

FORTALECIMIENTO INSTITUCIONAL
DEL ECOSISTEMA DE CIENCIA,
TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN
EN EL VALLE DEL CAUCA

Estudio de Prospectiva Tecnológica para la
competitividad del Valle del Cauca al 2032

Foco
ENERGÍA



**ESTUDIO DE PROSPECTIVA
TECNOLÓGICA PARA LA
COMPETITIVIDAD DEL VALLE DEL
CAUCA AL 2032.
FOCO DE ENERGÍA**

ENTIDADES PARTICIPANTES DEL PROYECTO

Gobernación del Valle del Cauca
Fundación Universidad del Valle
Sistema General de Regalías de CTeI

PROYECTO: Fortalecimiento Institucional del Ecosistema de Ciencia, Tecnología e Innovación en el Valle del Cauca.

TÍTULO: Estudio de prospectiva tecnológica para la competitividad del Valle del Cauca al 2032. Foco de Energía.

TIPO DE DOCUMENTO: Informe de Investigación.

AUTORES PRINCIPALES: Bismark Chaverra Rojas, Jackelin María Posada Ramos, Felipe Ortiz Manbuscay y Steven Becerra Balcázar.

COMITÉ DIRECTIVO DEL PROYECTO

Sandra de las Lajas Torres Paz, Subdirectora de Estudios Socioeconómicos, Ciencia, Tecnología e Innovación

Marlon Giovanni Gómez Jaramillo, Director Ejecutivo Fundación Universidad del Valle

Bismark Chaverra Rojas, Director Científico del Proyecto

Ceneida Caicedo Riascos, Supervisora

Este documento fue elaborado por Gobernación del Valle y Fundación Universidad del Valle, financiado con recursos del fondo de Ciencia, Tecnología e Innovación del Sistema General de Regalías.

Copyright © Gobernación del Valle del Cauca/Fundación Universidad del Valle, 2019

Revisión editorial: Sandra de las Lajas Torres Paz, Ms. / Subdirectora de Estudios Socioeconómicos, Ciencia, Tecnología e Innovación

Diseño de la tapa: Jair Pérez

Se autoriza la reproducción siempre y cuando se mencione la fuente.

El contenido de esta publicación es responsabilidad exclusiva de los autores, en tal sentido, lo aquí registrado no compromete al Departamento Administrativo de Planeación de la Gobernación del Valle del Cauca y a la Fundación Universidad del Valle, ni a sus Directivos. Las imágenes presentadas en este documento provienen del archivo fotográfico de la Gobernación del Valle del Cauca o de fuentes web, cuyas imágenes son de libre uso.

ISSN versión digital: 978-958-52738-0-1 Año 2019

EQUIPO DEL PROYECTO



MARLON GIOVANNY GÓMEZ
JARAMILLO

**Director Ejecutivo Fundación
Universidad del Valle**

BISMARCK CHAVERRA ROJAS
Director Científico del Proyecto

JAVIER MEDINA VÁSQUEZ
Asesor experto en prospectiva

EQUIPO DE INVESTIGACIÓN

JACKELIN MARIA POSADA RAMOS
FELIPE ORTIZ MANBUSCAY
STEVEN BECERRA BALCÁZAR
NATHALI PORTILLA AGUDELO
CAROLINA LÓPEZ GAITÁN
LUIS CASTELLANOS
DIANA CAROLINA ALVAREZ ROZO
JUAN CARLOS ORTIZ CÁRDENAS
CINDY RAMÍREZ GALLEGO

FREDY FRANCISCO RUIZ
RODRÍGUEZ
Apoyo asistencia técnica

DIANA SOLEDAD VARGAS MERA
CARLOS STEVEN OSORIO BEDOYA
Monitores

JAIR PÉREZ PEREA
Diseñador gráfico

DILIAN FRANCISCA TORO TORRES
Gobernadora del Valle del Cauca

LORENA SOFIA VELASCO FRANCO
**Directora Departamento Administrativo
de Planeación Departamental**

SANDRA DE LAS LAJAS TORRES PAZ
**Subdirectora de Estudios
Socioeconómicos, Ciencia, Tecnología e
Innovación**

JOSÉ FREDY LENIS TELLO
Profesional Especializado

ELIZABETH ESCOBAR RAMOS
Contratista

MARIA SHIRLEY MINA VÁZQUEZ
Contratista

SHIRLEY XIOMARA RAMÍREZ
BARCO
Contratista

COMISIÓN REGIONAL DE COMPETITIVIDAD

Gobernadora del Valle del Cauca
DILIAN FRANCISCA TORO TORRES

Subdirectora de Estudios Socioeconómicos y Competitividad Regional – Gobernación del Valle del Cauca
SANDRA DE LAS LAJAS TORRES PAZ

Secretario de Desarrollo Económico y Competitividad – Gobernación del Valle del Cauca
DENINSON MENDOZA RAMOS

Comisión Regional de Competitividad (CRC)
MARÍA VICTORIA VÁSQUEZ VALENCIA, Gerente

Cámara de Comercio de Cali
ESTEBAN PIEDRAHITA URIBE, Presidente

Cámara de Comercio de Cali
CARLOS ANDRÉS PÉREZ RAMÍREZ, Director Económico y de Planeación

Red de Universidades para la Innovación del Valle del Cauca (RUIV)
CLAUDIA LILIANA ZÚÑIGA CAÑÓN, Coordinadora

Comité Universidad Empresa Estado (CUEEV)
DIEGO MEJÍA CASTRO, Presidente

Secretaría de Desarrollo Económico de Cali
ANGÉLICA MARÍA MAYOLO OBREGÓN, secretaria

Consejos Municipales de C+CTeI
CARTAGO, TULUÁ, BUGA, PALMIRA, BUENAVENTURA

Mesas Priorizadas

Conectividad Logística. ANDI; Internacionalización. CÁMARA DE COMERCIO DE CALI E INVEST PACIFICO; **Desarrollo Productivo.** CUUEV, EMPRESARIOS, CÁMARA DE COMERCIO DE CALI CTeI. CODECTI, CUUEV, REDDI; **Formalización.** GOBERNACIÓN DEL VALLE, ALCALDÍAS DE CALI Y 5 SUBREGIONES, CÁMARAS DE COMERCIO, COMFANDI, COMFENALCO, ACOPI, FENALCO, RREV, GRUPO MULTISECTORIAL, CONSEJO REGIONAL DE MIPYME; **Capital Humano.** SECRETARIA DE EDUCACIÓN DEL DEPARTAMENTO, SECRETARIAS DE EDUCACIÓN CERTIFICADAS DEL VALLE, SECRETARIA DE DESARROLLO ECONOMICO Y COMPETITIVIDAD, SUBSECRETARIA DE ESTUDIOS ECONOMICOS, COMFANDI, COMFENALCO, RUIV, SENA, FUNDACIÓN DE EMPRESARIOS POR LA EDUCACIÓN, COMISIÓN VALLECAUCANA POR LA EDUCACIÓN, CAMARA DE COMERCIO DE CALI, INVEST PACIFICO, ANDI **Subregionalización.** CÁMARAS DE COMERCIO DEL VALLE DEL CAUCA, ALCALDIA POR SUBREGIONES, GERENTES DE ZONA, CONSEJOS MUNICIPALES DE C+CTeI, ENTIDADES AMBIENTALES Y GRUPOS ÉTNICOS.

MIEMBROS DEL CODECTI

Gobernadora del Valle del Cauca DILIAN FRANCISCA TORO TORRES

Delegada de la Gobernadora del Valle del Cauca MARÍA LEONOR CABAL SANCLEMENTE

Asesora de la Gobernadora del Valle del Cauca MARÍA LUCERO URRIBO CERQUERA

Director Departamento Administrativo de Planeación LORENA SOFIA VELASCO FRANCO

Secretario de Educación Departamental EDINSON TIGREROS HERRERA

Secretaria de Ambiente, Agricultura y Pesca RUBIELA GONZÁLEZ RODRÍGUEZ

Secretaria de Salud Departamental MARÍA CRISTINA LESMES DUQUE

Secretario de Desarrollo Económico y Competitividad DENINSON MENDOZA RAMOS

Secretario de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones FRANK ALEXANDER RAMÍREZ

Secretario de Turismo JULIÁN FELIPE FRANCO RESTREPO

Secretaria de Asuntos Étnicos LISBETH APONZA VIVEROS

Subdirectora de Estudios Socioeconómicos y Competitividad Regional SANDRA DE LAS LAJAS TORRES PAZ

Director del Instituto para la Investigación y la Preservación del Patrimonio Cultural y Natural del Valle del Cauca (INCIVA) ÁLVARO RODRÍGUEZ MORANTE

Director de la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC) RUBÉN DARÍO MATERÓN

Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA) CÉSAR ALVEIRO TRUJILLO SOLARTE

Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA) AURA ELVIRA NARVAEZ AGUDELO

Rector de la Universidad del Valle EDGAR VARELA BARRIOS

Coordinador de la RUIV CLAUDIA LILIANA ZÚÑIGA CAÑÓN

Representante de los Consejos Municipales de Ciencia, Tecnología e Innovación JOHN HARDY GARCÍA

Directora Ejecutiva del Centro Nacional de Productividad MARTHA LUCÍA PERLAZA

Directora de la Comisión Regional de Competitividad (CRC) MARÍA VICTORIA VÁSQUEZ VALENCIA

Presidente de la Cámara de Comercio de Cali (CCC) ESTEBAN PIEDRAHITA URIBE

Centro Red Tecnológico Metalmecánico (CRTM) CARLOS ENRIQUE RÍOS CHAPARRO

Presidente del Comité Universidad-Empresa-Estado del Valle del Cauca (CUEEV) DIEGO MEJÍA CASTRO

Director Ejecutivo del Comité Intergremial y Empresarial del Valle del Cauca (CIEV) JUAN FELIPE VALLEJO

Representante de la Sociedad Civil JAVIER MINOTTA MINOTTA

Directora Corporación BIOTEC MYRIAN SANCHEZ

Coordinador de Innovación Regional C.I Palmira Agrosavia HÉCTOR FABIÁN OSORIO

.....

