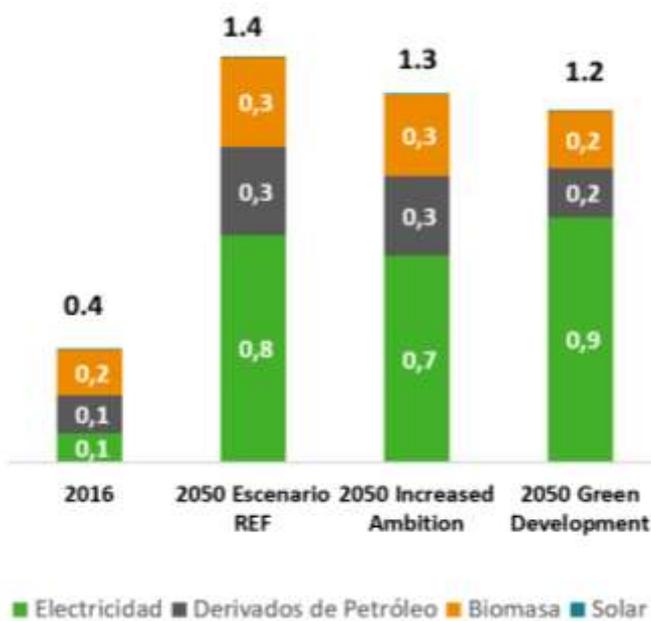
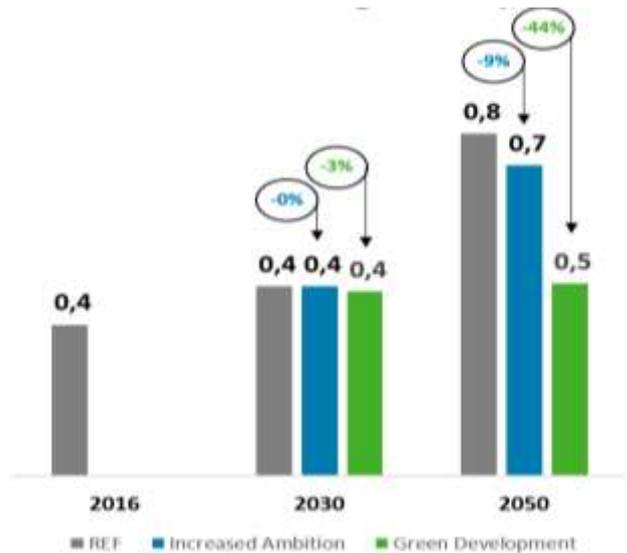


Figura 31: Emisiones directas – sector agricultura (MtCO2 eq.)



Fuente: análisis Deloitte.

³⁴ Fuente: “La maquinaria agrícola, innovaciones y tendencias al 2030” - INTA

3.5.3. Sustitución de combustibles en el sector industrial

La alta penetración de los combustibles fósiles en el sector industrial permite importantes posibilidades de reducción de emisiones GEI para los horizontes 2030 / 2050 a partir de la sustitución de combustibles. El aprovechamiento de procesos térmicos para la cogeneración eléctrica, la sustitución de combustibles propios de la industria siderúrgica (gas de altos hornos, gas de coquería, etc.) por chatarra, una mayor utilización de desechos industriales para generación eléctrica a partir de biomasa, uso de hidrógeno verde en la sustitución de procesos industriales o una mayor electrificación de los procesos a base de generación libre de emisiones, son todas alternativas de fuentes limpias de energía que la industria puede explotar y así disminuir la intensidad de las emisiones generada por su consumo energético. Cabe mencionar, no obstante, que este potencial es menor en relación a otros sectores, donde el gas natural se mantiene como el combustible relevante por su papel en ciertos procesos térmicos donde no es posible otro vector energético con menores emisiones.

La implementación de medidas que tiendan a mejorar la eficiencia energética en la industria permitiría reducir costos sustanciales a las empresas, logrando una optimización del uso de la energía y al mismo tiempo contribuyendo a la lucha contra el cambio climático. El recambio tecnológico a equipos más eficientes también permitiría lograr avances significativos en materia de intensidad energética y emisiones. Específicamente en el caso peruano, el recambio de equipamiento altamente difundido en las plantas fabriles como motores eléctricos y calderas (antiguos, de uso intensivo y de baja eficiencia media), contribuirían ampliamente en este sentido.

Un exitoso proceso de descarbonización del sector industrial que logre estabilizar las emisiones a medida que la industrialización avanza requeriría la adaptación gradual de los procesos industriales locales a la vanguardia tecnológica a nivel mundial, sobre todo en sectores intensivos en emisiones de GEI. La reconversión tecnológica (incluye sustitución de materia prima) a los nuevos estándares internacionales que incorporan una visión ambiental, permitiría no sólo reducir la intensidad de las emisiones sino estabilizarlas en términos absolutos. Para citar sólo algunos ejemplos, se destaca el caso del Horno de Arco Eléctrico en la industria del hierro y acero; distintas mejoras en el proceso de obtención de aluminio (procesos Hall-Hérault y Bayer); la introducción de materia prima no carbonatada para la obtención de cemento; innovaciones y optimizaciones probadas en los catalizadores de la industria química, entre otras innovaciones ya disponibles comercialmente. La tendencia esperada es que los costos de adopción de las distintas tecnologías vayan decreciendo durante la transición.

La implementación de las medidas identificadas para la industria permitiría lograr una reducción de las emisiones totales – por consumo energético y procesos - del 29% y 70% para los escenarios Increased Ambition y Green Development a 2050 respectivamente. Al mismo tiempo se avanzaría en una industrialización sustentable y achicaría la brecha existente en la intensidad energética de Perú con relación a la de los países industrializados.

Figura 32: Consumo energético final – sector industria (Mtep)

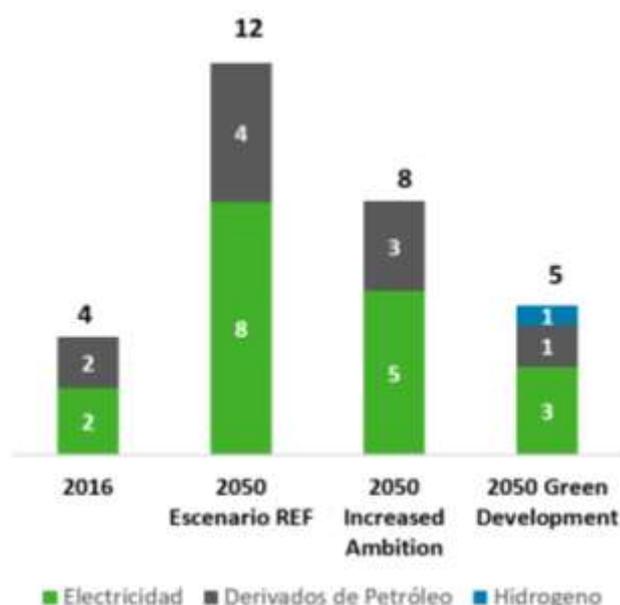
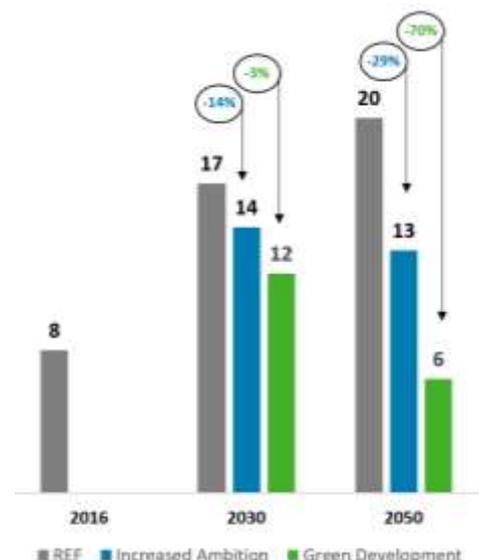


Figura 33: Emisiones directas – sector industria (MtCO2 eq.)



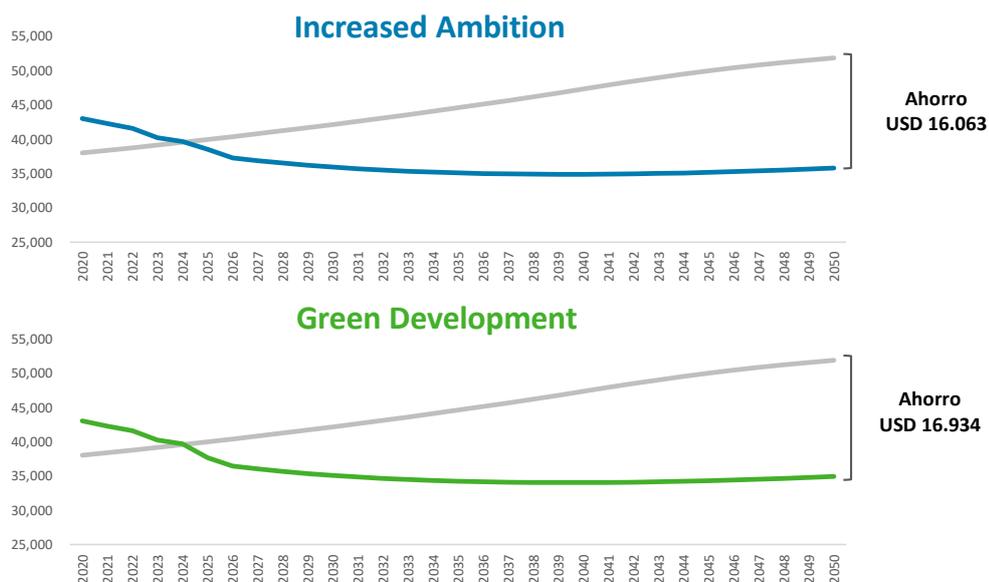
Fuente: análisis Deloitte.

3.5.4. Sustitución de combustibles en el sector transporte

Las emisiones de GEI del sector transporte crecen, a nivel internacional, a la mayor tasa desde 1970.³⁵ Entre las razones se destaca el incremento de la motorización a medida que crece el PBI per cápita. Para mitigar las emisiones potenciales del sector, cuatro líneas de acción son identificadas. En primer lugar, políticas tendientes a reducir la intensidad energética de los vehículos, y en conjunto con estas, medidas que tiendan a restringir la intensidad de carbón por combustible. Una mayor eficiencia, de todas maneras, será insuficiente, por lo que se requiere avanzar a modos de movilización libres de emisiones, como son los vehículos eléctricos y el cambio modal al tren, especialmente para el transporte de carga. Por último, existen oportunidades importantes para incrementar el uso del transporte público, o modificar conductas que promuevan el uso de la bicicleta, compartir el uso del vehículo o disminuir la necesidad de moverse, como puede ser el trabajo remoto.

El desarrollo del Vehículo Eléctrico a Batería (VEB) es la apuesta más importante para descarbonizar el sector transporte. Habiendo alcanzado ventas a nivel global de 3 millones de unidades, como IEA señala en su informe "Global EV Outlook 2022", el objetivo propuesto por varios países es alcanzar una penetración del 30% para 2030, y de 60% para 2050. El despliegue de una estrategia de alta penetración del VEB requerirá cambios sustanciales en la infraestructura necesaria para su uso. De acuerdo con el análisis respecto del costo en vehículos a combustión fósil y eléctricos, a partir del año 2025, los autos eléctricos pasan a ser una opción más económica que los autos tradicionales a combustión fósil.

Costo implícito en vehículos a combustión fósil y eléctricos (en kUSD)



Fuente: análisis Deloitte

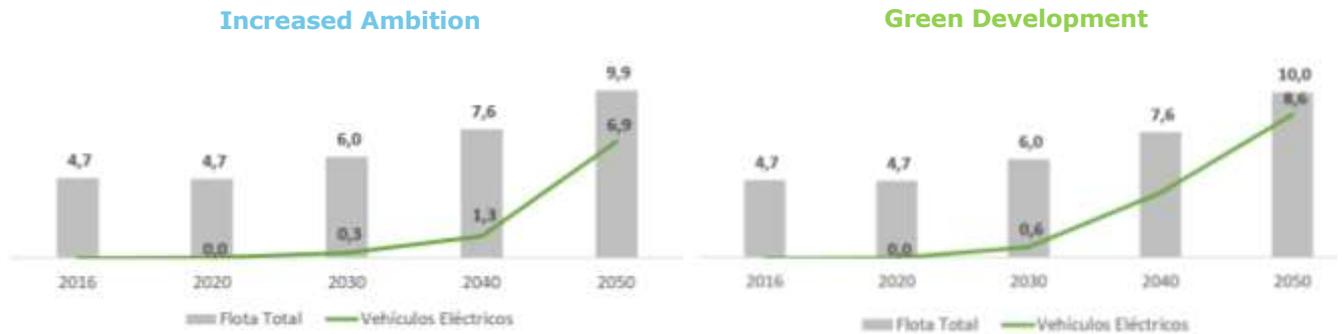
En un escenario sin incentivos monetarios por parte del Estado, ni restricciones a la circulación de autos con motores de combustión interna, significaría una penetración muy baja del EV en los primeros años. En el escenario **Increased Ambition**, donde la adopción del VEB se lograría a partir de su abaratamiento relativo, se espera una penetración del VEB del 5% para 2030 y 70% para 2050 del total del parque de vehículos privados.

Para lograr una curva acelerada de adopción del VEB debería seguirse una política de promoción del vehículo eléctrico, con incentivos para adoptar la tecnología y restringir la circulación de autos a combustión interna, y en particular promover la electromovilidad en el transporte público de pasajeros, así como el uso de vehículos no motorizados. Como consecuencia, en el escenario **Green Development** se logra una curva acelerada de penetración de mercado alcanzando un 11% de participación de mercado al 2030 y una participación del 86% al 2050. Un mecanismo de súper-créditos que vincule a los productores de automóviles a una determinada cuota de créditos de vehículos cero-emisiones, como los adoptados en China, California y Canadá podría resultar muy efectivo para el incremento de la movilidad

³⁵ Fuente: IPCC - https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ipcc_wg3_ar5_chapter8.pdf

sostenible. Otras posibilidades incluyen la introducción de requisitos de instalación de puntos de recarga en edificios nuevos y existentes. Las tasas de penetración en las nuevas ventas del EV privado en los dos escenarios se muestran a continuación.

Figura 34: Electrificación de los vehículos privados (en millones)



Fuente: análisis Deloitte

Si se analizan las tendencias en el costo nivelado de la energía y en el precio de las baterías, podríamos concluir que, en un futuro cercano, la posibilidad de introducir una nueva tecnología como el VEB en el parque automotor de Perú sería económicamente factible, lo cual permitiría la reconversión de los consumidores frente a una tecnología más competitiva.

Figura 35: Vehículos privados (% pasajeros – km.)

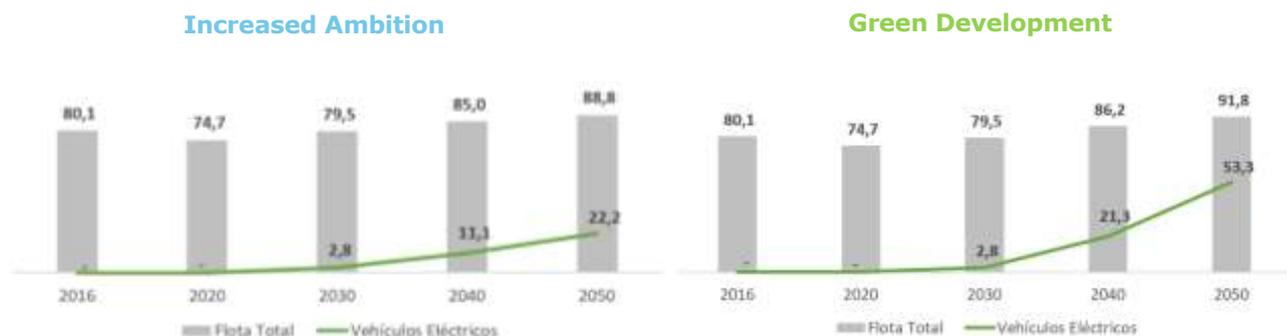


Fuente: análisis Deloitte.

Fuente: análisis Deloitte

Tal como mencionamos anteriormente, para lograr una transición eficiente a vehículos privados eléctricos, es necesario en primera además promover la electromovilidad en el transporte públicos de pasajeros apuntando principalmente a los buses eléctricos. Es por ello, que en el escenario **Increased Ambition** se logra una tasa de penetración de mercado del 3% al 2030 y una participación del 25% al 2050. Mientras que en el escenario **Green Development**, la tasa de penetración de los buses eléctricos a 2030 es del 3%, mientras que a 2050 se estima una tasa de penetración para los buses eléctricos del 58%.

Figura 36: Electrificación de los buses (en miles)



Fuente: análisis Deloitte

Figura 37: Buses (% Passenger - Km.)

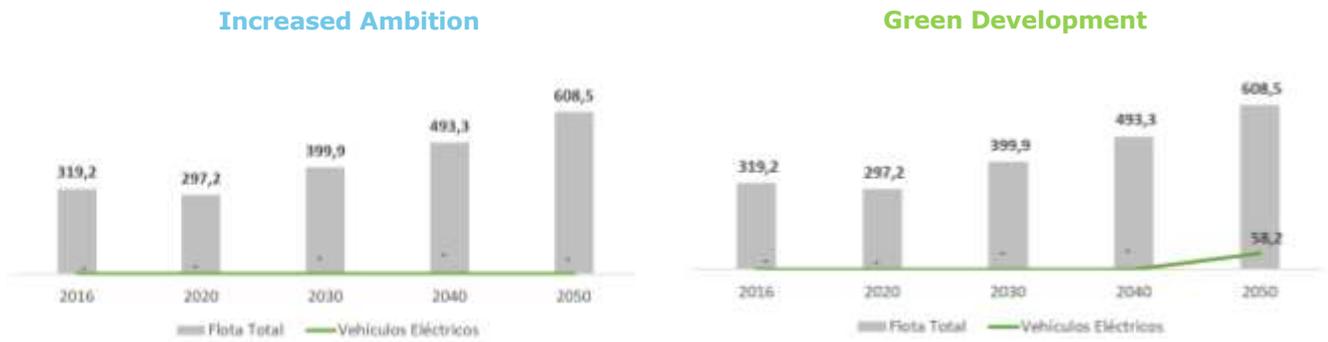


Fuente: análisis Deloitte

En lo que respecta al transporte de cargas, las medidas (que son exclusivas del escenario Green Development) apuntan a promover la participación de los camiones eléctricos para el transporte de carga liviana y reducir el uso del diésel como combustible, por su parte, para el transporte de carga pesada, se incluye el uso del hidrógeno verde como vector de descarbonización. De esta manera, se alcanza una tasa de penetración de los camiones eléctricos a 2050 del 10%.

Mediante la electrificación de los vehículos de carga y la adopción de nuevas normas con los mayores estándares de emisiones de CO2, Perú obtendrá un impacto sustancial en las emisiones de GEI y una reducción significativa en la flota a combustible.

Figura 38: Electrificación de los camiones (en miles)



Fuente: análisis Deloitte

Figura 39: Transporte de carga (% Passenger – Km.)



Fuente: análisis Deloitte

Para el sector de transporte de pasajeros y de carga (tanto naval como aéreo), las medidas de mitigación están enfocadas a la eficientización de tecnologías existentes con el fin de lograr una reducción en el consumo de combustibles fósiles.

En suma, todas estas medidas nos permiten reducir la demanda energética en un 11% para el año 2050 (en el escenario **Increased Ambition**) y un 22% (en el **Green Development**) con respecto al BAU.

Con respecto a las emisiones de gases, se espera una reducción directa de 5,54 MtCO₂eq en el escenario **Increased Ambition** y de 13,26 MtCO₂eq. en el **Green Development** con respecto a los valores proyectados en el escenario BAU a 2050.

Figura 40: Consumo energético final – sector transporte (Mtep)

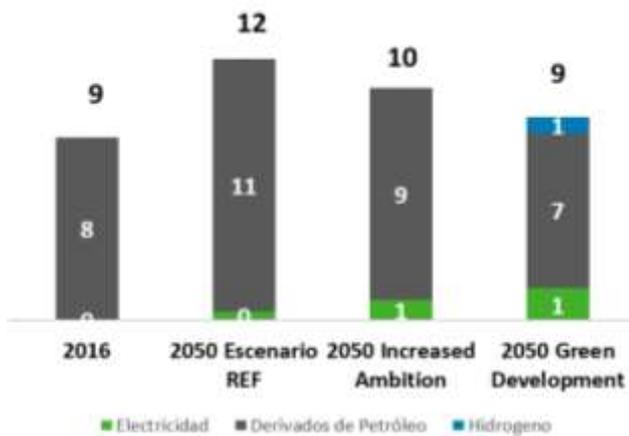
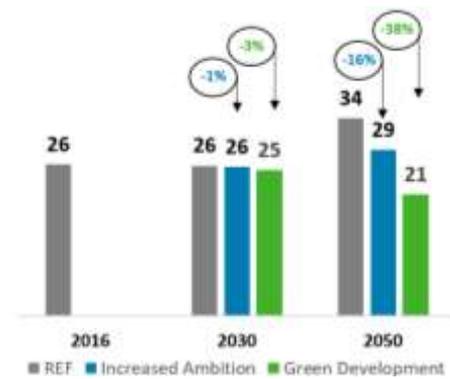


Figura 41: Emisiones directas – sector Transporte (MtCO2 eq.)



Fuente: análisis Deloitte

3.6. El rol del hidrógeno verde en la descarbonización de Perú

Introducción del hidrógeno verde como fuente de energía limpia

El Hidrógeno verde es la mayor reserva de combustible no contaminante del mundo. Este gas se puede generar a partir de fuentes renovables, almacenarse y ser utilizado, a través de pilas de combustible, para generar electricidad sin contaminar.

El hidrógeno verde permite una verdadera integración de las energías renovables en todos los sectores: energía eléctrica, transporte, gas, industrias pesadas estratégicas como minería, fertilizantes verdes, refinerías, etc.; y una descarbonización de **sectores donde no es viable la electrificación**.

Se espera que el hidrógeno verde alcance paridad económica en 2030: el costo nivelado estimado para el hidrógeno azul es de 1,4 a 1,8 USD/kg mientras que, para el hidrógeno verde, este valor podría estar entre los 1,5 USD/kg para los proyectos off-grid del orden de 1 GW de potencia eólica y de entre 1,6 y 2,7 USD/kg para proyectos on-grid de hasta un orden de 100 MW. Esto facilitaría la adopción de tecnologías de hidrógeno y su masificación, sobre todo para la industria y la movilidad.

El rol que asume el hidrógeno verde como vector de descarbonización en la presente actualización de Hoja de Ruta de Transición Energética para Perú a 2050

Una de las principales novedades que trae la presente actualización del estudio lanzado originalmente en 2020 radica en la profundización que se le ha dado al análisis del hidrógeno verde como vector de descarbonización. En nuestro estudio anterior, el análisis del hidrógeno verde había quedado circunscripto a un análisis de sensibilidad por lo que, en esta actualización, hemos ya incorporado este insumo como una realidad que ya se materializa en el escenario disruptivo (**Green Development**), dado que las actuales tendencias de mercado empiezan a mirar con mayor optimismo la factibilidad para el desarrollo de esta fuente de energía.

Considerando las proyecciones de costos de este insumo y las restricciones propias del modelo que resultan de un nivel de ambición compatible con el logro del objetivo de carbono-neutralidad a 2050, **el hidrógeno verde se presenta como una solución costo-eficiente para aquellos sectores denominados difíciles de descarbonizar** (principalmente, los referidos a industria y transporte de carga pesada).

De esta manera, el modelo nos arroja como resultado para el escenario **Green Development**, la necesidad de desarrollar proyectos de energía eólica y solar que faciliten la generación de 26 TWh que estén destinados

de manera exclusiva a la generación de hidrógeno verde. Como resultado, se obtiene una producción total a 2050 de 1,6 millones de TEP.

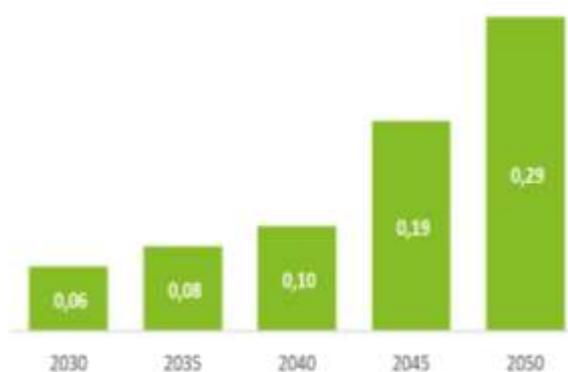
En cuanto a la utilización del hidrógeno verde como vector de descarbonización, el mismo se emplea en el sector industrial (0,61 millones de TEP a 2050) y para el transporte de carga pesada (0,72 millones de TEP a 2050).

Por último, el modelo contempla el potencial de Perú para ser un **país exportador de hidrógeno verde**. A 2050 se proyecta un volumen total de exportaciones de 0,29 millones de TEP.

Figura 42: Hidrógeno verde como vector de descarbonización en el consumo interno (Millones de TEP)



Figura 43: Exportación de hidrógeno verde (Millones de TEP)



Fuente: análisis Deloitte

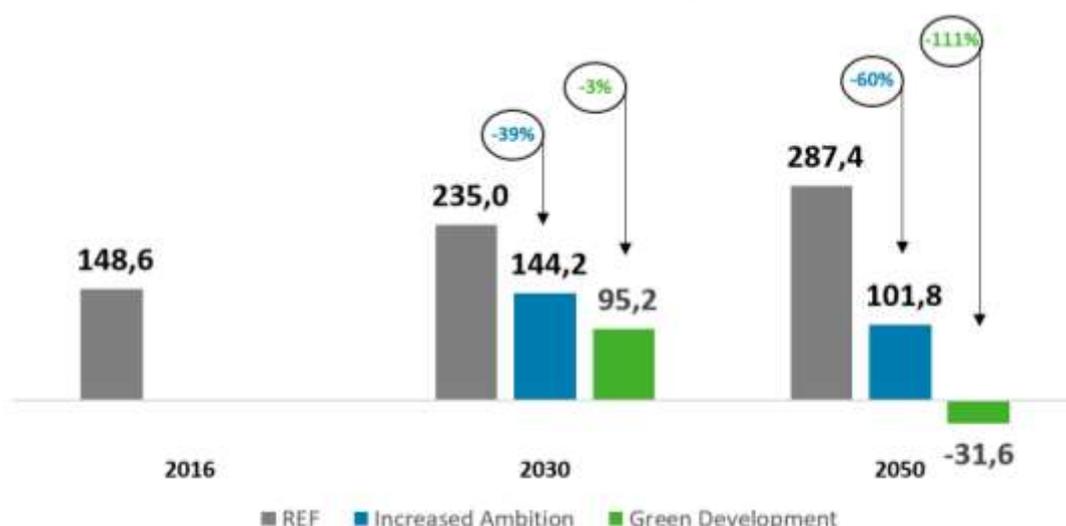
3.7. Incentivo a modelos de producción sustentable – sector no energético

El sector “no energético” comprende las siguientes ramas:

- Ganadería, silvicultura y otros usos de los suelos
- Tratamiento de residuos
- Emisiones fugitivas

Dado que representa uno de los sectores con mayor volumen de emisiones de gases de efecto invernadero, los escenarios proponen fuertes medidas de mitigación. Mientras que en el escenario BAU, el aumento del nivel de emisiones hacia 2050 es de 93%, el escenario **Increased Ambition** propone disminuciones para que dicho nivel de emisiones se reduzca en un 60% a 2050 con respecto a las registradas en el escenario de referencia. Por su parte, en el escenario **Green Development**, las medidas disruptivas llegan incluso a lograr reducciones del 111% con respecto a los niveles de emisiones del escenario BAU.