TABLA DE CONTENIDO

Introducción.....	15
1. Metodología focos de prospectiva estratégica para la gobernación del Valle del Cauca.	16
1.1. Definiciones	16
1.1.1. Prospectiva Tecnológica.....	16
1.1.2. Vigilancia tecnológica e Inteligencia Estratégica.....	17
1.1.3. Sinergia entre prospectiva y vigilancia.....	18
1.2. Esquema metodológico del estudio de prospectiva tecnológica.....	20
2. Marco conceptual del foco energía.....	26
2.1. Fundamentos del sector de energía	26
2.2. El sistema de energía en Colombia.....	33
2.2.1. Entorno regulatorio.....	33
2.2.2. Fuentes no convencionales de energía renovable (FNCER)	41
2.2.3. Cluster de bioenergía en el Valle del Cauca.....	44
3. Situación actual	46
3.1. Nivel internacional.....	46
3.2. Nivel nacional	59
3.3. Nivel departamental	67
4. Macrotendencias	74
4.1. Cambio demográfico.....	74
4.2. Transformación tecnológica	80
4.3. Cambio climático y escasez de recursos	82
4.4. Cambio geopolítico	87
5. Tendencias Sectoriales	89
5.1. Descarbonización.....	89
5.2. Digitalización.....	95
5.3. Descentralización.....	106

5.4. Electrificación	112
6. Factores de cambio y mecanismos novedosos	116
6.1. Generación distribuida y almacenamiento	117
6.2. Bioenergía	134
6.3. Zonas no interconectadas	150
6.4. Movilidad eléctrica	166
6.5. Transformación digital	179
Bibliografía	190
Anexo. Consulta a expertos	200

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Tipos de vigilancia	17
Ilustración 2. Definición de las fases metodológicas	18
Ilustración 3. Focos estratégicos del Valle del Cauca	21
Ilustración 4. Software para envío y almacenamiento de información en la nube	23
Ilustración 5. Software sugerido de búsqueda y procesamiento de información	23
Ilustración 6. Esquema metodológico del estudio de prospectiva tecnológica	24
Ilustración 7. Esquema de mapa tecnológico	25
Ilustración 8. Terminología para los productos energéticos	27
<i>Ilustración 9.</i> Flujograma simplificado para la electricidad	28
<i>Ilustración 10.</i> Flujograma simplificado para el calor	28
Ilustración 11. Flujograma simplificada para gas natural	28
Ilustración 12. Flujograma simplificado para petróleo	29
Ilustración 13. Consumo del petróleo por sector	29
Ilustración 14. Flujograma simplificado para carbón mineral	30
Ilustración 15. Esquema del entorno regulatorio del sector energético en Colombia	35
Ilustración 16. Estructura del Sistema Eléctrico Colombiano	37
Ilustración 17. Cadena productiva del sector eléctrico	38
Ilustración 18. Esquema general del subsector eléctrico	38
Ilustración 19. Cadena productiva del subsector eléctrico	38
Ilustración 20. Fuentes de Energía	39
Ilustración 21. Esquema de generación de energía eléctrica	39
Ilustración 22. Esquema de distribución de energía eléctrica	41
Ilustración 23. Listado de políticas actuales para la promoción de FNCER	42
Ilustración 24. Intervención del Estado en servicios públicos	42
Ilustración 25. Desarrollo regulatorio sector eléctrico	43

Ilustración 26. Ley 1715 de 2014	43
Ilustración 27. Cluster de Bioenergía en el Valle del Cauca	45
Ilustración 28. <i>Energía limpia y ejecutable como soporte de los ODS</i>	47
Ilustración 29. Reciente progreso en la transformación energética	53
<i>Ilustración 30. Capacidad instalada de energías renovables a nivel mundial. Años 2000 y 2018.</i>	54
Ilustración 31. REmap ofrece un camino para un objetivo climático muy por debajo de 2 ° C, hacia 1.5 ° C	55
Ilustración 32. Las energías renovables y la eficiencia energética, impulsadas por una electrificación sustancial, pueden proporcionar más del 90% de las reducciones necesarias en las emisiones de carbono relacionadas con la energía	56
Ilustración 33. La electricidad se convierte en la principal fuente de energía en 2050.	57
Ilustración 34. La energía eólica y solar dominan el crecimiento en la generación basada en renovables	58
Ilustración 35. Ubicación por departamentos de proyectos nuevos con asignación de energía	61
Ilustración 36 Fuentes Renovables No Convencionales 2019-2023	66
<i>Ilustración 37. Segmentos productivos de los Bionegocios del Valle del Cauca 2017</i>	68
Ilustración 38. Porcentaje de población en áreas urbanas, 2030	74
Ilustración 39. Población urbana mundial	74
Ilustración 40. Ciudades con más de 10 millones de habitantes al 2030	75
Ilustración 41. % de la población mundial que vive en áreas urbanas	75
Ilustración 42. Tasa anual de crecimiento de la población, 2010 – 2050 (variante media) .	77
Ilustración 43. Proporción de la población mundial de 60 años o más	77
Ilustración 44. Población y migración OCDE, 1990-2060	79
Ilustración 45. Crecimiento de la clase media	80
Ilustración 46. 40 tecnologías clave y emergentes para el futuro	81
Ilustración 47. Escasez de agua proyectada en 2025	83
Ilustración 48. Requerimientos de recursos para la cantidad de población al 2030	83
Ilustración 49. Comida/agua/conexión energética	83
Ilustración 50- Áreas de inundaciones, estrés hídrico, contaminación y sequías en la actualidad, y ubicaciones de las megaciudades en 2030	84
Ilustración 51. Crecientes tensiones en recursos agua-alimentos-tierra	84
Ilustración 52. Emisiones globales actuales y al 2030	85
Ilustración 53. El dominio económico de Occidente es un desarrollo reciente	88
Ilustración 54. PIB de países del G7 y el E7 en US\$ PPP	88
Ilustración 55. La relativa preparación de los países productores de combustibles fósiles para la transición energética	95
Ilustración 56. Innovaciones que tienen lugar en la cadena de suministro eléctrico	96
Ilustración 57. Tendencias de innovación	97
Ilustración 58. Aplicaciones digitales emergentes en el sistema de energía	99
Ilustración 59. Impacto potencial de la digitalización en el transporte, los edificios y la industria	100

Ilustración 60. Impacto de la digitalización en el uso de energía y reducción de emisiones en el transporte de mercancías por carretera	101
Ilustración 61. Ahorro de energía acumulativo en edificios de la digitalización generalizada	101
Ilustración 62. Aplicación de las tecnologías digitales y estrategias en la industria	102
Ilustración 63. El impacto potencial de la digitalización en el petróleo y el gas, el carbón y la energía	103
Ilustración 64. Estructura tradicional del sector eléctrico	104
Ilustración 65. El papel de la digitalización en la remodelación del sector eléctrico	105
Ilustración 66. Posibles pasos en la transformación digital del sistema eléctrico	106
Ilustración 67. Cambio de paradigma de sistemas de generación de energía no renovable / centralizada a sistemas renovables / distribuidos	107
Ilustración 68. Sistema de energía centralizado	108
Ilustración 69. Energía distribuida / descentralizada. Estructura del sistema y configuraciones	109
Ilustración 70. Recursos energéticos distribuidos	110
Ilustración 71. Panorama de las innovaciones en ERV	114
Ilustración 72. Mapa tecnológico del foco energía.....	116

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Suministro total de energía primaria por combustible	48
Gráfico 2. Oferta y consumo de energía mundial (millones de toneladas equivalentes de petróleo) 2002 – 2017	48
Gráfico 3. Suministro total de energía primaria por región.....	49
Gráfico 4. Total consumo final por región	49
Gráfico 5. Distribución (%) del consumo mundial de energía según uso 2015 – 2016	50
Gráfico 6. Intensidad energética (kpe) y de emisiones de Co2 (kCo2) del PIB (USD 100 PPA 2005) en regiones seleccionadas 2016	50
Gráfico 7. Distribución (%) de la matriz energética de Colombia 1998 – 2017	59
Gráfico 8. Capacidad instalada (miles de MW) en energías renovables y crecimiento promedio anual 2014 – 2018	59
Gráfico 9. Capacidad Instalada por tecnología en la matriz eléctrica	60
Gráfico 10. Población Departamental (%) en Zonas No Interconectadas (ZNI) en Colombia 2015	62
Gráfico 11. Evolución esperada de la combinación de capacidades de generación de Colombia, 2017-2030	66
Gráfico 12. Generación de energía eléctrica, generadores de la región. 2016 (GWh, %)...	67
Gráfico 13. Energía específica (Mj/Kg) de biomásas seleccionadas.....	69

Gráfico 14. Capacidad instalada (MW) generadores en el valle geográfico del Río Cauca. 2018	69
Gráfico 15. Distribución (%) cogeneración nacional a partir de bagazo (2018).....	70
Gráfico 16. Cogeneración (Gw/h), venta de excedentes de los Ingenios Azucareros y tasa de crecimiento promedio anual (2013-2018)	70
Gráfico 17. El marco de transición energética	91