Figura 44: Emisiones – sector no energético (MtCO2 eq.)



Fuente: análisis Deloitte.

3.6.1. Sector AFOLU

Ganadería

La ganadería en Perú representa cerca del 40% del valor bruto de la producción agropecuaria.

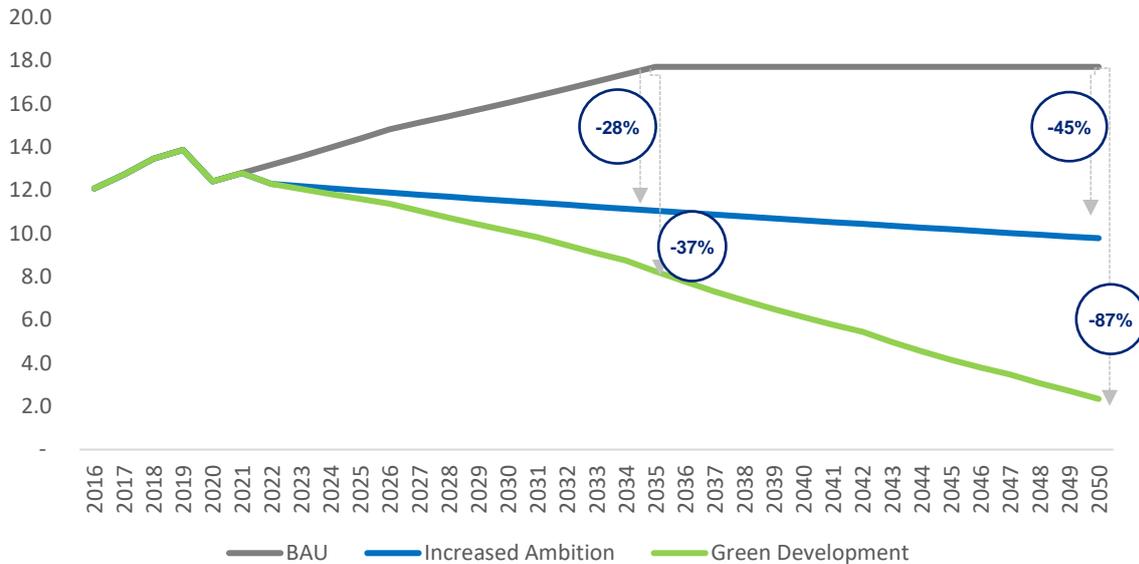
Durante la última década, el VBP Agropecuario creció a un ritmo de 4,0% promedio anual, como resultado del dinamismo impuesto por el subsector pecuario (5,4%), más que por el subsector agrícola (3,2%). En el subsector pecuario, el motor de crecimiento fue la producción avícola, que registró una tasa de crecimiento anual de 8,0%.³⁶ En el año 2016, el sector ganadero fue responsable de la emisión de 12,08 MtCO2 equivalentes (representando un 6% del total de emisiones de ese año). Si estos niveles continuaran con la misma tendencia creciente que acompaña al ritmo del crecimiento de la economía peruana, proyectando hacia 2030 y 2050, los niveles de emisiones se hallarían en torno a los 16,1 y 17,7 MtCO2 equivalentes respectivamente.

Los escenarios proponen mejoras en esta tendencia de aumento del nivel de emisiones, de distinto grado, pero con esfuerzos en distintas palancas a través de diversas medidas en lo que respecta al manejo de la ganadería, que ayudan a lograr resultados más favorables. El escenario **Increased Ambition** muestra reducciones por el 28% y el 45% en 2030 y 2050 respectivamente, con respecto a niveles BAU, mientras que en el escenario **Green Development**, estos niveles pasan a ser de 37% y 87%, mostrando disminuciones aún más agresivas.

Estas reducciones se logran, como se remarcó anteriormente, mediante la implementación de medidas de mitigación de carácter sistémico, ambiciosas y estratégicas, que abarcan al subsector entero. La promoción de buenas prácticas y la mejora de procesos mediante el desarrollo de planes y programas públicos de extensionismo rural es fundamental para lograr estas metas.

³⁶ "Diagnóstico de crianzas priorizadas para el plan ganadero 2017-2021", Ministerio de Agricultura y Riego Perú

Figura 45: Emisiones - sub-sector ganadería (MtCO2 eq.)



Fuente: análisis Deloitte.

Usos de los suelos

El sector Uso de Suelos, Cambio de Uso de Suelos y Silvicultura (USCUSS) fue responsable de la emisión de 122,82 MtCO2 equivalentes en 2016 (un 61% de las emisiones totales de Perú en aquel entonces).

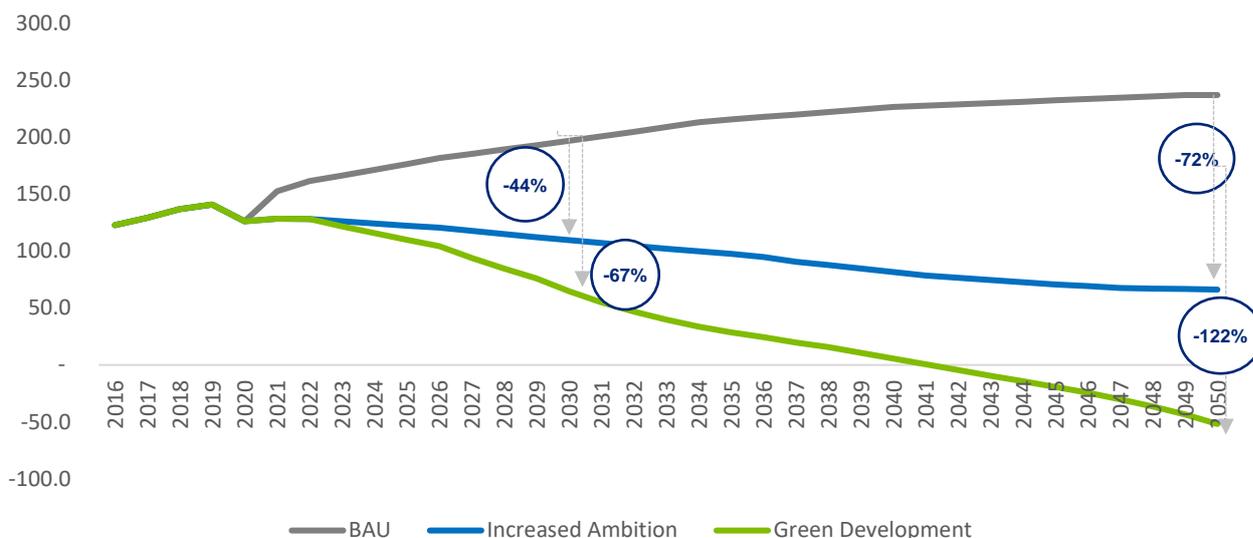
En caso de no aplicarse medidas que logren mitigar el nivel de emisiones, el sub-sector registraría niveles de 196,9 MtCO2 equivalente en 2030 y 237,1 2050 MtCO2 equivalente en 2050. El escenario **Increased Ambition** propone medidas en torno a la forestación que buscan reducir estos niveles un 44% en 2030 y un 72% en 2050, mientras que el **Green Development**, en línea con estas medidas y también mediante la mejora en pastizales y el mejor uso de tierra para cultivo, propone reducciones de 67% en 2030, mientras que en 2050 se logran absorber las emisiones remanentes del sector y se logra la carbono neutralidad reduciendo un 122% en relación a los niveles del BAU.

La reducción de la deforestación y la promoción del aumento de la superficie de las plantaciones forestales es fundamental para que lograr las metas.

A continuación, se muestran las medidas a implementar en el sector con el objetivo de alcanzar la carbono-neutralidad de Perú mediante la reducción y absorción de las emisiones de GEI:

- **Manejo de cultivos:** restauración de tierras, manejo silvopastoril, reconversión de cultivos de arroz por cultivos permanentes y asociados, sistemas de secas intermitentes (SICA) en el cultivo de arroz para la disminución de GEI, manejo sostenible de los cultivos permanentes en la Amazonia para la disminución de GEI.
- **Manejo forestal sostenible:** mecanismos de conservación de bosques en comunidades nativas, asignación de derechos de tierras no categorizadas en la Amazonia y mayor intensidad en el escenario **Green Development** mediante el desarrollo de programas de reforestación y agroforestería.
- **Mejora en pastizales.**

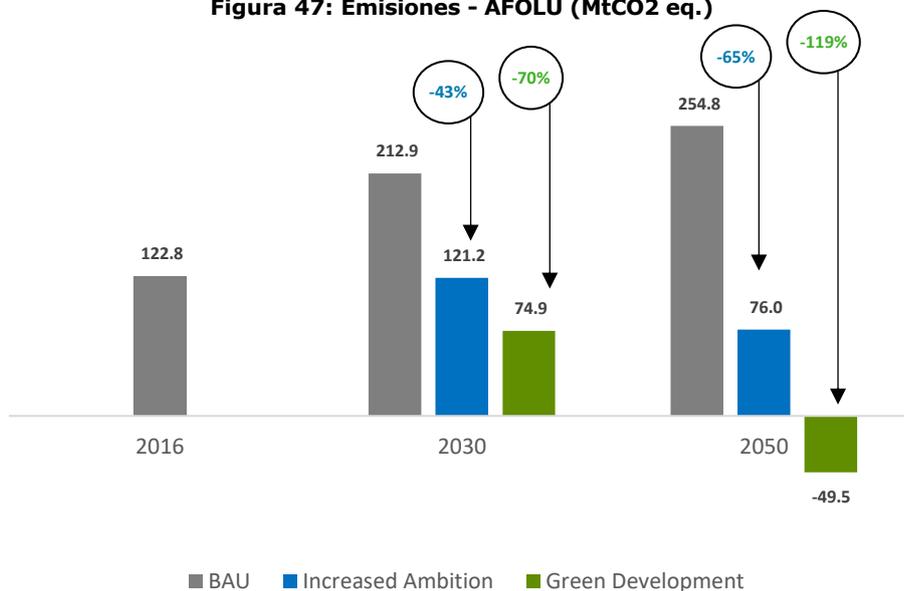
Figura 46: Emisiones - sub-sector otros usos de los suelos (MtCO2 eq.)



Fuente: análisis Deloitte.

La ganadería y el uso de suelos, en conjunto con otras actividades relacionada a la agricultura, componen la totalidad del sector que denominamos AFOLU, que alcanzó niveles de emisiones por 134,9 MtCO2 equivalentes en 2016. El escenario **Increased Ambition** propone reducciones con respecto a los niveles BAU del 43% y 65% para 2030 y 2050 respectivamente, mientras que **Green Development** lleva estos niveles a 70% y 119%.

Figura 47: Emisiones - AFOLU (MtCO2 eq.)



Fuente: análisis Deloitte.

3.7.2. Residuos Sólidos

Las emisiones de GEI del sector residuos ascendieron en 2016 a 6,4 MtCO2eq. (representando un 3,2% del total de emisiones de ese año), compuesto casi en su totalidad de emisiones de metano. La

principal fuente de emisión es la subcategoría "Disposición de desperdicios sólidos en tierra" representando el 66,5% de las emisiones del sector, seguido de la subcategoría "Tratamiento de aguas residuales" con el 25% y el 8,5% restante proveniente de "Efluentes industriales".³⁷

Las medidas de mitigación consideradas en el escenario Increased Ambition podrían reducir las emisiones del sector en un 12% para el 2050 con respecto a la línea base (BAU). Las mismas se centran en lo siguiente:

- Recuperación y valorización material y energética de los residuos a través de reutilización, reciclaje, compostaje, coprocesamiento. Disposición final de los residuos en la infraestructura respectiva a través de la implementación de tecnologías que permitan la reducción de GEI.
 - Construcción de rellenos sanitarios con tecnología semiareobia y con captura y quema centralizada de biogás.
 - Segregación de residuos sólidos orgánicos para su valorización material en plantas de compostaje.
 - Aprovechamiento del biogás generado en rellenos sanitarios para su valorización energética.
- Aumento de la cobertura actual de los servicios de saneamiento, considerando tecnologías que permitan la reducción de emisiones de GEI en las PTAR tales como la u otros sistemas de coberturas, sistemas de instalación de geo membranas tuberías de recolección de gas, digestores para el tratamiento de lodos, quemadores u otras tecnologías.
 - Mejorar el tratamiento de aguas residuales y control de presiones en los servicios de agua potable.
 - Construcción de nuevas Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) para el cierre de brechas del sector de saneamiento.
 - Cobertura de lagunas anaerobias y quema de metano, e instalación de digestores anaerobios de lodos de PTAR para la captura y quema de metano.
 - Aprovechamiento de aguas residuales tratadas y biosólidos

Por su parte, en el escenario **Green Development**, las medidas incrementales con relación al escenario anterior es establecer una política de reciclado que permita disminuir la cantidad de residuos anuales por habitante a través de una economía circular, aumentando el esfuerzo de reciclaje a lo largo de toda la cadena económica. **Esto permitiría llevar las emisiones a un mínimo, y alcanzar una reducción del 21% en el 2050 versus el BAU.**

3.7.3. Emisiones Fugitivas

Las Emisiones Fugitivas ascendieron en 2016 a 7,3 MtCO₂eq. (representando un 3,6% del total de emisiones de ese año). El sector de producción y transporte de gas es el principal emisor de emisiones de metano. Las mismas se producen como consecuencia de las pérdidas de gas especialmente en transporte, y la quema o venteo de gas en boca de pozo. Los beneficios de disminuir las emisiones no son solo ambientales, pues el costo económico del gas perdido es sustancial.