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Productos e impactos de la prospectiva tecnológica.....	16
Cuadro 2. Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Competitiva.....	20
Cuadro 3. Fuentes de energía y cadenas de producción	28
Cuadro 4. Fuentes de energías renovables	31
Cuadro 5. Principales actores del entorno regulatorio del sector energético.....	33
Cuadro 6. Eslabones de la cadena del sector energético	35
Cuadro 7. Procesos de generación de energía eléctrica.....	39
Cuadro 8. Definición de tipos de escenarios de penetración de FNCER en Colombia al 2030	63
Cuadro 9. Descripción de escenarios de penetración de FNCER en Colombia al 2030	64
Cuadro 10. Seis tendencias habilitantes impulsan el rápido despliegue de las energías renovables.....	91
Cuadro 11. Digitalización y energía en transporte, edificios e industria.....	100
Cuadro 12. Estructura del sistema de energía.....	108
Cuadro 13. Innovaciones y forma en que facilita la integración de la ERV en el sistema eléctrico	114
Cuadro 14. Pequeños Generadores Residenciales en Chile	117
Cuadro 15. El VPP de Tesla contribuye a la integración de las energías renovables y la estabilidad del sistema en el sur de Australia	120
Cuadro 16. Baterías Sonnen proporciona servicios de red en Alemania.....	123
Cuadro 17. Iniciativa Surf ‘n’ Turf: generación local, almacenamiento y distribución de hidrógeno a partir de energías renovables	125
Cuadro 18. Energía renovable en California: evolución ecológica	127
Cuadro 19. Microred en Brooklyn.....	129
Cuadro 20. Laboratorio Nacional para la Industria Solar en México.....	130
Cuadro 21. Celdas solares transparentes y flexibles combinan materiales orgánicos con electrodos de grafeno.....	132
Cuadro 22. Caña de energía. Mayor productividad en generación de biomasa	134
Cuadro 23. Estrategias tecnológicas para la recuperación de la bioenergía de la vinaza de la caña de azúcar.....	136

Cuadro 24. Residuos a la bioenergía: una revisión de las tecnologías de conversión recientes	138
Cuadro 25. Análisis del desarrollo de tecnologías bioenergéticas basadas en ciclo de vida y tendencias de adaptación	140
Cuadro 26. Bioenergía de microalgas con captura y almacenamiento de carbono	142
Cuadro 27. Estado actual de las tecnologías de bioenergía en Alemania.....	144
Cuadro 28. Bioenergía combinada con captura y almacenamiento de carbono – CAC. un primer proyecto a gran escala en Illinois.....	146
Cuadro 29. Hoja de ruta de la tecnología bioenergética para Colombia al 2030	147
Cuadro 30. Generación de energía renovable para la electrificación rural de comunidades aisladas en la región amazónica.....	150
Cuadro 31. Micro redes con base en energía solar fotovoltaica en Kenia.....	152
Cuadro 32. Electrificación rural altamente confiable y de bajo costo a través de una combinación de extensión de red y generación local de energía renovable.....	154
Cuadro 33. Iluméxico. Energía renovable para zonas rurales	157
Cuadro 34. Proyecto SMART de Electrificación Híbrida de una Aldea en Marisol (Perú)	159
Cuadro 35. Solución híbrida de almacenamiento de energía solar fotovoltaica y eólica para la isla Graciosa, Portugal	161
Cuadro 36. Pueblo de Wildpoldsried - está liderando el camino en la extraordinaria transformación de energía renovable de Alemania	162
Cuadro 37. La planta las olas de Mutriku (Motrico)	164
Cuadro 38. Piloto de taxis eléctricos en Bogotá.....	166
Cuadro 39. Piloto ZeEUS Europa – Autobuses eléctricos urbanos.....	168
Cuadro 40. Tecnología V2G para un proyecto piloto en Génova	170
Cuadro 41. Carga inductiva ultrarrápida en vehículos eléctricos pesados	171
Cuadro 42. Estación de carga para vehículos eléctricos propulsada por el viento y la energía solar	173
Cuadro 43. Carga ultrarrápida de vehículos eléctricos.....	174
Cuadro 44. Auto solar con gran autonomía.....	176
Cuadro 45. Lancha impulsada con energía solar.....	177
Cuadro 46. Flex Power Play: domótica en Australia para autoconsumo solar.....	179
Cuadro 47. E.ON aporta innovación al mercado energético: almacenar energía solar sin baterías.....	180
Cuadro 48. Piclo - Plataforma de comercio de energía peer-to-peer.....	181
Cuadro 49. Project Sunroof Google	183
Cuadro 50. SolarCoin	184
Cuadro 51. Proyecto RINGO - línea eléctrica virtual en Francia.....	185
Cuadro 52. Blockchain y tecnología de contratos inteligentes.....	187
Cuadro 53. Combinación de la inteligencia artificial con el almacenamiento de energía..	188
Cuadro 54. Pregunta 1. Identificación de problemáticas.....	200
Cuadro 55. Pregunta 2. Casos de éxito para la identificación de posibles soluciones de problemáticas.....	201

Cuadro 56. Pregunta 3. Identificación de oportunidades.....	201
Cuadro 57. Pregunta 4. Casos de éxito referentes para el aprovechamiento de las oportunidades	202
Cuadro 58. Pregunta 5. Casos de éxito referentes para el aprovechamiento de las oportunidades	203
Cuadro 59. Pregunta 6. Retos y desafíos a largo plazo 2032	204

Introducción

En el marco del proyecto “Fortalecimiento institucional del ecosistema de ciencia, tecnología e innovación en el Valle del Cauca” uno de los focos priorizados es el denominado como Energía. Este foco se consideró relevante por ser un departamento con autosuficiencia energética con orientación al uso de fuentes energéticas renovables. En el desarrollo de este documento se puede encontrar que el enfoque que orientó la investigación se centró en las energías renovables especialmente las no convencionales, por tanto los factores críticos y los mecanismos novedosos para el departamento convergen directa o indirectamente con este tipo de energía, en concordancia con la dinámica regional y las tendencias internacionales del sector.

Este documento se compone de seis (6) capítulos en los cuales el lector podrá encontrar:

METODOLOGIA FOCOS DE PROSPECTIVA ESTRATÉGICA PARA LA GOBERNACIÓN DEL VALLE DEL CAUCA. En este capítulo se presenta el esquema metodológico que facilita el desarrollo de este estudio, presentando la importancia de la prospectiva tecnológica y de la vigilancia tecnológica para identificar los mecanismos novedosos que permiten reconocer posibles opciones de respuesta a las problemáticas u oportunidades del foco.

MARCO CONCEPTUAL DEL FOCO ENERGÍA. En este capítulo se presenta la delimitación del objeto de estudio para facilitar la comprensión de los temas desarrollados en el ejercicio.

SITUACIÓN ACTUAL. En este capítulo se presenta la identificación del comportamiento retrospectivo de las principales variables que configuran el sector objeto de análisis.

MACROTENDENCIAS. En este capítulo se presenta la descripción de los principales direccionadores de cambio a nivel global en temas económicos, políticos, sociodemográficos, ambientales y tecnológicos que están orientado el futuro de la sociedad y por tanto de sus sectores económicos.

TENDENCIAS SECTORIALES. En este capítulo se presenta la definición de los principales direccionadores de cambio que están influenciando el desarrollo del sector.

FACTORES DE CAMBIO Y MECANISMOS NOVEDOSOS. En este capítulo se presenta la identificación de las problemáticas y oportunidades estratégicas del sector en el departamento del Valle del Cauca. Los factores críticos identificados potencialmente podrían mitigarse o aprovecharse con base en la identificación de los mecanismos novedosos. Para ello se referencian patentes, artículos científicos, publicaciones académicas, iniciativas empresariales, casos de éxito que sirven de referentes para potencialmente desarrollar nuevos proyectos en el foco de energía del Valle del Cauca de acuerdo con sus recursos, capacidades e intereses de los actores.

1. Metodología focos de prospectiva estratégica para la gobernación del Valle del Cauca

1.1. Definiciones

1.1.1. Prospectiva Tecnológica

De acuerdo con (Medina Vasquez & Ortegon, 2006) la prospectiva tecnológica definida por la OCDE es “un conjunto de intentos sistemáticos para mirar a largo plazo el futuro de la ciencia, la tecnología, la economía y la sociedad, con el fin de identificar aquellas tecnologías genéricas emergentes que probablemente generarán los mayores beneficios económicos y sociales”.

De otra parte, para (Miles, 2010), la prospectiva tecnológica es vista como nueva forma de anticiparse ante posibles cambios que se puedan establecer en la sociedad. En la realización de los planes de Direccionamiento es utilizada como herramienta fundamental para anticiparse, para prevenirse y ante todo planificar posibles consecuencias que puedan anteponerse en la consecución de las metas propuestas por las instituciones.

De acuerdo con (Medina Vasquez & Ortegon, 2006) son productos o resultados del desarrollo de la prospectiva tecnológica los siguientes elementos:

Cuadro 1. Productos e impactos de la prospectiva tecnológica

PRODUCTOS	IMPACTOS
<ul style="list-style-type: none">• Análisis de tendencias y factores de cambio Escenarios• Pronósticos• Listados de tecnologías críticas• Mapas de caminos tecnológicos• Prioridades de investigación• Recomendaciones de política	<ul style="list-style-type: none">• Nuevas políticas y/o estrategias• Nuevos productos (bienes y servicios)• Nuevos posicionamientos• Alianzas estratégicas• Nuevos procesos (prácticas de trabajo, hábitos, etc.)• Nuevos paradigmas (visiones, retos, desafíos) Nuevos programas (Fondos, líneas de financiamiento)• Nuevos protagonistas (centros, redes fundaciones, etc.)

Fuente: (Medina Vasquez & Ortegon, 2006)

1.1.2. Vigilancia tecnológica e Inteligencia Estratégica

La vigilancia tecnológica (VT) es un sistema organizado, selectivo y permanente, en el que se capta información del exterior y de la propia organización de diversa índole (económica, competitiva, tecnológica, entre otras) con el fin de seleccionar, analizar y difundir; para convertirla en conocimiento de toma decisiones con menor riesgo y poder anticiparse a los cambios (Norme UNE 166006, 2018).

La inteligencia estratégica es un conjunto de acciones coordinadas de búsqueda, tratamiento (filtrado, clasificación, análisis), distribución, comprensión, explotación y protección de la información obtenida de modo legal, útil para los actores económicos de una organización para el desarrollo de sus estrategias individuales y colectivas (definición según norma UNE 166006:2011 Ex Gestión de la I+D+i: sistema de vigilancia tecnológica e inteligencia estratégica).

Un proceso de VT e IC realizado de modo coordinado y continuo posibilita el desarrollo de competencias en el ámbito de la innovación. Como resultado, las organizaciones pueden ofrecer un conjunto de servicios y productos que sean competitivos nacional e internacionalmente. Además, los procesos de innovación basados en VT e IC facilitan la respuesta al entorno global por parte de las empresas, las universidades, y las instituciones del gobierno, fomentando al desarrollo productivo (Sánchez, Medina, & León, 2007).

Tipos de Vigilancia

Actualmente existen cinco tipos de vigilancia, las cuales se describen en la siguiente figura.

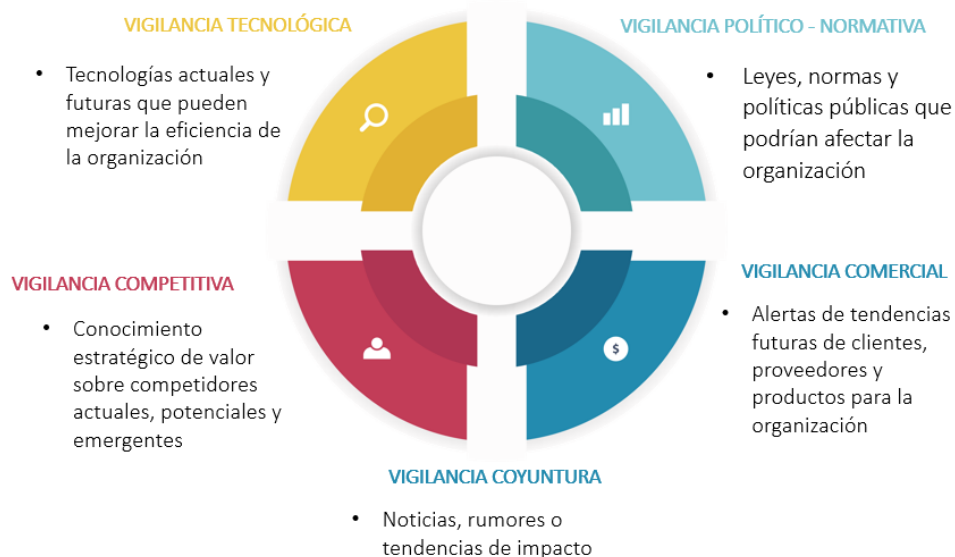


Ilustración 1. Tipos de vigilancia

Fuente: (Ortíz, 2018)

Fases de la Vigilancia Tecnológica

Se soporta la adaptación de la metodología de vigilancia científica y tecnológica de Palop & Vicente (1999), que busca obtener información calificada del entorno, a través de métodos legales, con el fin de estructurar nuevo conocimiento. Esta disciplina provee insumos de información y conocimiento de frontera que permitan direccionar estratégicamente las decisiones. A continuación, se describe cada fase de la metodología:

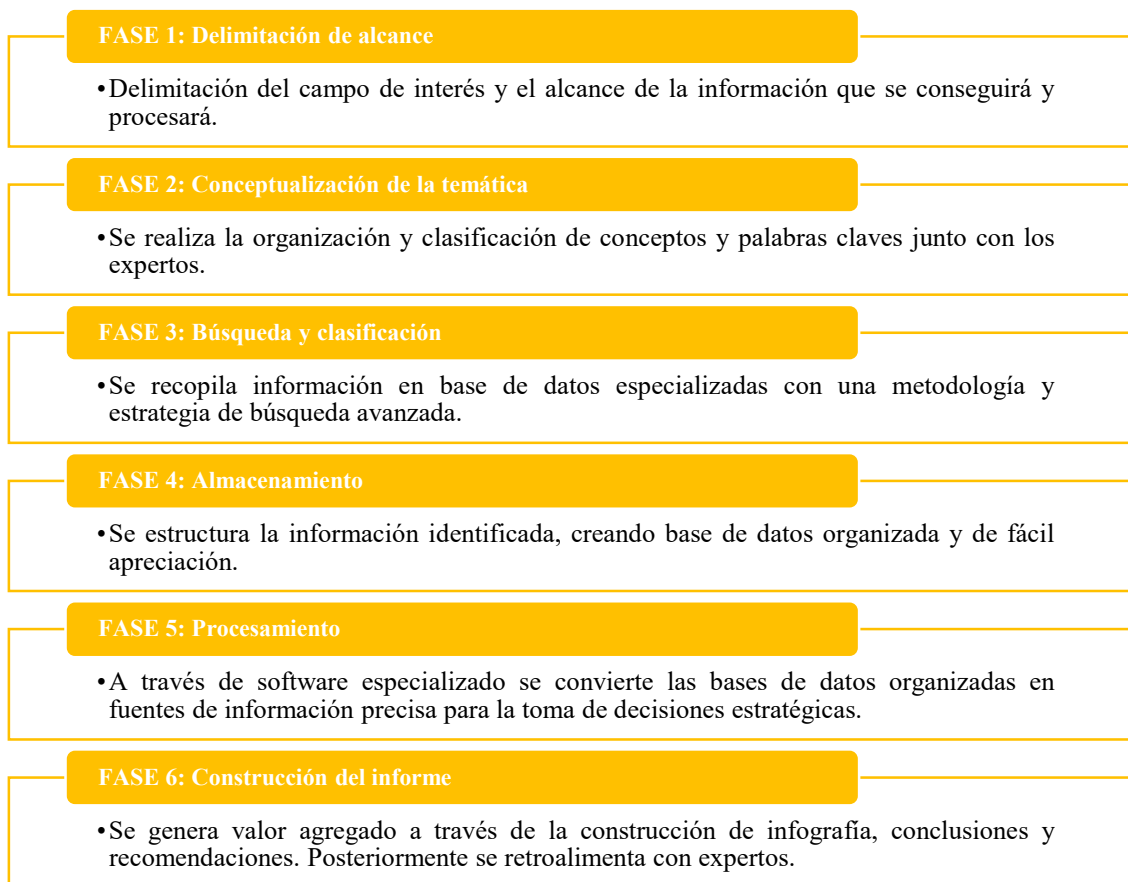


Ilustración 2. Definición de las fases metodológicas

Fuente: Elaboración propia

1.1.3. Sinergia entre prospectiva y vigilancia

La articulación de la Prospectiva y la Vigilancia Tecnológica, por tanto, pretende suministrar adecuada información valorativa para la gerencia estratégica, mediante métodos, procesos y sistemas para anticipar y afrontar el cambio tecnológico en forma continua. Esto significa

desarrollar soluciones institucionales y empresariales de pensamiento estratégico para construir ventajas competitivas sostenibles, evitar el costo de oportunidad de las decisiones erradas y aumentar la calidad del aprendizaje organizacional.

Ambas disciplinas contribuyen a la toma de decisiones estratégicas, caracterizadas por los altos costos, altos impactos, y efectos irreversibles (Ghemawat, 2006); y pretenden contribuir a que el país tome decisiones en condiciones de inestabilidad e incertidumbre global¹

La prospectiva proporciona contexto y visión para ubicar la vigilancia y la inteligencia en un marco de referencia que le brinda sentido y coherencia. Por su parte, la vigilancia tecnológica tiene propósito si permite a las organizaciones anticiparse a los cambios, reducir los riesgos, apoyar la toma de decisiones que forjan la innovación, y generar cooperación mediante redes y alianzas estratégicas (Palop, Fernando & Vicente, 1999)²

De acuerdo con (Medina Vásquez & Sánchez, 2009) la utilidad de la prospectiva y la inteligencia se expresa de la siguiente manera:

- Comprensión de la frontera del conocimiento, y la evolución de la Ciencia, tecnología e innovación en entornos cambiantes (ie. exploración de tendencias científicas y tecnológicas, de mercado, competitivas).
- Gestión estratégica de la innovación y el conocimiento (ie I+D+i requiere de sinergia de múltiples factores, con alta complejidad).
- Diseño y gestión de las políticas públicas (ie Participación del sector privado en la formulación y seguimiento de políticas públicas).
- Coordinación al interior de las cadenas productivas (ie Horizonte de futuro, eslabones críticos, demandas tecnológicas, asociatividad y organización).
- Visualización de oportunidades de mercado en el entorno global (ie Nichos, nuevos mercados y productos; análisis de competidores actuales y potenciales).