Dentro de las principales medidas de mitigación se consideran las siguientes:

- Sustitución de Clinker para disminuir la relación Clinker/cemento produciendo cementos adicionados.
- Uso de combustibles derivados de residuos como sustituto de combustibles fósiles en los hornos de producción de Clinker.

³⁷ "Segundo Informe Bienal de Actualización ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático", Ministerio del Ambiente, Perú

- Actualización o modificación de los equipos existentes.
- Cambios en prácticas operativas, incluyendo inspección directa y mantenimiento.
- Instalación de nuevo equipamiento.

En el escenario **Increased Ambition** la implementación de las medidas antes descritas logran atenuar el crecimiento de las emisiones. En el escenario **Green Development** se establecen límites más estrictos y se incorporan norma de terminación de posos que permitiría reducir en un 66% al 2050 con respecto al escenario BAU.

3.8. Análisis de inversiones y costos en el sistema

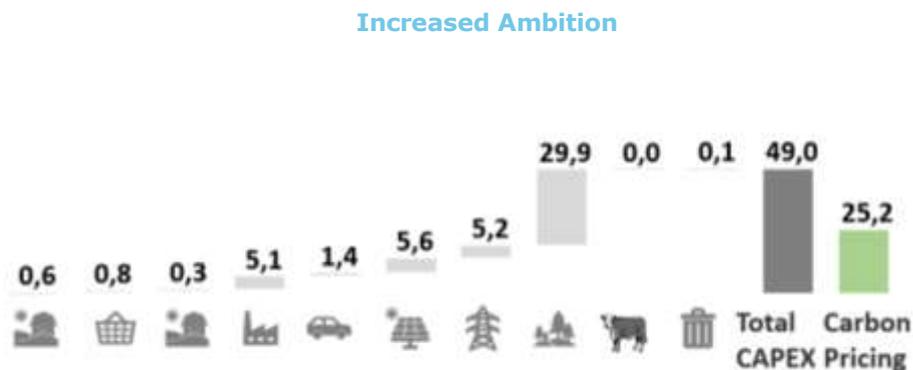
Inversiones necesarias durante el periodo 2014-2050

Los cambios planteados en los escenarios requerirán de inversiones incrementales con relación al escenario de referencia, que a valor presente alcanzan USD 49.000 millones y USD 100.600 millones de 2016³⁸. Las inversiones abarcan todos los sectores económicos, especialmente la transformación de la matriz eléctrica y los cambios del sector transporte, incluyendo los cambios modales que desarrollen una mayor penetración del tren. Este último junto con la industria muestra que la inversión adicional entre el escenario **Increased Ambition** y **Green Development** es significativo, si se quiere lograr la reducción de emisiones en términos absolutos.

La literatura reciente producida desde distintas organizaciones para la lucha contra el cambio climático, observa en la fijación de precios del carbono, o en los llamados esquemas *Carbon Pricing* que penalizan las emisiones, una poderosa palanca política para apoyar la descarbonización y financiar las inversiones necesarias en la transición, al tiempo que estimulan la competitividad, la creación de empleos y la innovación.³⁹ En la actualidad, alrededor de 40 gobiernos nacionales y 23 Gobiernos subnacionales han implementado mecanismos de fijación del precio del carbono, con lo que se cubre el 12 % de las emisiones mundiales⁴⁰.

De las inversiones totales en cada uno de los escenarios, una parte se logra financiar mediante *Carbon Pricing*. A valores de 2016, hemos estimado que este mecanismo permitiría obtener un fondeo por un total de USD 25.200 millones en el escenario **Increased Ambition** y de USD 37.600 millones en el **Green Development**. De esta manera, las inversiones netas en cada escenario serían de USD 23.800 millones y USD 63.000 millones respectivamente.

Figura 48: CAPEX totales - en comparación al BAU (miles de millones de USD)⁽¹⁾



Fuente: análisis Deloitte.

³⁸ Todos los valores se encuentran descontados a 2016, a la tasa utilizada por los organismos internacionales para países emergentes del 7,5%.

³⁹ Fuente: Coalición de Liderazgo para la Fijación del Precio del Carbono (CPLC, por sus siglas en inglés), una alianza mundial puesta en marcha durante las negociaciones sobre el clima en París, con el objetivo de reunir el apoyo público y privado para la fijación del precio del carbono en todo el mundo.

⁴⁰ Fuente: CPLC, Año 2016 (<https://www.cdp.net/CDPResults/carbon-pricing-in-the-corporate-world.pdf>)

Figura 49: CAPEX totales - en comparación al BAU (miles de millones de USD)⁽¹⁾



Fuente: análisis Deloitte.

Cuando realizamos un análisis del costo-beneficio por medida de mitigación incluyendo, por un lado, el costo de implementación de los paquetes de medidas y, por otro, el beneficio generado en concepto de costo social de carbono⁴¹, arribamos que el beneficio medio por tonelada de CO₂eq. es de USD 16,5 en el escenario **Increased Ambition** y de USD 12,8 en el escenario **Green Development**.

Increased Ambition

Figura 50: Curva de Costo – Beneficio (en signo negativo) Medio por Medida/Sector (USD/tCO₂eq y en millones de tCO₂eq) ⁽¹⁾



⁴¹ Por costo social de carbono se entiende al valor económico por la tonelada CO₂eq. adicional de emisiones evitada.

Green Development

Figura 51: Curva de Costo (Beneficio) Medio por Medida/Sector (USD/tCO₂eq y en millones de tCO₂eq) ⁽¹⁾



Nota (1): Valor presente neto resultante de las medidas (descuento) a una tasa del 7,5% debido las toneladas acumuladas evitadas. Incluye los costos sociales del carbono a USD 44 la tCO₂eq. Fuente: análisis Deloitte.

Si bien el beneficio medio resulta ser más alto en el escenario **Increased Ambition** en comparación con el **Green Development** (dado el menor volumen de inversiones en el primer escenario), si contemplamos el diferencial en cuanto a MtCO₂eq. evitadas, esta tendencia se revierte en términos de beneficios medios totales tal como analizaremos en el siguiente apartado.

3.9. Beneficios de la descarbonización

Las inversiones incrementales necesarias para alcanzar estos escenarios son más que compensadas por los ahorros logrados por la descarbonización. En el escenario **Increased Ambition**, el beneficio neto social para la economía en el período 2016 - 2050 es de USD 82.200 millones de dólares a 2016. En primer lugar, existe una marcada reducción del costo del consumo de las fuentes primarias de energía. Esto es, el ahorro por el menor consumo de combustibles fósiles es mayor que las inversiones en generación eléctrica, transporte y el costo de suministro necesario para su reemplazo.

En el escenario **Green Development** el beneficio neto para la economía sigue siendo positivo y ampliamente superior al escenario anterior, al alcanzar los USD 128.300 millones en el período 2016 - 2050. Aun cuando las inversiones para evitar las emisiones son mayores (especialmente en los sectores industria, transporte y el sector vinculado al uso de suelos y tierras forestales), los beneficios derivados por la mejora de eficiencia energética en el sector residencial, comercial y servicios públicos y también el beneficio al reducir una mayor cantidad de consumo de recursos primarios, crecen a una mayor tasa. **Como resultado podemos concluir que un mayor esfuerzo económico permite a su vez alcanzar mayores beneficios netos totales.**

Figura 52: Valor presente neto (miles de millones de USD)



Figura 53: tCO2eq. evitadas

	Residencial	Comercial y servicios públicos	Agricultura	Industria	Transporte	USCUSS	Farming	Desechos	E-Power	Total
I.A.	29	28	12	229	38	3393	165	74	31	3.999
G.D.	80	65	24	571	123	5.184	262	91	60	6.460

- (1) Los valores positivos indican beneficios netos y los negativos costos netos resultantes de las medidas por sector, a valor presente neto descontado a una tasa del 7,5%.
- (2) No considera el uso de redes inteligentes que permitan reducir el pico de demanda.
- (3) Por costo social de carbono se entiende al valor económico por la tonelada CO2eq. adicional de emisiones evitada. Calculado a USD 44 la tCO2eq.

Fuente: análisis Deloitte

El camino hacia una transición justa

En el Acuerdo de Paris se reconoce la necesidad de que la transición sea rápida y equitativa para los trabajadores y para la comunidad. La transición aumentará la prosperidad y puede ser un motor clave en la creación de empleo. Implica tanto al Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) N°8 de la ONU que busca promover el crecimiento económico inclusivo y sostenible, el empleo el trabajo decente para todos, como al ODS N°13 centrado en adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos.

Alcanzar el Objetivo N°8 implica la creación de +600 millones de nuevos empleos para 2030, siguiendo el ritmo de crecimiento de la población mundial en edad de trabajar. El cambio climático incontrolado podría revertir los logros en prosperidad económica, progreso social y reducción de la pobreza.

La reducción de emisiones de GEI implica cambios dentro y entre sectores económicos, así como cambios entre las diferentes regiones a nivel global. Una transición mundial hacia una economía sostenible y con bajas emisiones de carbono tiene efectos positivos y negativos en el empleo. A nivel general, en las industrias y servicios descarbonizadas la producción y el empleo crecerán, mientras que los sectores intensivos en energía y recursos probablemente se estancarán o contraerán. Esto resultará en:

- **Creación de empleos** dada por la expansión de productos, servicios e infraestructura de bajo consumo de carbono
- **Sustitución de empleos** como resultado de cambios en la economía en cuanto a eficientización, menor contaminación en procesos de producción y descarbonización.
- **Eliminación de empleos** cuando las actividades económicas contaminantes y de uso intensivo de energía y materiales se reducen o se eliminan por completo.

- **Transformación y redefinición de empleos** cuando se respeten las prácticas laborales cotidianas, los conjuntos de habilidades, los métodos de trabajo y los perfiles laborales.

Otra dimensión que es importante tener en cuenta junto con el cambio en el número de puestos de trabajo es la calidad del empleo. Los empleos creados en la transición deben ser “decentes”, es decir que deben proporcionar ingresos adecuados y protección social, condiciones de trabajo seguras, respeto de los derechos en el trabajo y diálogo social. Además, los derechos de los trabajadores deben garantizar que tanto hombres como mujeres tengan igualdad de oportunidades, estén protegidos contra la discriminación, y tengan acceso a la política de licencias de maternidad y paternidad.

La escala y el alcance de estos cambios dependen de la velocidad y amplitud de los cambios tecnológicos y de mercado en la transformación verde. Tales impactos deben ser suavizados a través de la creación de políticas de transición justa para trabajadores afectados y su comunidad⁴².

En América Latina la descarbonización puede generar 15 millones de puestos de trabajo netos en la región para 2030: resultado de 22,5 millones de puestos de trabajo creados y 7,5 millones de empleos eliminados⁴³.

En Perú se estima que, a 2050, se crearán 933.300 puestos de trabajo netos provenientes de la creación de 1.400.300 nuevos puestos de trabajo para el 2050 de los cuales 980.000 pertenecerán al sector de la construcción, 210.000 al de minería de cobre, otros 140.100 estarán relacionados a las energías renovables y los 70.200 restantes pertenecerán a la manufactura de insumos eléctricos. Por otro lado, 467.000 puestos de trabajo, relacionados especialmente al sector de refinación y extracción de petróleo (400.000 puestos) y a la minería y generación de electricidad por carbón (67.000), se verán amenazados⁴⁴.

En el camino hacia una transición justa se deben identificar las mejores prácticas impuestas a nivel global. Se debe abordar el problema de la competitividad internacional a través de los precios del carbono y los ajustes fiscales en la frontera.

Cuatro recomendaciones que llevan a una transición energética justa para todos⁴⁵:

1. **Apoyar la intromisión de tecnologías eléctricas** a través de Bonos de Inversión de Transición Energética, Clusters Energéticos Nacionales sobre tecnologías de electrificación, Esquemas financieros innovadores para tecnologías maduras, Concientización.
2. **Gestionar el empleo y las oportunidades** a través de medidas sociales para los trabajadores (ej.: jubilación anticipada), nuevos programas educativos (ej.: economía circular) y el desarrollo e implementación de programas de capacitación.
3. **Abordar la pobreza energética** mediante la creación de un índice para medir la pobreza energética, la creación de subsidios/planes de protección social para hogares de bajos ingresos y/o la introducción progresiva de reformas de precios.
4. **Promover una redistribución justa de los costos de transición**, revisando los componentes de costos dentro de la factura de electricidad y/o eliminando impuestos/gravámenes indebidos de la factura de electricidad.

Una transición justa hace hincapié en un enfoque participativo de la sostenibilidad ambiental y social. El diálogo social que da voz a las preocupaciones y necesidades de trabajadores, empleadores y comunidades, afectados por la transición hacia cero emisiones netas, ayuda a crear confianza y forja el consenso.