¹ Obsérvese que se trata de disciplinas del conocimiento y no de meras herramientas o instrumentos de trabajo. Ambas disciplinas proveen insumos calificados de información y conocimiento para la toma de decisiones estratégicas. Procesan en forma estructurada la información para identificar tendencias relevantes y factores de cambio en el entorno internacional; sirven para el monitoreo del comportamiento de los mercados, los entornos y las tecnologías, y facilitan la comprensión de los movimientos estratégicos presentes y futuros de los competidores internacionales. Sus antecedentes en las ciencias sociales tienen alrededor de seis décadas de historia y cuentan con una práctica ampliamente difundida en los países desarrollados y en vías de desarrollo. Para ver los fundamentos de la prospectiva como disciplina, ver Masini (2000), Miles (2008), Irvine & Martine (1984 y 1990) y Georghiou, Cassingena Harper, Keenan, Miles y Popper (2008). Para una descripción de la prospectiva como disciplina de apoyo a la gerencia estratégica, ver Godet (2004). Para ver la prospectiva como una función básica de la planificación, al mismo nivel de la coordinación de políticas públicas, la concertación y la evaluación de planes, programas y proyectos, ver Medina & Ortegón (2006). Para observar sus aplicaciones a la gobernabilidad y riesgo político, ver Miklos et al (2008) y Baena (2008). Para ver los fundamentos de la inteligencia competitiva, ver Fuld (1995), Gilad (2004); Jacobiak (2005) y Porter & Cunningham (2004). En Colombia, la sinergia de prospectiva y vigilancia tecnológica fue producto de una larga discusión institucional. Ver: Medina y Sanchez (2009); Medina & Rincón (2006), CYTED (2003) y Miles & Popper (2004).

² Conceptos como inteligencia estratégica anticipatoria, vigilancia prospectiva o vigilancia anticipativa estratégica e inteligencia colectiva, han surgido recientemente para expresar la fertilización cruzada de la prospectiva, la vigilancia tecnológica y la inteligencia competitiva (Freitas et al; 2006)

- Planificación de situaciones de incertidumbre, (ie Gerencia de tecnologías emergentes).
- Estrategias financieras innovadoras. (ie. Desarrollo de costosas infraestructuras)
- Diseño y gestión de alianzas estratégicas. (ie. Comercio internacional)

Cuadro 2. Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Competitiva

Productos de carácter regular
<ul style="list-style-type: none"> • Mensajes de alerta: Mensajes cortos, actuales, con serio impacto y que requieren de acción inmediata • Boletines Técnicos: Resúmenes periódicos de temas tecnológicos. • Boletines Genéricos: Resúmenes sobre principales hallazgos, resultados de discusiones técnicas o de negocios. • Perfiles de Competidores y clientes. • Recomendaciones – Planes de acción.
Productos de carácter especializado
<ul style="list-style-type: none"> • Evaluaciones en profundidad. Un análisis en detalle de un tópico de Ciencia y tecnología (ej. una tecnología o un competidor, etc.) • Previsión Estratégica. Análisis de tendencias y eventos (ej. nichos de mercado emergentes) • Análisis de la situación. Evaluación del contexto, desarrollos de productos, servicios y tecnologías con potenciales implicaciones, por ejemplo: Nueva legislación

Fuente: Medina & Sánchez (2009), adaptado de Medina y Ortegón (2007), SelfRule (2005) y Sánchez (2008).

La prospectiva tecnológica aplicada a los focos estratégicos del Valle del Cauca permite disminuir el riesgo en la toma de decisiones estratégicas por parte de los actores con alto nivel de gobernabilidad, ya que pone a disposición diferentes instrumentos que pueden ser de relevancia para el desarrollo de estrategias mediante información verídica, científica y tecnológica que permitirá en el mediano y largo plazo traducirse en aumento de la competitividad de los sectores y por ende del departamento.

1.2. Esquema metodológico del estudio de prospectiva tecnológica

Para el desarrollo de los focos estratégicos, se siguió el ciclo de vigilancia tecnológica el cual cuenta con seis (6) fases y que se abordaron de la siguiente forma en el marco del proyecto:

FASE 1: Delimitación de alcance

Teniendo en cuenta las prioridades establecidas en el Plan y Acuerdo Estratégico Departamental – PAED en Ciencia, Tecnología e Innovación, se establecieron como estratégicos los siguientes focos para el Valle del Cauca en el marco del proyecto

“Fortalecimiento institucional del ecosistema de ciencia, tecnología e innovación en el Valle del Cauca”:

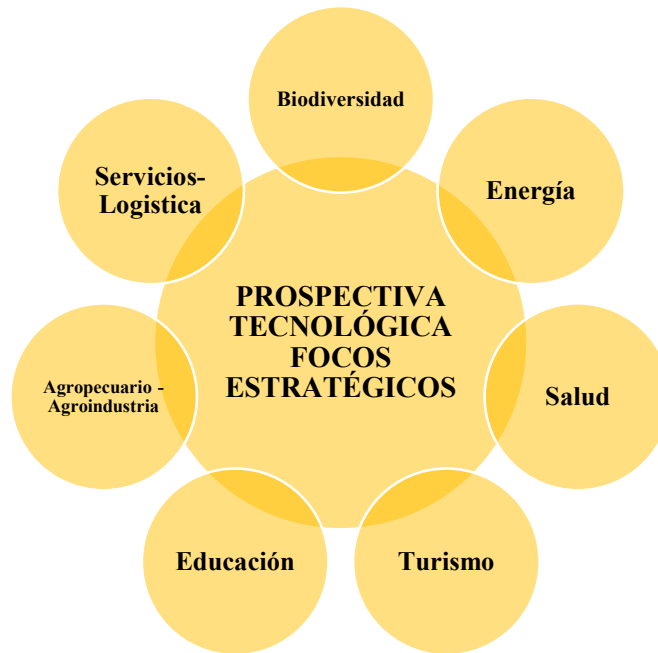


Ilustración 3. Focos estratégicos del Valle del Cauca

Fuente: Elaboración Propia

Cada uno de los focos mencionados anteriormente, desarrolló su alcance de acuerdo con los siguientes componentes que delimitaron su ejercicio:

- Marco conceptual
- Situación actual
- Macrotendencias
- Tendencias sectoriales
- Factores críticos

FASE 2: Conceptualización de la temática

La definición conceptual de los focos estratégicos en el marco del ejercicio prospectivo contempló los fundamentos universalmente aceptados por instituciones referentes a nivel internacional y nacional en el sector objeto de análisis. A su vez se contemplaron los enfoques del sector considerados en los planes de competitividad, desarrollo y CTeI a nivel departamental. Se contemplaron las opiniones de expertos temáticos, de la Gobernación del Valle y del equipo de trabajo del proyecto para direccionar la investigación en el foco en procura de resaltar los factores que marcan un cambio estructural para la región y su ecosistema.

FASE 3: Búsqueda y clasificación

La fase de búsqueda dentro del proceso metodológico tiene como principal objetivo recopilar la mayor cantidad de información de las bases de datos disponibles, de manera legal, a nivel nacional e internacional. Para ello, es fundamental tener un método y una estrategia de búsqueda avanzada, la cual se realiza con el apoyo de expertos en la temática, caracterizándose por tener:

- i. Fuentes de información delimitadas y de acceso legal
- ii. Palabras clave y
- iii. Ecuaciones de búsqueda sofisticadas.

Para el desarrollo de los focos estratégicos se contó con información primaria y secundaria que permitió elevar el nivel de investigación en el marco del proceso prospectivo contando con acceso a herramientas y bases de datos especializadas que permitieron hacer las búsquedas. Algunas de las bases utilizadas fueron:

- *Bases de datos Científicas y tecnológicas:* Se han utilizado las siguientes bases de datos especializadas en artículos científicos: Science Direct, Web of Science, SCOPUS, EBSCO Scirus, AGRIS – CARIS, ISI –. Agecon Search, entre otras especializadas en cada uno de los siete focos.
- *Bases de datos de Patentes y Comerciales:* World Intellectual Property Organization: WIPO, Trademap, Alibaba, European Patent, entre otras.
- *Bases de datos internas:* se consultaron repositorios de información desarrollados por los sectores tales como: Base de datos Superintendencia de Industria y Comercio, Sistema de información, sitios web de instituciones públicas y de empresas del sector a nivel nacional.

FASE 4: Almacenamiento

El almacenamiento de la información se orientó con base en gestión del conocimiento para facilitar la disposición y revisión de los documentos por medio de la codificación de los insumos hallados.

Para realizar este paso, se estableció:

- Consolidación de documentos por subtemas y objetivos
- Identificación de documentos más relevantes
- Lectura preliminar de los documentos

La información construida e identificada en las bases de datos fue compilada en los siguientes servicios de alojamiento de archivos:



Dropbox permite que tu equipo colabore en proyectos importantes desde todas partes y que el departamento de informática conserve el control.

Mas información:
<https://www.dropbox.com/es/>



Google Drive Permite acceder a tus archivos de Drive desde cualquier teléfono inteligente, tablet o computadora.

Mas información:
<http://www.google.com/intl/es-419/drive/>

Ilustración 4. Software para envío y almacenamiento de información en la nube

Fuente: elaboración propia con imágenes de Google

FASE 5: Procesamiento

La fase de procesamiento tiene como objetivo crear y organizar bases de datos de acuerdo con los objetivos previstos para la elaboración del informe. En este contexto implicó depurar la información encontrada y transformar los resultados en información directamente relacionada con la temática objeto de estudio.

Este es el paso de los datos al conocimiento e implica, por tanto, utilizar software especializado (software de minería de datos) para procesar la información de manera dinámica, mediante cruces estratégicos entre bases de datos.

En esta fase se usaron los sistemas de procesamiento y análisis de los propios sistemas de búsqueda o software especializado, tal cual se muestra a continuación.



El Vantage Point es una Herramienta para el análisis científico tanto de artículos científicos y patentes, como de cualquier base de datos estructurada, permite procesar volúmenes considerables de información. Procesamientos simples y relacionales.