Impacto en el PBI de las medidas de mitigación

La combinación de reformas económicas con políticas ambiciosas sobre el clima puede estimular el crecimiento económico al tiempo que moviliza la inversión necesaria para lograr objetivos climáticos a largo plazo. **Los**

⁴² “Just Transition of the Workforce, and the Creation of Decent Work and Quality Jobs”, Technical Paper, United Nations.

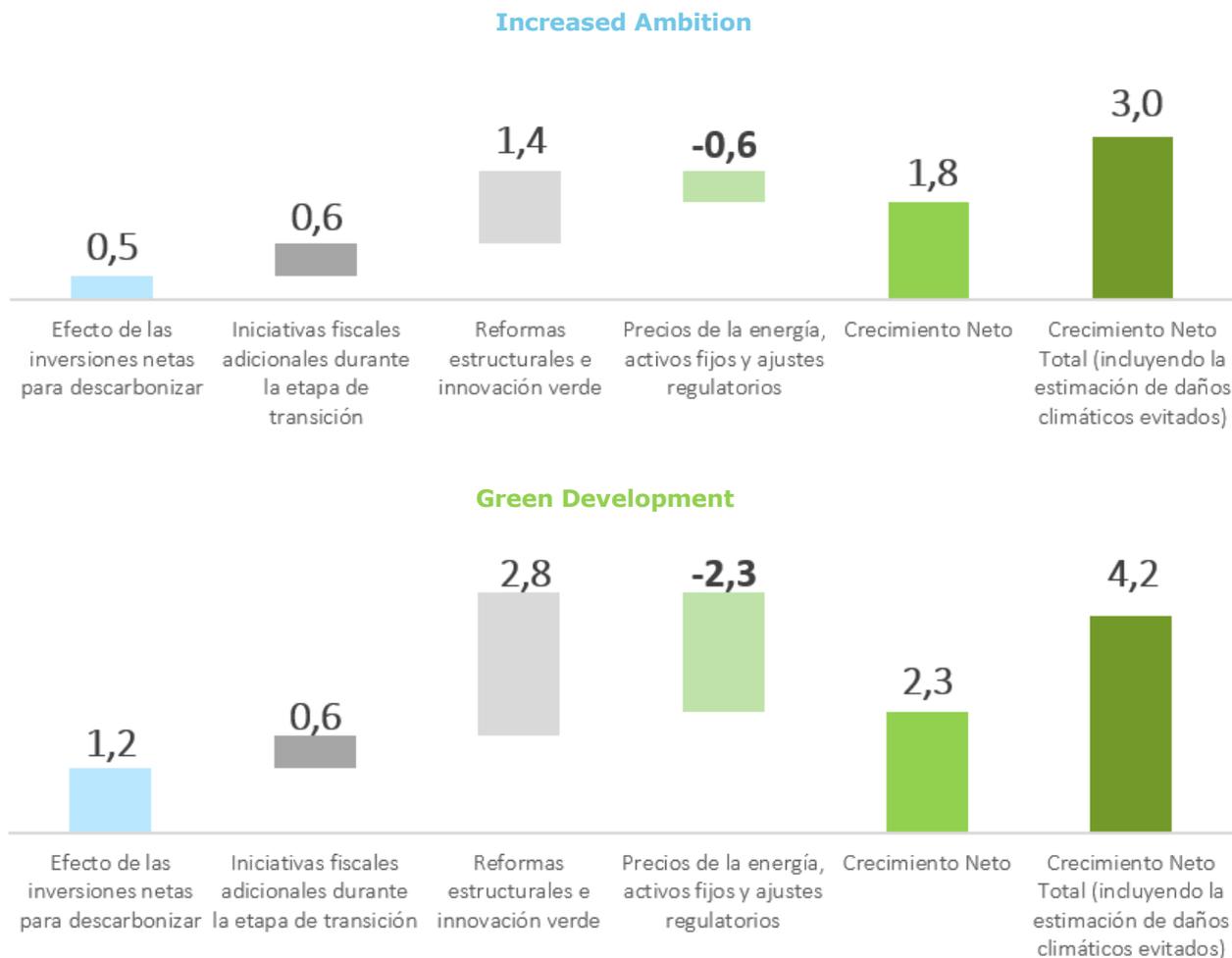
⁴³ “El empleo en un futuro de cero emisiones netas en América Latina y el Caribe”, Organización Internacional del Trabajo

⁴⁴ Análisis Deloitte en base a lo publicado por la Organización Internacional del Trabajo en su artículo “El empleo en un futuro de cero emisiones netas en América Latina y el Caribe”

⁴⁵ Análisis Deloitte en base “Just E-volution 2030” Study; Enel, Enel Foundation, The European House – Ambrosetti, 2019

resultados sugieren que una "transición decisiva" colectiva puede propiciar un crecimiento económico de hasta un 4,2% si se considera el impacto de los daños climáticos evitados.

Figura 54: Efectos positivos sobre el GDP en Perú a 2050 (diferencia vs. BAU)



Fuente: análisis Deloitte elaborado en base a reporte de OECD "Investing in Climate, Investing in Growth"

4. Recomendaciones de política energética para una descarbonización sostenible

A partir del análisis de la visión a largo plazo del modelo energético peruano a 2050 y del período de transición, se plantean un conjunto de políticas a considerarse para direccionar a Perú hacia una descarbonización eficiente.

En primer lugar, se propone determinar objetivos vinculantes de descarbonización de cara a 2030 y a 2050 en todas las áreas que impacten en los niveles de demanda energética, las industrias relacionadas con la generación y transformación de energía, y sobre lo que respecta al sector no energético. Dentro de cada categoría, se debería apuntar a nivel de cada sub-sector con políticas concretas que modifiquen y alteren las condiciones, funcionamiento y niveles de eficiencia, entre otras cuestiones, para lograr los objetivos planteados en el marco de reducción de gases de efecto invernadero (GEI).

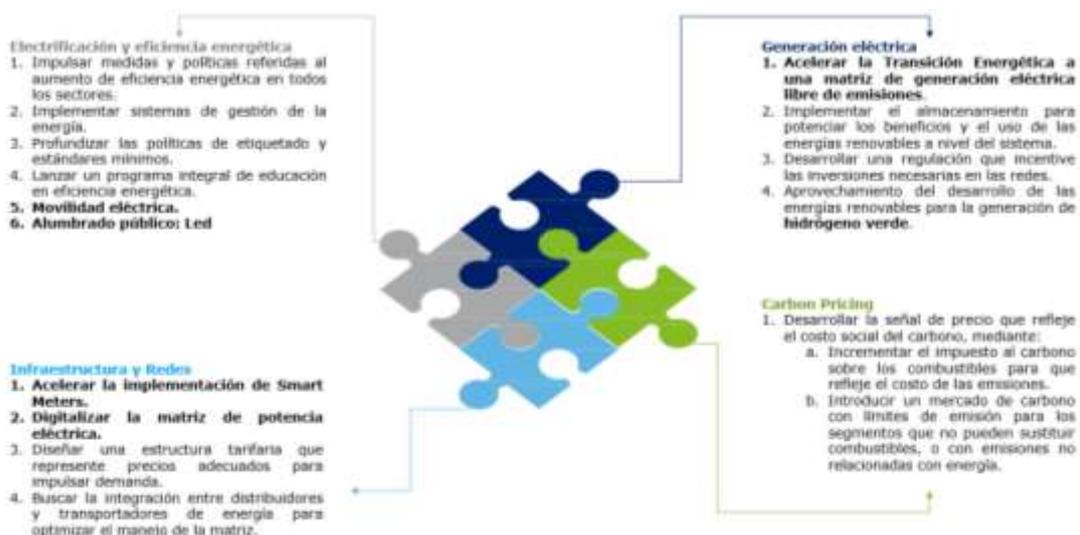
“Se propone determinar objetivos vinculantes de descarbonización de cara a 2030 y a 2050”

Se espera que estos objetivos y las políticas relacionadas sirvan de guía para entidades reguladoras con el fin de incentivar la descarbonización a nivel nacional, contando con el aporte de los distintos agentes económicos y los consumidores de energía.

Históricamente el país ha tenido un aumento sostenido en los niveles de emisión de GEI, siendo la Energía, Agricultura, Ganadería, Silvicultura y Otros Usos de la Tierra los sectores que mayor participación en las emisiones totales poseen. Por lo tanto, estas recomendaciones encuentran su origen y fundamento en la necesidad y en la potencialidad de Perú para imponer metas y definir medidas en materia de eficiencia energética y reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.

A continuación, se puede observar un resumen de las recomendaciones incluidas en la presente sección.

Figura 55: Recomendaciones de política energética para direccionar nuestro modelo energético hacia la descarbonización



Fuente: análisis Deloitte

4.1. Recomendaciones para la generación eléctrica a partir de una matriz verde

En el marco del Acuerdo de París, se propone una mayor utilización de la energía eléctrica como fuente de energía, dado el potencial que Perú tiene para el desarrollo de dicho recurso. De hecho, cuenta con las condiciones necesarias para convertirse en uno de los mercados de energías renovables más atractivos de América Latina. La amplia variedad y disponibilidad de recursos naturales y la amplitud del territorio proporciona una diversidad de características geográficas y microclimas que pueden favorecer el desarrollo de distintos tipos de tecnologías.

Recomendación 1: Acelerar la Transición Energética a una matriz de generación eléctrica libre de emisiones.

La Ley 27.345 de promoción de uso eficiente de la energía es el puntapié inicial para establecer el diseño de la matriz eléctrica del futuro. A partir de los escenarios de planificación, se deben establecer las políticas e incentivos para satisfacer la nueva demanda de cara a 2050, cuáles proyectos y en qué fecha se espera incorporar el potencial hídrico relevado, cuál es la penetración de la generación renovable variable considerando la introducción de almacenamiento, el respaldo térmico compatible con el escenario planteado y el retiro de activos de generación térmica de baja eficiencia.

Esta planificación deberá considerar el mínimo costo para el usuario, tomando en cuenta además el costo social de la emisión de carbono. Para esto resultará necesario monitorear y actualizar periódicamente el plan elaborado en base a la evolución de los costos de las tecnologías.

Como recomendaciones de política de corto y mediano plazo para la transformación de la matriz de generación eléctrica, sugerimos lo siguiente:

- Mejorar el marco normativo existente que permita la competencia entre todas las tecnologías disponibles. La adopción de un régimen de contratación basado en energía permitiría dicha competencia.
- Levantar las barreras regulatorias que no permiten la participación de energías renovables no convencionales como la solar.
- Incorporar la figura de oferta por bloques horarios en las compras (licitaciones) que efectúen las empresas distribuidoras de energía a fin de promover una matriz de generación libre de emisiones, incorporando menores costos a los usuarios finales.
- Mejorar los procedimientos técnicos del operador del sistema (COES), normas y prácticas operativas, los cuales permitirán la mayor participación de energías renovables no convencionales, así como desarrollar un mercado de servicios complementarios.
- Diseñar el marco regulatorio que incentive flexibilizar al máximo la operación de las unidades de generación convencionales ante la alta participación de las energías renovables no convencionales.
- Diseñar un sistema centralizado de pronósticos de generación renovable variable de tal manera que le permita al operador del sistema eléctrico gestionar y utilizar esta información para enfrentar la variabilidad.

Recomendación 2: Impulsar el desarrollo de técnicas de almacenamiento de energía como soporte del desarrollo de las energías renovables, la mejora de la calidad de servicio y reducción de costos.

Los avances en la reducción del costo de almacenamiento con baterías han sido importantes en los últimos años y se espera que a partir de 2030 sean competitivos, o antes dependiendo del precio de los combustibles fósiles. Se debe considerar su utilización junto con la generación solar como capacidad firme para la satisfacción del pico de demanda anual. Igualmente, se deben explorar otras alternativas como las centrales hidroeléctricas de bombeo, que hagan compatible esta recomendación con el objetivo de minimizar el costo para el usuario.

El uso de este tipo de baterías, muchas de ellas modulares y portátiles, deberá impulsarse para lo siguiente:

- En centrales del tipo renovable, para mitigar los efectos de la variabilidad de los recursos solares y eólicos sobre la variación de producción de este tipo de centrales (mitigando por lo tanto los efectos de la alternancia sobre la calidad de servicio eléctrico y la necesidad de utilización de reserva rotante de origen fósil como alternativa). Para este efecto se debe destacar también los avances en electrónica de potencia que permite resolver desbalances de suministro prácticamente en tiempo real (de manera automática). Esta práctica permitirá a este tipo de centrales ofrecer mayor firmeza en su producción, favoreciendo temas contractuales e incrementando seriamente el factor de uso de las mismas.
- En la Transmisión, remplazando el uso de generación forzada ineficiente debido a restricciones en las redes de AT, por la disponibilidad de energía almacenada equivalente y de rápida respuesta dado el uso de la electrónica de poder.
- En la distribución, remplazando unidades de generación móvil (UGEMs) que consumen combustible fósil por baterías de última generación, las que no requieren de logística de combustible para su operación y las deberán poder operar de manera remota y automática reduciendo tiempos de interrupción. Adicionalmente esta tecnología permitirá que el distribuidor incremente su participación en los servicio de "respuesta de demanda".
- En la demanda final, permitiendo al usuario hacer uso de la energía almacenada ante variaciones en la red y poder participar de servicio de "respuesta de demanda" (ver más adelante)
- En este sector, se recomienda que la legislación contemple que los vehículos eléctricos puedan devolver energía a la red en el momento que el sistema lo requiera (o en horarios preestablecidos) con una tarifa diferencial por bandas horarias y/o emergencia. Será necesario el impulso de medición inteligente y de sistemas electrónicos que permitan esta operación.

Estas prácticas tienden a reducir los costos operativos generales del sistema, pero se deberá tener en cuenta que:

- La autonomía del uso de baterías es limitada, por lo que la regulación deberá impulsar la reducción de los tiempos de interrupción y fomentar la eliminación de las restricciones de transporte, mediante políticas tarifarias que apunten en ese sentido, de otra manera el rendimiento técnico/económico analizado en base a estas prácticas no se alcanzará.
- Para que estas prácticas sean sustentables, se debe impulsar el objetivo de lograr una matriz energética la más descarbonizada posible, dado que en los momentos de "carga" de los recursos de almacenamiento, esta no se realice en base al uso de carbón o equivalente fósil.

Por lo tanto, deberá impulsarse una regulación que no contemple solamente disponer de un nivel de remuneración para aquel usuario que disponga de sistemas de almacenamiento que permita el desarrollo, si no también que analice la evolución del sistema y su inserción.

Deberá hacerse foco en que el desarrollo de los sistemas de almacenamiento requerirá de estudios técnico y económicos para la definición de los mejores módulos de almacenamiento y tecnologías, pero debe ser coordinado con el desarrollo de la matriz de generación.

Recomendación 3: Impulsar marco regulatorio para las técnicas de Gestión de Demanda (Respuesta de Demanda o *Demand Response*) y otros programas relacionados actualizando los valores de remuneración de estos servicios.

La "Respuesta de demanda", forma parte de la denominada gestión de energía y en términos simplificado representa las acciones que un usuario del sistema eléctrico puede realizar en beneficio del sistema de abastecimiento en su conjunto (mejorar la estabilidad y confiabilidad de la red, aumentar la eficiencia económica e integrar la capacidad de generación renovable en la red eléctrica), históricamente la primera acción a tener en cuenta es a autocortar su propia demanda para i) evitar colapsos mayores en el sistema, ii) manejar las congestiones en las redes de transmisión, y por esta acción el usuario recibe un beneficio económico.

El desarrollo de los sistemas de almacenamiento (inclusive a nivel de usuario final) permite hoy día que la gestión de demanda pueda participar adicionalmente aportando energía a la red (es decir no solo participar reduciendo demanda cuando se necesite, sino también aportando al sistema cuando este lo requiera).

Esta capacidad flexible permitiría al agente (pudiendo este ser un Transportista, un Distribuidor o un usuario final, si la futura regulación lo permite, cosa que debería impulsarse) participar de otros servicios en beneficio del sistema (Regulación primaria y secundaria de frecuencia, recorte de punta de carga, generación forzada y en definitiva los servicios equivalentes de un generador).

Estos servicios requerirán mecanismos de remuneración acorde al nivel de inversión necesaria, teniendo en cuenta que no solamente deberá disponerse de un sistema de almacenamiento, sino también de sistemas de comunicaciones acordes a la operación, equipamiento electrónico de potencia que permita dicha operación, etc.)

Será necesario por lo tanto una revisión de los valores de remuneración, por ejemplo, de regulación primaria, secundaria, y los correspondientes a la gestión de reservas operativas (incluido arranque y parada) dado que la Gestión de demanda podría tomar estos valores como referencia.

La incorporación del almacenamiento en batería en temas técnicos como la regulación de frecuencia y reservas operativas deberán contemplar el desarrollo de marcos normativos que incentiven a la contratación de servicios eficientes de flexibilidad para el parque térmico, respondiendo en todo momento a señales de precio.

Recomendación 4: Propender a la integración energética con los países limítrofes.

La mayor variabilidad de la generación renovable no convencional (eólica y solar) requiere de una mayor integración regional para gestionar los excedentes o déficits de generación local. Se requiere coordinar los sistemas de transmisión a nivel país con el objetivo de minimizar la reducción forzada de generación (curtailment) a nivel regional, permitiendo mayores intercambios. No obstante, es importante comprender que no solo alcanza con coordinar los sistemas de transmisión (parte técnica), dado que ya existen interconexiones, pero con bajo factor de uso como consecuencia de cuestiones políticas o criterios de auto seguridad del país. Un ejemplo de ello es el Sistema de Interconexión Eléctrica para Países de América Central (SIEPAC), cuya red incluye una línea de transmisión a lo largo de 1.790 kilómetros con una tensión de 230 mil voltios y una capacidad de transmisión de 300 megavatios entre Guatemala y Panamá, un total de 15 estaciones de transmisión.⁴⁶

Recomendación 5: Desarrollar una regulación que incentive las inversiones necesarias en las redes y permita su desarrollo en forma oportuna.

La expansión del sistema de transmisión debe planificarse de modo tal que permita atender el pico de demanda del sistema y la integración regional. Esta inversión debe analizarse considerando los beneficios incrementales de todo el transporte energético. Es decir, considerando el reemplazo de la necesidad de transportar gas natural para la generación térmica.

El desarrollo de las redes de transmisión con alta influencia en áreas con potencial renovable debe hacerse dentro de los plazos establecidos por los planes de transmisión aprobados por el gobierno. En tal sentido, debe emitirse la legislación necesaria que deberá considerar esta situación y acelerar la licitación oportuna de los planes de transmisión aprobados por el Ministerio de Energía y Minas, teniendo en cuenta que el desarrollo de los proyectos renovables se efectúa en menor tiempo y que la infraestructura de transmisión debe acompañar el crecimiento de dicho parque generador.

Recomendación 6: Potenciar los beneficios de la energía distribuida logrando la instrumentación completa de los beneficios de la ley de promoción de la energía distribuida, la adhesión de todas las regiones y una normalización de los precios de energía.

La regulación debería generar las condiciones necesarias para poder incentivar la conversión de usuarios a usuarios-generadores logrando así beneficios no solo para ellos mismos sino también para las empresas distribuidoras y el mercado eléctrico en general dado que el ingreso de generación distribuida operando en horas de punta de demanda descarga la subtransmisión y la distribución, permitiendo mayor flexibilidad de las redes eléctricas en conjunto con la mayor penetración de energías renovables. Se recomienda la aprobación del marco normativo necesario para el desarrollo de la actividad de generación distribuida en el Perú.

4.2 Recomendaciones sobre eficiencia energética y descarbonización de usos finales a través de la electrificación

Recomendación 7: Establecer a la Eficiencia Energética como política de Estado, para lo cual se promueve la sanción de una Ley de Eficiencia Energética integral con el fin de:

⁴⁶ <http://crie.org.gt/wp/siepac/>

- Impulsar medidas y políticas ambiciosas referidas al aumento de eficiencia energética en todos los sectores, reduciendo el impacto sobre el medio ambiente y asegurando el suministro de energía para un país en crecimiento.
- Implementar sistemas de gestión de la energía.
- Crear la figura del usuario con capacidad de gestión: la gestión energética debería ser llevada a cabo por el propio usuario, en el caso de que se tratase de grandes usuarios, o por el distribuidor, para el caso de usuarios chicos como residencias, por ejemplo.
- Implementar y promover el etiquetado y los estándares mínimos (para establecer niveles máximos de consumo energético y mínimos de eficiencia energética de todo equipo consumidor).
- Desarrollar una regulación específica para construcciones, aplicada tanto a nuevas como existentes, que establezca estándares de cumplimiento mínimo y obligatorio en eficiencia energética, referidos particularmente a la construcción (aislamiento térmico y climatización mediante aberturas y cerramientos, iluminación natural, etc.).
- Lanzar un programa de educación en eficiencia energética, dirigido a los niveles escolar y superior, y que involucre cursos, seminarios, capacitaciones, y autodiagnósticos.
- Fomentar la investigación y desarrollo (I&D) en eficiencia energética, brindando incentivos fiscales a las empresas que inviertan en I&D en Eficiencia Energética (Internet de las Cosas y la investigación en Ciudades inteligentes).

Recomendación 8: Promover la reducción de emisiones de los sectores residencial y comercial.

- Lanzar campañas de educación y formación que remarquen las ventajas de la electrificación en materia de reducción de emisiones y que propongan medidas para lograrla, y promover la adhesión a este programa de cambio con incentivos económicos y financiamiento. Se busca de esta manera:
 - Incrementar la participación de artefactos eléctricos en el hogar, llevando a cabo el traspaso a dicho tipo de tecnologías en los rubros calefacción, calentamiento del agua y cocina eléctrica y/o de inducción, a medida que se eficientiza el consumo energético de acuerdo a estándares internacionales.
 - Reemplazar tecnologías existentes por eficientes en el rubro "refrigeración".
 - Reemplazar luminarias tradicionales por luminarias LED, siguiendo las tendencias del mercado que apuntan a que se dejen de comercializar las lámparas halógenas.
- Asegurar que la tarifa eléctrica sea una señal de precio que recoja los costes reales del suministro, eliminando aquellos sobrecostes derivados de políticas que distorsionen la señal de precio.
- Desarrollar también campañas de concientización sobre emisiones en edificios y equipamiento.
- En lo que respecta al sector comercial, se deberían establecer obligaciones, sujetas a revisión e inspección, de realizar inversiones en eficiencia energética, al mismo tiempo en que se crean incentivos (beneficios fiscales, por ejemplo) y se facilita el acceso al financiamiento para que se desarrollen proyectos atractivos.

Recomendación 9: Promover la reducción de emisiones del sector público.

- Definir un plan de adaptación de los edificios públicos que se vayan inaugurando a futuro (tales como colegios y hospitales), para que se encuentren aptos para la utilización de artefactos eléctricos.
- Reemplazar paulatinamente los artefactos no eléctricos por eléctricos en los establecimientos públicos existentes.
- Incorporar un plan de traspaso de luminarias tradicionales a tecnología LED a través de programas de licitación pública para efectuar dichos reemplazos.
- Establecer una política de reemplazo de la flota vehicular que utilizan las entidades del Estado por una de vehículos eléctricos.

Recomendación 10: Fomentar la movilidad sostenible en el transporte ligero.

- Acelerar el cronograma de introducción de normativas que limiten la contaminación ambiental y de consumo de combustible proveniente de automotores con motores de combustión interna. Perú, en línea con los cambios internacionales que se producen en el sector, debe avanzar rápidamente a la convergencia de las normas internacionales más exigentes, estableciendo plazos claros y perentorios para su cumplimiento.
- Introducir en el marco de las normas antes mencionadas, un objetivo de emisión de dióxido de carbono a nivel flota por fabricante o importador, con límites crecientes a la emisión de GEI y/o mecanismos tipo súper-créditos. Incluir una meta mínima a 2030 y 2050 de participación en las ventas al mercado interno de vehículos eléctricos a batería, estableciendo los suficientes incentivos necesarios para alcanzar las metas establecidas.
- Las metas e instrumentos deben ser planificadas con suficiente tiempo de antelación y discusión para que sea la futura base de la configuración de la industria automotriz a nivel regional.
- El desincentivo a la adquisición del auto a combustión interna deberá lograrse a través de mayores impuestos tanto a su adquisición como en el uso del mismo, incluyendo los impuestos en el combustible.
- Complementar los objetivos para la penetración de vehículos eléctricos con incentivos a su adquisición o reemplazo de vehículos a combustión con alta antigüedad, para lo cual se deberá considerar, la exención a impuestos internos y montos mayores en la desgravación tanto en el impuesto general a las ventas (IGV), en el impuesto al patrimonio vehicular y la depreciación acelerada de estos activos..
- Establecer medidas que reduzcan el tráfico de vehículos convencionales, restringiendo su circulación, especialmente en los centros urbanos, promocionando el auto eléctrico otorgando beneficios en el estacionamiento en la vía pública, o fomentando los esquemas de movilidad alternativa al vehículo, como bicicleta y transporte público.
- Incentivar la electrificación del total del transporte público urbano. La primera medida es completar la electrificación de los buses que circulan a Diésel, para lo cual se deberán desarrollar esquemas de transporte con concesiones a largo plazo y que otorguen mayores y progresivas cuotas de participación a los buses eléctricos. Estas iniciativas deberán ser debidamente evaluadas considerando la participación del Estado a través del cofinanciamiento y/o mecanismos que garanticen la viabilidad del servicio.
- Desarrollar la infraestructura de recarga en las zonas urbanas de forma coordinada entre los sectores públicos y privado para cubrir progresivamente de manera eficiente y completa la disponibilidad suficiente de puntos de recarga, por ejemplo, incluyendo requisitos de puntos de recarga en nuevas construcciones y edificaciones existentes. Esta planificación deberá considerar también la infraestructura mínima necesaria en las rutas nacionales.
- En lo que respecta a los puntos de recarga para el transporte público urbano, se deberá contar con un marco legal que permita la habilitación de terrenos estatales para el desarrollo de la infraestructura de carga necesaria.
- Resulta necesario establecer un marco normativo específico a esta nueva realidad, estableciendo claramente los roles entre las distribuidoras de electricidad, agentes de recarga, y usuarios que incentive la inversión privada en la infraestructura de recarga. Algunos aspectos normativos/regulatorios a definir son:
 - El Ente Regulador, deberá establecer tarifas horarias específicas para la recarga (valle, pico, resto) para brindar señales de precio que promuevan la eficiencia.
 - Se deberá asegurar un despliegue de medidores inteligentes dado que son necesarios para recopilar la información y mediciones de energía hacia los vehículos eléctricos y desde los vehículos eléctricos al hogar o la red; permitiendo así la incorporación de tarifas horarias o específicas para este sector para incentivar al usuario la recarga eficiente a través de señales de precio.
 - Definición de normas- estandarización de conectores, niveles de tensión en base al tipo de recarga, protocolos de comunicación y demás parámetros para permitir la interoperabilidad y maximizar los beneficios de la electromovilidad.

4.3. Recomendaciones sobre cambios estructurales a realizar en términos de infraestructura de redes y digitalización.

Recomendación 11: Acelerar la implementación de medidores inteligentes acompañado de un plan de comunicación por parte del gobierno sobre los beneficios de la tecnología.