Mas información:
<https://www.thevantagepoint.com/>



Búsquedas de conocimiento en patentes para el desarrollo y la solución de proyectos de investigación o problemas de producción.

Análisis semántico para extraer contenido y significado de textos científicos y técnicos de forma rápida y exacta.

Mas información:
<http://www.ihs.com/index.aspx>

Ilustración 5. Software sugerido de búsqueda y procesamiento de información

Fuente: elaboración propia con imágenes de google

FASE 6: Construcción del informe

Para el desarrollo de los estudios de prospectiva tecnológica de los focos estratégicos del Valle del Cauca, se propuso una estructura de documento que permitiera abordar las temáticas desde diversas perspectivas, como se presenta a continuación

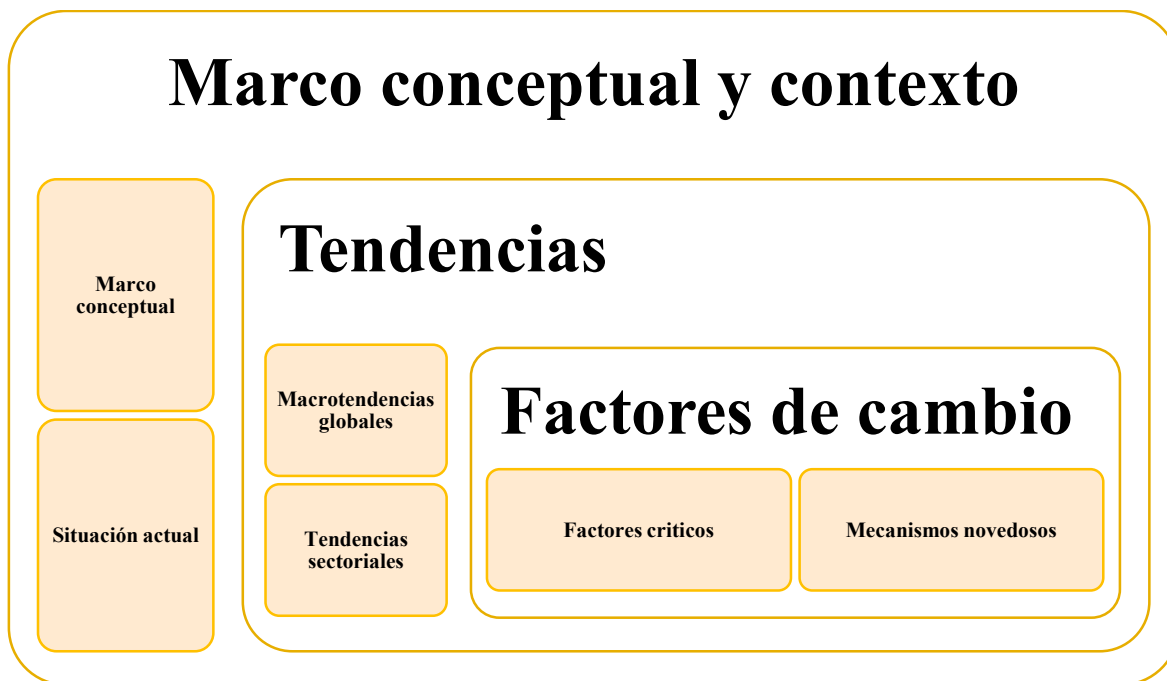


Ilustración 6. Esquema metodológico del estudio de prospectiva tecnológica

Fuente: Elaboración propia

El desarrollo final de este documento permite plasmar en un mapa tecnológico las recomendaciones o mecanismos novedosos que desde la tecnología pueden hacer más eficientes los factores críticos identificados en cada foco, con miras al desarrollo de la región.

Los mapas tecnológicos permiten identificar, evaluar y seleccionar alternativas relevantes y que permiten establecer relaciones de diversos componentes en este caso principalmente entre los factores críticos y los mecanismos novedosos que permita identificar aplicaciones prácticas tanto de productos, procesos, servicios, experiencias, etc.

MARCO CONCEPTUAL

Delimitación del objeto de estudio para facilitar la comprensión de los temas desarrollados en el ejercicio.

SITUACIÓN ACTUAL

Identificación del comportamiento retrospectivo de las principales variables que configuran el sector objeto de análisis.

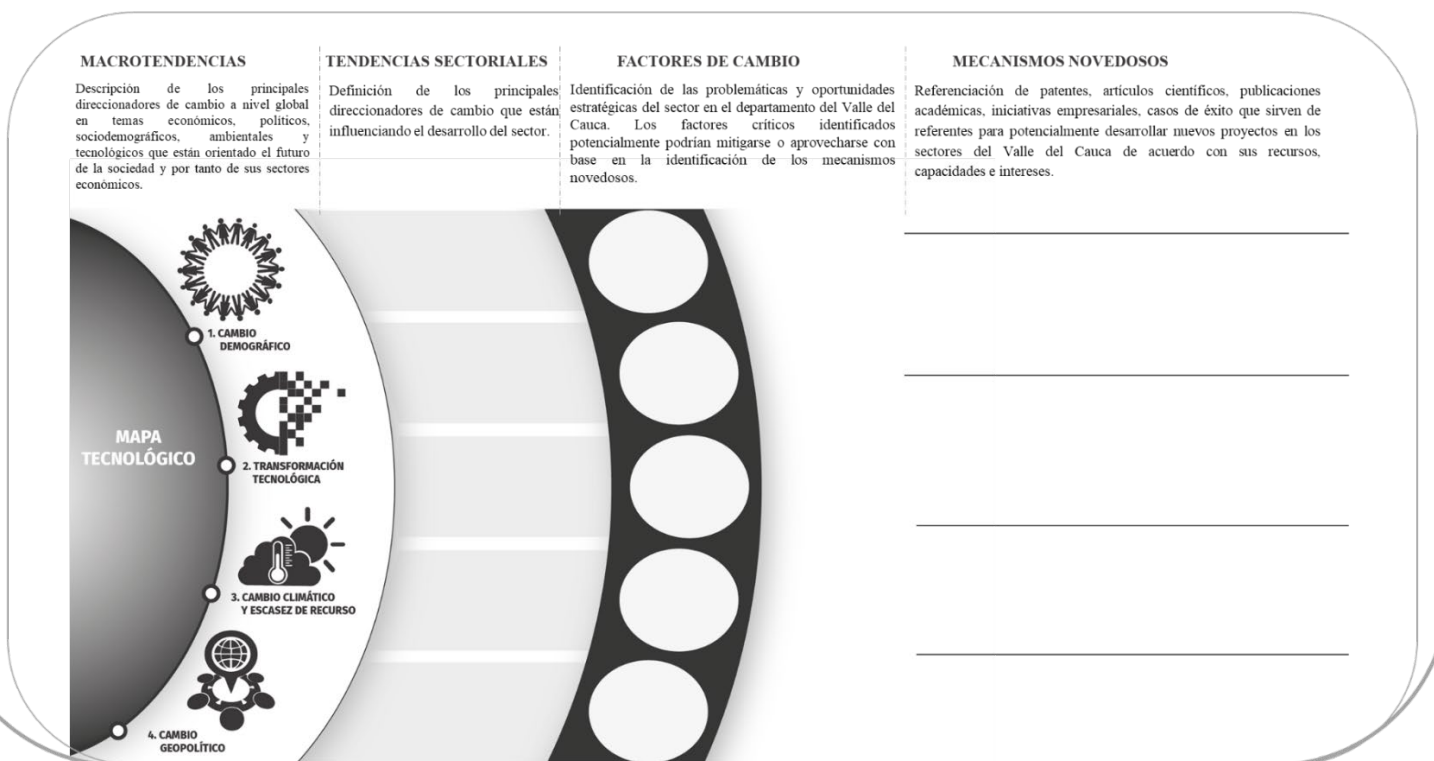


Ilustración 7. Esquema de mapa tecnológico

Fuente: Elaboración propia

2. Marco conceptual del foco energía

2.1. Fundamentos del sector de energía³

Un diccionario define un **combustible** como toda sustancia que se quema para producir calor o electricidad. El **calor** se deriva del proceso de combustión en el cual el carbono e hidrógeno contenidos en la sustancia combustible se combinan con el oxígeno, liberando calor. La provisión de calor o electricidad ya sea en forma mecánica o eléctrica, es la principal razón para quemar los combustibles. El término “**energía**”, cuando se utiliza correctamente en las estadísticas energéticas, se refiere únicamente al calor y la electricidad, aunque muchas personas también incluyen los combustibles.

El término “producto energético” se utilizará para referirse tanto a los combustibles como al calor y a la electricidad.

Los productos energéticos o bien se extraen o captan directamente de los recursos naturales (en cuyo caso se les dice **primarios**) como el petróleo crudo, carbón mineral duro, y gas natural, o son producidos a partir de los productos primarios. Todos los productos energéticos que no son primarios, sino producidos de los productos primarios, se clasifican como **productos secundarios**. La energía secundaria proviene de la transformación de la energía primaria o secundaria.

- **Productos energéticos primarios y secundarios**

Tanto la electricidad como el calor pueden producirse como energéticos primarios o secundarios.

La electricidad se produce como energía primaria y también secundaria. La electricidad primaria se obtiene de fuentes naturales como la hidroelectricidad, eólica, solar, mareomotriz y del oleaje. La electricidad secundaria se produce del calor de la fisión de los combustibles nucleares, del calor geotérmico y el calor térmico solar, así como quemando combustibles primarios como el carbón mineral, gas natural, petróleo, fuentes renovables y desechos. Una vez producida la electricidad, se distribuye a los consumidores finales a través de los sistemas nacionales o internacionales de transmisión y distribución.