La red eléctrica es una infraestructura clave en toda sociedad, y lo será aún más en la transición energética. Una red moderna e inteligente que incorpore las tecnologías de información y la internet de las cosas permitirá obtener mayores beneficios por cada peso invertido. Los medidores inteligentes son el corazón de las redes inteligentes que permite la medición del flujo bidireccional de la energía y son condición habilitante de la energía distribuida, del manejo eficiente de la demanda y de los servicios que brinde la electromovilidad mediante cargadores bidireccionales a la red. Modernizar la red para hacerla más "inteligente" y más resiliente mediante el uso de tecnologías, equipos y controles de vanguardia que se comuniquen y trabajen en conjunto para suministrar electricidad de manera más confiable y eficiente redundando en mejores servicios a los usuarios, entre otros reducir en gran medida la frecuencia y duración de los cortes de energía, y restaurar el servicio más rápido cuando ocurren interrupciones.

El consumo de energía no es homogéneo a lo largo del tiempo. La red de distribución debe expandirse atendiendo la demanda máxima que se espera en el futuro. Este diseño tradicionalmente se ha realizado en base a la experiencia pasada de consumo. No obstante, a futuro se esperan cambios sustanciales en el perfil de consumo de los usuarios, que resulta fundamental poder anticipar para optimizar las inversiones. La implementación inmediata de un plan de introducción de medidores inteligentes tiene como objetivo proveer esa información.

Los medidores inteligentes además permiten obtener beneficios inmediatos. Entre ellos se destacan minimizar las pérdidas de la red y la reducción del costo operativo de los servicios públicos (costo de lectura del medidor). Los consumidores podrán administrar mejor sus propios costos y consumo de energía porque tienen un acceso más fácil a sus propios datos con un acceso a la información de consumo en tiempo real y nuevas herramientas para auto gestión del consumo, permitiendo la mejora en los hábitos de consumo. Las empresas de servicios también se benefician de una red modernizada, que incluye seguridad mejorada, cargas máximas reducidas, mayor integración de las energías renovables y menores costos operacionales. La implementación de los medidores inteligentes permitirá la implementación de tarifas horarias/diferenciadas, adicionalmente permitirá a las distribuidoras, mejorar la calidad del servicio, disminuir tiempos de atención de reclamos (servicio y comerciales), agilizar la atención de solicitudes (corte y reconexión), realizar medición remota, detectar oportunamente fraudes; y realizar servicios de gestión de la demanda. Una implementación masiva permitirá la incorporación de los beneficios relevantes de la tecnología y el desarrollo de nuevos perfiles y competencias en los proveedores de servicio, para la instalación, configuración y mantenimiento de los equipos y finalmente crearía la necesidad para realizar la producción de equipos en el País. Adicionalmente, se mejorará la calidad de servicio ya que las empresas distribuidoras podrán acceder a diferentes estrategias para limitar la potencia consumida por cada cliente conectado a un CT que en ese momento se encuentre saturado. De esa forma se evitará la salida de servicio de un CT por sobrecarga.

Propuesta regulatoria:

- Se propone el reemplazo masivo de los medidores tradicionales existentes por medidores inteligentes en un periodo de 4-6 años financiado a través de un cargo específico a la demanda.
- Para los nuevos edificios se propone que se instalen únicamente medidores inteligentes en las unidades funcionales pagando el costo de conexión equivalente al "costo de conexión especial" que podrá ser financiado en cuotas por el distribuidor.

Recomendación 12: Digitalizar la matriz eléctrica reconociendo el rol que cumple en la transición energética.

La transformación digital, junto con la electrificación, favorece la transición de todo el sector de la energía, de la gestión de las centrales de generación eléctrica a los nuevos servicios para los consumidores, pasando por las redes inteligentes.

Uno de los aspectos más importantes, junto a la descarbonización de la matriz de generación eléctrica, es la digitalización, que debería transformar los procesos de producción, distribución y consumo de energía. La digitalización de la matriz eléctrica debe ser impulsada con prioridad, manteniendo al día el uso de las nuevas tecnologías.

La digitalización apunta principalmente a mejorar la calidad de servicio del sistema de abastecimiento en su totalidad, reduciendo tiempos de desabastecimiento y costos operativos y permitiendo satisfacer los crecimientos de demanda de manera ordenada y previsible y la mejor utilización de los nuevos recursos de suministro.

La transición energética es un fenómeno que va más allá de la simple generación de electricidad limpia y a través de la digitalización, interesa a todos, tanto productores como consumidores.

La digitalización de la energía debería impulsarse en:

- Centrales de generación no solamente en renovables, sino también en convencionales, impulsando en aquellas que todavía no lo tienen y hasta donde la tecnología lo permita, la operación automatizada.
Difundir el uso de softwares innovadores que permitan observar eventuales datos anómalos y por lo tanto detectar un riesgo potencial. Maximizar el mantenimiento predictivo e identificar en tiempo real acciones que permite mejorar la eficiencia de las centrales. Los programas para impulsar deberían basarse en algoritmos de aprendizaje automático e inteligencia artificial.
- Redes de Transmisión. En la red de EAT y AT las primeras soluciones utilizadas hoy día son los equipamientos de telecontrol, que permiten la operación a distancia de los mismos en condiciones normales o ante una falla, y la automatización de algunas acciones basadas en sistemas inteligentes (Sistemas de DAG, DAD, RAG o RAD, muy difundidos en nuestra red de 500kV y 132kV) adicionalmente muchas estaciones transformadoras en esos niveles de tensión hoy son totalmente automatizadas y operadas a distancia.
Se deberá recomendar el avance en el uso de sistemas de inteligencia artificial para la operación y mantenimiento de estas redes, uso de realidad virtual y simulación 3D para la operación y control en tiempo real.
Será necesario revisar la remuneración del transporte para permitir este desarrollo.
- Redes de distribución, impulsar iniciativas que generan un alto impacto en el incremento de la resiliencia de la red frente a las consecuencias de eventos climáticos; el telemando en redes de MT y BT, mejoran de forma significativa a la calidad del servicio prestado a los clientes; el empleo de drones para la inspección de las redes, la aplicación de realidad aumentada en tareas presenciales, la elaboración de los gemelos digitales de la red (réplica digital 3D), que entre otras iniciativas contribuyen a la aceleración de los tiempos a la hora de realizar y planificar tareas de reparación, ampliación y renovación dentro de las mismas, aportando al mismo tiempo de manera relevante a la seguridad de los trabajadores en la ejecución de las dichas actividades.
- Consumidor. La digitalización a nivel usuario favorecerá el proceso de transición energética. Los beneficios que la digitalización brindará a los clientes serán las interfaces digitales gracias a las cuales los nuevos medidores inteligentes facilitarán información casi en tiempo real sobre consumo y producción y habilitarán los nuevos servicios mencionados como la respuesta a la demanda además de proveer soluciones inteligentes a distancia para gestionar sistemas de seguridad, uso de electrodomésticos, regulación de temperatura, etc.
Los clientes pasarán de ser usuarios pasivos e inconscientes a protagonistas activos y exigentes del sistema eléctrico, aumentando su propia conciencia energética.
Para los prosumidores, o sea los clientes que son al mismo tiempo productores y consumidores de energía, gracias a la digitalización ellos también contribuyen a su vez a crear una matriz eléctrica con menos emisiones.

A través de la incorporación de tecnología y soluciones digitales innovadoras se logrará un sistema de abastecimiento resiliente, participativo y sustentable.

- a) **Resiliente** para que la red sea capaz de soportar los efectos que ya vivimos del cambio climático garantizando un servicio esencial que cada vez será más relevante con la electrificación;
- b) **Participativo** dado que el cliente jugará un rol activo y central. En este nuevo esquema de interacción, los usuarios pasan a convertirse en una componente activa en la que no solo demandan energía proveniente de las redes, sino que también evolucionan para convertirse en protagonistas que aportan al equilibrio consumo-producción, incorporándose como un agente que es capaz de suministrar energía al sistema cada vez que tiene la posibilidad de realizarlo. Mas allá de lo anterior, los usuarios ya no solo demandarán energía eléctrica, sino que al mismo tiempo transitarán hacia requerir nuevos servicios, orientados especialmente hacia la gestión de sus consumos y más importante aún, a la adquisición de datos para la toma de decisiones. Es en este escenario que los DSOs se vuelven actores fundamentales para afrontar los nuevos requerimientos de los usuarios.
- c) **Sustentable** aumentando los esfuerzos para garantizar 100% de acceso a la energía en condiciones de calidad y seguridad, y a su vez generando condiciones de generación de empleo, desarrollo socio económico y mejorando su calidad y aplicando un enfoque industrial circular.
Las actualizaciones de la matriz también permitirán un uso mayor y más eficiente de los recursos, reducirán la pérdida de electricidad debido a la transmisión a largas distancias y aumentarán el uso localizado de nuevos tipos de generación y almacenamiento de electricidad. En general, la creación de

una matriz eléctrica más inteligente dará como resultado un mejor sistema eléctrico.

Recomendación 13: Diseñar una estructura tarifaria que represente precios adecuados para impulsar una respuesta activa por parte de la demanda.

- Deben establecerse medidas específicas que garanticen la disponibilidad de redes de telecomunicaciones de alto rendimiento a un precio adecuado para permitir plenamente redes eléctricas inteligentes. Un requisito previo es tener una amplia disponibilidad en el territorio, a costos adecuados, de redes de telecomunicaciones con características de baja latencia y omnipresencia. Deben promoverse los servicios de conexión ad hoc a precios 'atractivos' por parte de las empresas de telecomunicaciones.
- Deberían considerarse procedimientos basados en incentivos y simplificados para la adopción de tecnologías inteligentes por parte de los consumidores a fin de involucrarlos activamente en el sector de la energía. A través de tales tecnologías, los consumidores deberían poder leer fácilmente datos e información sobre el consumo y tomar sus decisiones de consumo en consecuencia. La adopción tecnológica debe incentivarse al menos en las primeras etapas de despliegue de Smart Grids. El procedimiento para vincular dispositivos inteligentes y dispositivos con medidores inteligentes debe ser simple y no discriminatorio para los consumidores. Una toma más rápida de electrodomésticos inteligentes por parte de los consumidores debería ser impulsada por medidas destinadas a superar barreras no económicas. Las iniciativas de financiación (por ejemplo, distribución de riesgos y líneas de crédito dedicadas), respaldadas efectivamente por campañas de información, podrían permitir a los operadores promover tecnologías inteligentes y que los consumidores las utilicen para responder a la demanda.
- La estructura tarifaria debe diseñarse de modo que envíe señales de precios adecuadas que puedan impulsar Demand response y los comportamientos energéticos eficientes. Deben promoverse tarifas dinámicas y tarifas de tiempo de uso para dar la señal de precio correcta a los consumidores, pasando el costo real de la energía del mercado mayorista al minorista. Con respecto a las tarifas de red, considerando que los costos subyacentes asumidos por los operadores de red están relacionados con la capacidad, debería existir una mayor proporción de componentes relacionados con la capacidad. Además, los costos que no están directamente relacionados con el costo industrial de servir, como los costos de la política energética, impuestos y gravámenes, deben eliminarse de las facturas de electricidad para evitar la introducción de sesgos tecnológicos.

Recomendación 14: Buscar la integración entre distribuidores y transportadores de energía para optimizar el manejo de la matriz

Una regulación que aproveche el rol de distribuidores y promueva una interacción bien diseñada entre éstos y las nuevas partes interesadas es fundamental para optimizar la asignación de recursos en las comunidades locales. Los municipios, otras empresas de servicios públicos y distribuidores pueden cooperar para optimizar el desarrollo de la infraestructura mientras se aprovechan las posibles sinergias y se evitan las duplicaciones. Esto incluye, por ejemplo, sinergias entre los sectores energéticos, como la medición múltiple, el transporte o las sinergias entre la electricidad y las infraestructuras de Telco (por ejemplo, alojamiento / alquiler). Con el objetivo de reducir los costos generales para los clientes finales, las intervenciones de los Distribuidores deben permitirse e incentivarse económicamente.

4.4. Recomendaciones sobre instrumentos económicos y políticas de carbon pricing

Recomendación 15: Introducir una regulación específica para desarrollar una señal de precio efectiva del coste de las emisiones.

- A Nivel internacional y de acuerdo al Banco Mundial, existen 68 iniciativas de precio de carbón que cubren el 23% de las emisiones de GEI. Ante el menor avance al esperado, ciertos países o regiones, como Europa, tienen previsto incorporar un impuesto de igualación en frontera, en el cual las importaciones deberán pagar en función de su nivel de emisión y los impuestos equivalentes que existan en su país.

- La recomendación internacional es avanzar en la incorporación de señales de precio para incentivar la transición energética, si bien se reconoce que cada país debe adoptar su propia política, sin que exista un criterio de homogenización.
- La introducción de señales de precio efectivas en el país debe hacerse con atención a los avances internacionales y en los sectores que tengan mayor probabilidad de estar sujetos a igual precio en los mercados de exportación.
- Los dos instrumentos más utilizados son un impuesto aplicado sobre la emisión de CO₂ (impuesto al carbono) o estableciendo un mercado de negociación de certificados de emisiones..
- Promover el mercado de carbono, comenzando con aquellas industrias o sectores que más se pueden ver afectados por los impuestos de igualación de frontera establecidos por Europa y otros países en que se implemente. El objetivo es internalizar en el país los recursos que de otra manera serían capturados por los consumidores de los países importadores.
- Realizar un estudio que pueda cuantificar el costo social del carbono en Perú. Esto es, los impactos derivados de la emisión de GEI en términos de actividad, salud y daño al medio ambiente, como criterio general para ser incluido en los análisis de costo beneficio de las inversiones públicas y valor objetivo de las señales de precio necesario para incentivar la transición energética.