El calor también se produce como energía primaria y secundaria. El calor primario se obtiene de fuentes naturales como la geotermia y el calor térmico solar. El calor secundario se obtiene de la fisión de los combustibles nucleares, y quemando combustibles primarios como el carbón mineral, gas natural, petróleo, fuentes renovables y desechos. El calor también se produce a partir de la electricidad en calderas eléctricas o bombas de calor. El calor puede producirse y utilizarse in situ, o distribuirse mediante un sistema de tubos hasta estructuras distantes del punto de producción.

³ (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico - Agencia Internacional de Energía y Eurostat, 2007)

- **Combustibles fósiles y fuentes renovables de energía**

Los **productos energéticos primarios** también pueden dividirse en combustibles de origen fósil y productos energéticos renovables.

Los combustibles fósiles se extraen de los recursos naturales que se formaron a partir de biomasa en el pasado geológico. Se amplía este término para aplicarse también a cualquier combustible secundario producido en base a un combustible fósil.

Los productos energéticos renovables, a excepción de la energía geotérmica, se obtienen directa o indirectamente de los flujos corrientes o recientes de la energía solar y gravitacional, constantemente disponibles.

En la siguiente ilustración se brinda una síntesis esquemática de la energía renovable versus no renovable, y la energía primaria versus secundaria.

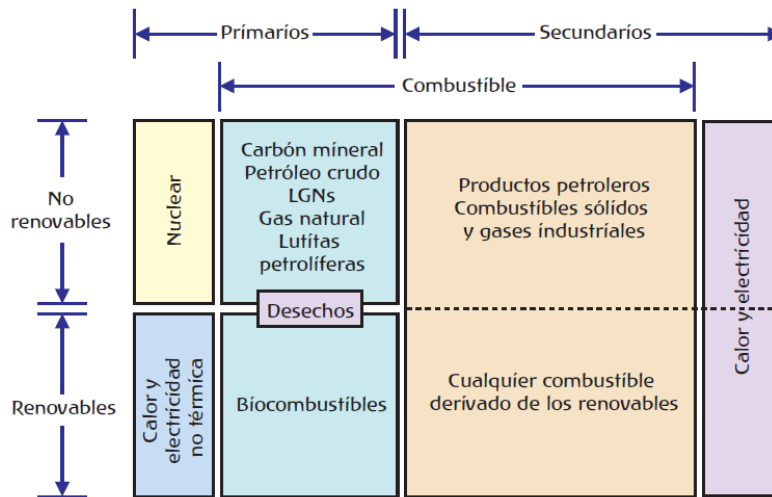
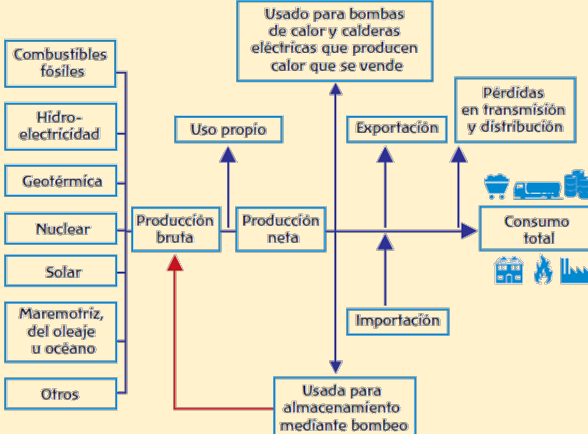
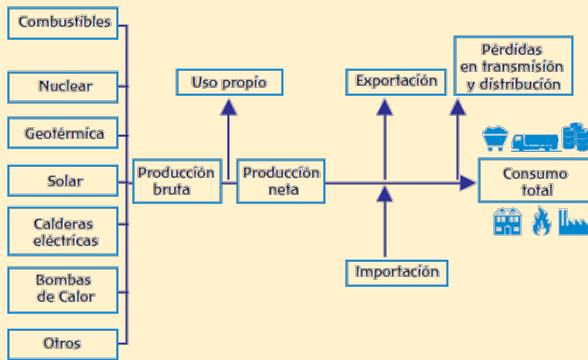
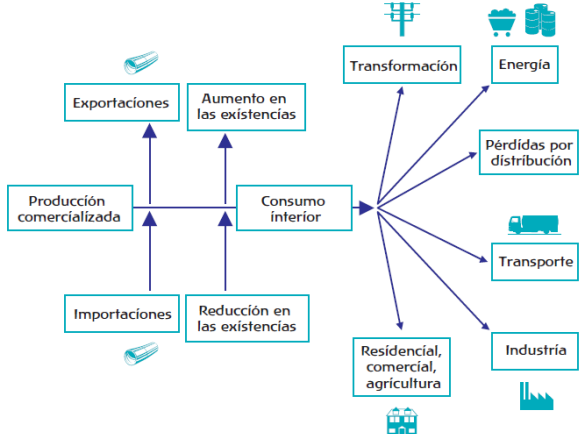


Ilustración 8. Terminología para los productos energéticos

Fuente: (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico - Agencia Internacional de Energía y Eurostat, 2007)

En el siguiente cuadro se detallan las diversas fuentes de energía con un respectivo flujograma que muestra la cadena de valor desde la producción hasta el consumo. Los flujograma se muestran simplificados intencionalmente para dar una visión general de la cadena de la oferta en un territorio. (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico - Agencia Internacional de Energía y Eurostat, 2007)

Cuadro 3. Fuentes de energía y cadenas de producción

Fuente de energía	Flujograma
<ul style="list-style-type: none"> • Electricidad y calor <p>Un flujograma de la producción al consumo para la electricidad y el calor se presenta en las siguientes ilustraciones. Estos flujogramas se simplifican intencionalmente para dar una visión general de la cadena de suministro. La producción, el comercio y el consumo son los principales elementos necesarios para lograr una visión completa del flujo de electricidad y del calor en un país.</p>	 <p><i>Ilustración 9. Flujograma simplificado para la electricidad</i></p>  <p><i>Ilustración 10. Flujograma simplificado para el calor</i></p>
<ul style="list-style-type: none"> • Gas natural <p>El gas natural consta de varios gases, pero en su mayor parte de metano (CH₄). Como sugiere su nombre, el gas natural se extrae de reservas subterráneas naturales y no es un producto químicamente puro. Al extraerse del yacimiento gasífero o en asociación con petróleo crudo, constituye una mezcla de gases y líquidos (algunos de los cuales no serán productos energéticos). Sólo después de su procesamiento se convierte en uno de los gases comerciables que existían en su mezcla original. En esta etapa, el gas natural sigue siendo una mezcla de gases, pero predomina su contenido de metano (típicamente más del 85%).</p>	 <p><i>Ilustración 11. Flujograma simplificada para gas natural</i></p>

Fuente de energía

• Petróleo

El petróleo es una mezcla compleja de hidrocarburos líquidos, compuestos químicos que contienen hidrógeno y carbono, que se forma naturalmente en yacimientos subterráneos de roca sedimentaria. Sus raíces latinas son “petra”, que significa “roca” y “oleum”, que significa “aceite”. En términos amplios, incluye productos primarios (sin refinar) y secundarios (refinados).

El petróleo crudo es la materia prima más importante para la fabricación de productos petroleros. Hay toda una gama de productos petroleros elaborados en base al petróleo crudo. Muchos son para fines específicos, por ejemplo gasolina automotriz o lubricantes; otros son para las necesidades generales de calentamiento, como el gasóleo o el combustóleo.

Los productos petroleros se consumen en muchos lugares. Se reconocen fácilmente en la gasolina usada como combustible automotor y el combustible de calefacción para los hogares. Menos obvios son los usos de componentes basados en el petróleo para los plásticos, medicinas, alimentos y una serie de otros productos.

Los productos petroleros pueden ser utilizados por la industria energética en apoyo a la producción de la energía. Por ejemplo, se usa petróleo en una mina de carbón para apoyar su extracción y preparación dentro de la industria del carbón. Este consumo del petróleo para calefacción, u operación de un generador, bomba o compresor en el sector energético, apoya la extracción o la actividad de transformación.

Flujograma

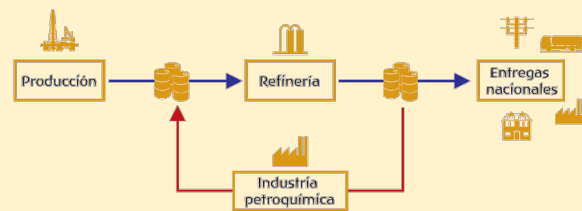


Ilustración 12. Flujograma simplificado para petróleo

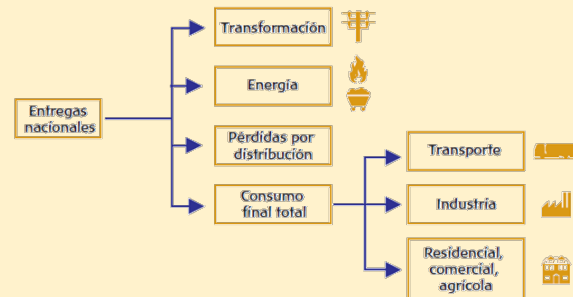


Ilustración 13. Consumo del petróleo por sector

Fuente de energía

- **Combustibles fósiles sólidos y gases industriales**

Los combustibles sólidos y gases industriales cubren varios tipos de carbón mineral y productos derivados del carbón mineral.