4.5. Recomendaciones sobre sectores no energéticos

Recomendación 16: Promover la reducción de emisiones del sector agricultura.

- Crear un programa de incentivos económicos para el desarrollo, promoción e implementación de maquinarias agrícolas eléctricas, de forma tal que se reemplace la utilización de GLP, Diésel y Fuel Oil como combustibles:
 - Programas de financiamiento a través de líneas de crédito que el gobierno otorgue específicamente para estos fines.
 - Otorgamiento de garantías que permitan a las compañías del rubro obtener financiamiento a un costo más bajo.
- Promover buenas prácticas como Promoción de rotaciones equilibradas con una participación importante de gramíneas de invierno (trigo, cebada) y/o de verano (maíz y sorgo) en lugar la predominancia de leguminosas y/o oleaginosas (soja y girasol). Promoción del uso del polímero inhibidor de la acción de la ureasa NBPT, el cual disminuye 10 veces la volatilización de la urea aplicada superficialmente. Promoción del uso de fijadores biológicos, libres y simbióticos, de nitrógeno atmosférico en los cultivos de trigo y maíz y en praderas consociadas. La opción genera un impacto sobre las emisiones de GEI a través del reemplazo relativo de fertilizantes sintéticos, incrementando la productividad. Promoción de estrategias de fertilización variable para ajuste de dosis de N. Prevenir la quema de caña de azúcar mediante el uso de la cosecha integral de caña en verde y aprovechar el potencial de cogeneración de energía utilizando los residuos de cosecha (RAC) y molienda (bagazo) de la caña.
- Promover la incorporación de generación renovable distribuida que permita la expansión del riego, y de esta forma mejorar los rendimientos de los cultivos, permitirá tanto incrementar la producción como la frontera agrícola sin incrementar las emisiones. Conjuntamente con el aprovechamiento energético de las importantes cantidades de biomasa producidas por dichas actividades.

Recomendación 17: Promover la reducción de emisiones de los sectores ganadería, silvicultura, y en lo que respecta a otros usos de los suelos.

- Desarrollar buenas prácticas en el desarrollo y manejo del ganado.

- Promoción de campañas de vacunación para el ganado contra bacterias metanogénicas a fin de reducir las emisiones de gas metano.
- Campañas para la promoción de buenas prácticas en el manejo de ganado en lo que respecta a alimentos y suplementos dietarios para ganado.
- Implementación de prácticas de ganadería sustentable ligadas a mecanismos de pastoreo de corta duración y alta densidad, que permita una regeneración óptima de pastizales (que funcionan como sumideros de carbono y permiten compensar las emisiones de gas metano).
- Reducir las emisiones causadas por el uso indebido e irresponsable de la tierra.
 - Impulsar medidas que prevengan la deforestación, tales como:
 - ✓ Ofrecer incentivos a los propietarios de tierras forestales para facilitar la conservación de los bosques y la adopción de actividades de bajo impacto.
 - ✓ Fomentar el uso responsable de la pulpa de madera.
 - Incentivar la aforestación de pastizales, incorporando de esta manera sumideros de carbono forestal que sirvan para la captación de dióxido de carbono. Determinar con antelación la existencia y disponibilidad de los terrenos a aforestar, que dependerá de la necesidad de suministrar alimentos para la población creciente.
 - Desarrollar un plan de reforestación de tierras degradadas.
- Definir un plan para incentivar y desarrollar el manejo eficiente y consiente de pastizales, cultivos y ganado, e impulsar la restauración de la tierra.
 - Aumentar la productividad de pastizales, implementando sistemas de riego eficientes y aumentando intensidad de pastoreo.
 - Promoción de mejores prácticas agronómicas, rotando cultivos, aplicando sistemas de cultivo menos intensivos y mejorando el manejo de nutrientes.
 - Desarrollo de planes de revegetación y la conserva de agua con el fin de lograr la restauración de tierras.

Recomendación 18: Promover la reducción de emisiones del sector residuos y promover la economía circular en todos los sectores como acelerador transversal.

- Acelerar la transición mediante la inclusión de esta temática en la Agenda Política construida colectivamente y la adopción de modelos de economía circular en todos los sectores y hacia modelos de urbanización circular, en todos los sectores involucrados en el desarrollo sostenible de las ciudades, promoviendo la competitividad económica, la innovación tecnológica, la sostenibilidad ambiental y la inclusión social.
- Implementación de mecanismos compensatorios a través de beneficios fiscales que promuevan el cambio hacia un modelo de economía circular y la adopción de mecanismos punitivos a través de multas que penalicen incumplimientos de metas / objetivos establecidos.
- Implementación de leyes de REP (responsabilidad extendida del productor), más allá de los envases fitosanitarios y las pilas. Contar con una normativa de REP permitiría que todos los actores involucrados comiencen a trabajar de manera conjunta para que el sistema de gestión de envases funcione. Esto se debe a que las legislaciones de este tipo pueden abarcan a toda la cadena de manera diferenciada: productores, autoridades, recuperadores, recicladores y consumidores.

Mejorar la calidad y eficiencia de la Estrategia Nacional para la Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos a partir de las siguientes medidas:

- **Residuos Sólidos Urbanos (RSU):** Construcción de rellenos sanitarios con captura de gas de rellenos sanitarios (GRS), generación de energía eléctrica a partir de la captura de biogás de relleno sanitario (GRS), generación de energía térmica a partir de la captura de biogás

de relleno sanitario (GRS), promover entre los generadores la separación de los RSU (la separación puede ser sólo entre residuos reciclables y no reciclables y/o involucrar la separación de los residuos reciclables por categorías preseleccionadas (vidrio, envases, diarios, cartón y plásticos, entre otros).

- **Aguas Residuales Domésticas/Comerciales (ARD):** Construcción y puesta en funcionamiento de plantas de tratamiento de efluentes domésticos con captura de biogás.
 - **Aguas Residuales Industriales (ARI):** Construcción y puesta en funcionamiento de plantas de tratamiento de aguas residuales industriales con captura de biogás.
- Incorporar los conceptos de economía circular en el proceso de abastecimiento

El crecimiento de las tecnologías de energías renovables presenta grandes desafíos en términos de abastecimiento de los materiales, producción y gestión de fin de vida. Si no son abarcados desde la perspectiva de economía circular, podrían crearse nuevos problemas ambientales en el futuro.

Por ejemplo, el crecimiento de residuos de paneles fotovoltaicos -cuya vida útil media es de unos 30 años- implica un nuevo desafío ambiental a nivel global, pero a la vez presenta oportunidades para crear valor y promover nuevas actividades económicas relacionadas a la recuperación de materiales de los paneles y el desarrollo de nuevas industrias de reciclaje. Los principales componentes de los paneles de silicio, incluyendo vidrio, aluminio y cobre, pueden ser recuperados a porcentajes mayores a 85%. La gestión de la cadena de suministro de paneles solares desde una perspectiva circular requiere un enfoque de dos partes. En primer lugar, es necesario asegurarse de que los paneles actualmente instalados se recuperen al final de su ciclo de vida de una manera que maximice el valor recuperado y, en segundo lugar, es necesario aplicar el concepto circular desde el inicio de la fase de diseño para el nuevo.

En el caso de la energía eólica la mayoría de los componentes de un aerogenerador -que tiene una vida útil media de unos 20 años- también son reciclables, ya que está compuesto por piezas metálicas; sin embargo, las palas representan los componentes más difíciles de recuperar por los materiales compuestos con que están hechas, principalmente, resinas reforzadas con fibra de vidrio y, en los parques eólicos más recientes, con fibra de carbono. En este sentido, en los países con un estado de implementación de la tecnología más maduro, se están estudiando alternativas de reutilización y reciclaje de las palas. Se han realizado pruebas demostrando que, al sinterizar y extruir los materiales de las palas de la turbina, se pueden producir ladrillos para su uso en el sector de la construcción, también se están evaluando posibles soluciones de economía circular para incorporar pellets de fibra de vidrio provenientes de palas en desuso en la producción de otros productos reciclados para el sector de la construcción.

Este reto también se dará con la penetración del auto eléctrico y el reciclaje de su batería.

Para hacer frente al desafío del reciclaje se requiere un enfoque multidisciplinario y multisectorial que integre la innovación tecnológica y la creación de modelos de negocio con el desarrollo de un marco regulatorio y la definición de nuevos estándares.

Asimismo, entre los materiales de los componentes para las energías renovables y almacenamiento hay muchas sustancias incluidas en la lista de materias primas críticas de la Unión Europea. Es necesaria una visión amplia y estratégica, compatible con la conservación de los recursos, vinculada a la economía circular y a la responsabilidad social de los países que permita dar respuesta a la demanda creciente que estos minerales experimentarán en los próximos años. Todo esto plantea un escenario donde el reciclaje y la correcta gestión de residuos pueden permitir un ahorro económico y ambiental, reduciendo el consumo de materias primas escasas.

4.6. Recomendaciones sobre H2 y transición justa

Recomendación 19: Avanzar en la promoción del desarrollo de hidrógeno verde para acelerar la transición energética.

El hidrógeno verde representa una oportunidad para acelerar la transición energética y posicionar a Perú como líder regional.

De esta manera, para poder fomentar el crecimiento y el desarrollo productivo del país y un aprovechamiento de las capacidades y recursos nacionales se deben implementar las siguientes medidas:

- Llevar a cabo una planificación energética para la formulación de políticas públicas acertadas. Se deben emprender estudios, análisis y consultas para poder recabar evidencia empírica sólida y con ella formular las correspondientes políticas públicas. Estas comprenden las proyecciones nacionales, las diversas tecnologías disponibles y necesarias para la producción, el almacenamiento, la conversión y el transporte del hidrógeno. También el análisis de los costos, tanto de producción como de logística, y los posibles precios que se van a suscitar fruto de la demanda esperada; Fomentar la producción local a través de un marco regulatorio que contribuya a apoyar a las industrias y sectores intensivos en hidrógeno, los cuales serán los actores catalizadores en esta transición.
- Se debe construir estrategias con objetivos de descarbonización específicos por sector para migrar a un hidrógeno verde con un marco regulatorio robusto, con reglas claras y de largo plazo, junto a un financiamiento competitivo.
- Se deben realizar esfuerzos para posicionar a Perú como país de relevancia para el desarrollo del Hidrógeno Verde promoviendo generar demanda local y global, para exportar atendiendo la demanda de los países del mundo que tienen objetivos de hidrógeno verde y derivados. Los principales usos del hidrógeno verde son: Refinado, Amoníaco para fertilizantes metanol, hierro (Hierro de Reducción Directa), entre otros.
- Hasta que el precio del hidrógeno verde (que depende en gran medida del costo de la energía renovable y el costo de los electrolizadores) no sea competitivo, se requerirán incentivos (temporales) por parte de los gobiernos para promover la demanda y así dar señales que permitan aumentar la capacidad de fabricación y cadena de suministro.
- Requisitos progresivos serán necesarios para que la industria se mueva en esa dirección y - para que sea económicamente viable el hidrógeno verde requiere escala- de esa manera todos los sectores a través de señales e incentivos hará que avance la industria del hidrógeno verde. Un mecanismo que puede ser aplicado es crédito fiscal a la producción por producción de hidrógeno verde en base al nivel "verde" de producción. Asimismo, la economía de escala mejorará aún más si se dan e incentivos en cuanto a estándares de combustibles bajos en carbono.

Parte de una política de promoción para el desarrollo, producción y uso de una industria del H2V implica estructurar sistemas de incentivos tributarios, arancelarios, financieros y de fomento de la demanda; así como la adopción de una ley de promoción del H2V.

Recomendación 20: Satisfacer la creciente demanda de energía, abordando el cambio climático y los impactos sociales y de género.

En el Acuerdo de París se reconoce la necesidad de que la transición sea rápida y equitativa para los trabajadores y para la comunidad. La transición aumentará la prosperidad y puede ser un motor clave en la creación de empleo.

En este sentido, se deberán tener en cuenta las siguientes consideraciones para lograr que los beneficios lleguen a los más necesitados y se materialicen en la generación de empleo:

- Apoyar la intromisión de tecnologías eléctricas;
- Gestionar el empleo y las oportunidades utilizando técnicas de upskilling (enseñar a un trabajador nuevas competencias para optimizar su desempeño generando mayor especialización) y reskilling o reciclaje profesional (formar a un empleado para adaptarlo a un nuevo puesto generando mayor versatilidad);
- Abordar la pobreza energética;
- Promover una redistribución justa de los costos de transición.

Contactos

[Cristian Serricchio](#) Socio, Financial Advisory Services

Mail: cserricchio@deloitte.com

[Damián Grignaffini](#) Gerente, Financial Advisory Services

Mail: dgrignaffini@deloitte.com

[Tomás Cardozo Etcheverry](#) Senior, Financial Advisory Services

Mail: tcardozoetcheverry@deloitte.com

[Sebastián Yepez](#) Senior, Financial Advisory Services

Mail: syepez@deloitte.com

[Clara Mackey](#) Senior, Financial Advisory Services

Mail: cmackey@deloitte.com

Deloitte se refiere a una o más de las firmas miembros de Deloitte Touche Tohmatsu Limited, una compañía privada del Reino Unido limitada por garantía, y su red de firmas miembros, cada una como una entidad única e independiente y legalmente separada. Una descripción detallada de la estructura legal de Deloitte Touche Tohmatsu Limited y sus firmas miembros puede verse en el sitio web www.deloitte.com/about