El carbón mineral primario es un combustible fósil, usualmente con la apariencia física de una roca negra o parda, y consiste en materia vegetal carbonizada. Mientras mayor sea el contenido de carbono en un carbón mineral, mejor será su valor o calidad. Los tipos de carbón mineral se distinguen por sus características físicas y químicas. Estas características determinan el precio e idoneidad del carbón mineral para varios usos.

Los combustibles derivados incluyen tanto los combustibles sólidos como los gases producidos durante el procesamiento del carbón mineral y por la transformación del carbón mineral.

- **Fuentes renovables y desechos**

Se encuentran numerosas definiciones de las fuentes renovables en la bibliografía técnica, incluyendo la siguiente: la energía renovable es la que se deriva de procesos naturales que se reponen constantemente. Aunque esta definición conlleva ciertas dudas, como por ejemplo cuánto tiempo es necesario para reponerse, puede ser un punto para describir en síntesis su significado.

Hay varias formas de energía renovable, derivadas directa o indirectamente del sol, o del calor generado muy dentro de la Tierra. Incluyen la energía generada de los recursos solares, eólicos, de biomasa, geotérmica, hidroenergía y

Flujograma

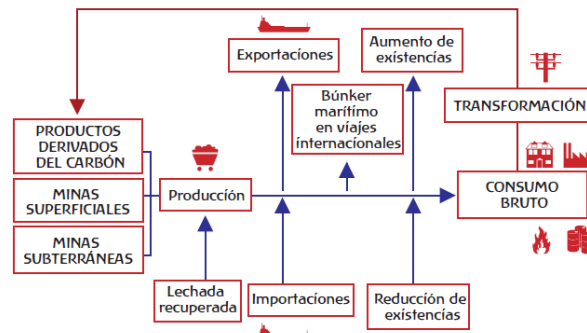


Ilustración 14. Flujograma simplificado para carbón mineral

Fuente de energía	Flujograma
<p>recursos marinos, biomasa sólida, biogás y biocombustibles líquidos.</p> <p>Los desechos son un combustible compuesto de muchos materiales que provienen de desechos combustibles industriales, institucionales, hospitalarios y familiares, como caucho, plásticos, aceites fósiles desechados y otros productos similares. Pueden estar en forma sólida o líquida, ser renovables o no-renovables, biodegradables o no biodegradables.</p>	

Fuente: (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico - Agencia Internacional de Energía y Eurostat, 2007)

En el siguiente cuadro se encuentran un listado de términos y definiciones asociadas con las fuentes de energías renovables (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico - Agencia Internacional de Energía y Eurostat, 2007)

Cuadro 4. Fuentes de energías renovables

Fuentes de energías renovables	Definición
Biocombustibles líquidos	<p>Los biocombustibles líquidos son principalmente biodiesel y bioetanol/ETBE usados como combustibles para transporte. Pueden hacerse de aceites vegetales nuevos o usados y pueden mezclarse con o sustituir los combustibles con base al petróleo. El insumo vegetal natural incluye los aceites de soya, girasol y canola. Bajo algunas circunstancias, pueden utilizarse los aceites vegetales usados como insumo para el proceso también.</p>
Biogás	<p>Un gas compuesto principalmente de metano y anhídrido carbónico producidos por la digestión anaeróbica de la biomasa, e incluyendo</p> <ul style="list-style-type: none"> • Gas de relleno sanitario, formado por la digestión de los desechos depositados. • Gas de lodos de alcantarillado, producido por su fermentación anaeróbica. • Otro biogás, tales como el biogás producido por la fermentación anaeróbica de lechadas y desechos de animales de mataderos, cervecerías y otras industrias agroalimentarias.
Biomasa sólida	<p>Cubre el material orgánico, no fósil de origen biológica que puede usarse como combustible para producir calor o generar electricidad. Comprende:</p>

Fuentes de energías renovables	Definición
	<p>Carbón vegetal: Cubre los residuos sólidos de la destilación destructiva y pirólisis de la madera u otra materia vegetal.</p> <p>Leña / desechos de madera / otros desechos sólidos: Cubre los cultivos intencionalmente para fines energéticos (álamo, sauce, etc.), muchos materiales leñosos generados por procesos industriales (la industria maderera y de papel en particular) o proporcionado directamente por el desarrollo forestal y la agricultura (leña, viruta de madera, corteza, aserrín, retazos, licor negro, etc.) así como desechos tales como paja, cáscara de arroz y de nueces, material del piso de los corrales avícolas, restos vinícolas triturados, etc. La combustión es la tecnología preferida para estos desechos sólidos.</p>
Energía de las mareas / olas / océano:	Energía mecánica derivada del movimiento de las olas o las mareas y explotada para generar electricidad.
Energía eólica	Energía cinética del viento que se explota para generar electricidad en turbinas eólicas.
Energía geotérmica	<p>Energía disponible como calor emitido desde el interior de la corteza terrestre, usualmente en forma de agua caliente o vapor. Se explota en los sitios apropiados:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Para generar electricidad usando vapor seco o salmuera de alta entalpía luego de vaporizarse. • Directamente como calor para calefacción domiciliar, agricultura, etc.
Energía solar	<p>La radiación del sol, explotada para producir agua caliente y generar electricidad, usando:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Colectores planos, principalmente de tipo termosifón, para calentar agua de uso residencial o piscinas. • Celdas fotovoltaicas. • Centrales termoeléctricas solares. <p>Nota: La energía solar pasiva para calefacción, enfriamiento e iluminación directas de las residencias u otros edificios no se incluye.</p>
Hidroenergía	Energía potencial y cinética del agua, convertida en electricidad en centrales hidroeléctricas. Debe incluirse el almacenamiento por bombeo. Deben reportarse los tamaños detallados de las centrales sin tomar en cuenta el almacenamiento por bombeo.

Fuente: (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico - Agencia Internacional de Energía y Eurostat, 2007)

2.2. El sistema de energía en Colombia

2.2.1. Entorno regulatorio

Con referencia al entorno regulatorio del sector energético, la Constitución de 1991 encargó al Estado las funciones de: a) Regulación del sector; b) Subsidiar a los usuarios de menores recursos; c) Planificación del sector; d) Vigilancia del sector y e) Establecimiento de las políticas generales del sector. Siguiendo esto el entorno regulatorio se ha conformado de la siguiente manera para el cumplimiento de dichas funciones (Ver siguiente cuadro) (Frankfurt School - Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), 2017).

Cuadro 5. Principales actores del entorno regulatorio del sector energético

Actor	Función
Congreso	Como órgano que legisla acerca del sector es el encargado de realizar el conjunto de leyes que encaran la dirección del sector energético.
Presidencia de la República	Es el primer director de la política pública de Energía y cabeza principal desde el poder ejecutivo de los lineamientos del sector
El Ministerio de Minas y Energía	Por medio de resoluciones y decretos reglamenta el sector siendo parte de los entes de política pública y gestión de energía
El Departamento Nacional de Planeación	Encargado de encaminar el sector y asegurar que se generen políticas públicas a largo plazo que integren la planeación de otros sectores
El Consejo Nacional de Política Económica y Social(CONPES)	El cual mediante documentos CONPES elabora los planes principales para desarrollo del sector
Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME)	Responsable del planeamiento y proyecciones de la demanda y expansión de generación y transmisión energética. Además, financia proyectos para proyectos de electrificación de las Zonas No Interconectadas con cierto enfoque en fuentes de energía renovable.
El Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas (IPSE)	Es una entidad adscrita que provee soluciones energéticas mediante evaluaciones técnicas y financieras de proyectos rurales. Adicionalmente realiza monitoreo y control de estos proyectos. Posee un enfoque hacia las Zonas No Interconectadas

Actor	Función
La Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG)	Es una entidad adscrita al MinMinas encargada de regular los monopolios en la prestación de los servicios públicos domiciliarios de energía eléctrica y gas combustible, así como de promover la competencia asegurando que los servicios sean prestados de manera eficiente, con alta calidad y sin abusos.
Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios	Es un organismo técnico que ejerce vigilancia, supervisión y control de las entidades prestadoras de Servicios Públicos
Superintendencia de Industria y Comercio	Promueve la competencia y ejerce vigilancia entre las industrias y clientes del sector
Consejo Nacional de Operación (CNO)	Organismo que tiene como función principal acordar los aspectos técnicos para garantizar que la operación integrada del Sistema Interconectado Nacional sea segura, confiable y económica y ser el órgano ejecutor del reglamento de operación. Las decisiones del Consejo Nacional de Operación pueden ser recurridas ante la Comisión de Regulación de Energía y Gas.
Centro Nacional de Despacho (CND)	Es la dependencia encargada de la planeación, supervisión y control de la operación integrada de los recursos de generación, interconexión y transmisión del Sistema Interconectado Nacional. Está igualmente encargado de dar las instrucciones a los centros regionales de despacho para coordinar las maniobras de las instalaciones con el fin de tener una operación segura, confiable y ceñida al reglamento de operación y a todos los acuerdos del Consejo Nacional de Operación.
XM	Es una filial de ISA la cual es un proveedor de servicios técnicos e información del sector. Es la encargada de elaborar el Informe Diario de Operación del sector
La Administradora del Sistema de Intercambios Comerciales - ASIC	Es un ente encargado del registro, liquidación y facturación de todas las transacciones del Mercado Energético
Agencia Nacional de Licencias Ambientales-ANLA	Es la entidad encargada de que los proyectos, obras o actividades sujetos de licenciamiento, permiso o trámite ambiental cumplan con la normativa ambiental, de tal manera que contribuyan al desarrollo sostenible del país.

Fuente: (Frankfurt School - Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), 2017) y (Grupo de Energía de Bogotá, 2019)

En la siguiente ilustración se esboza el esquema general del entorno regulatorio del sector energético en Colombia

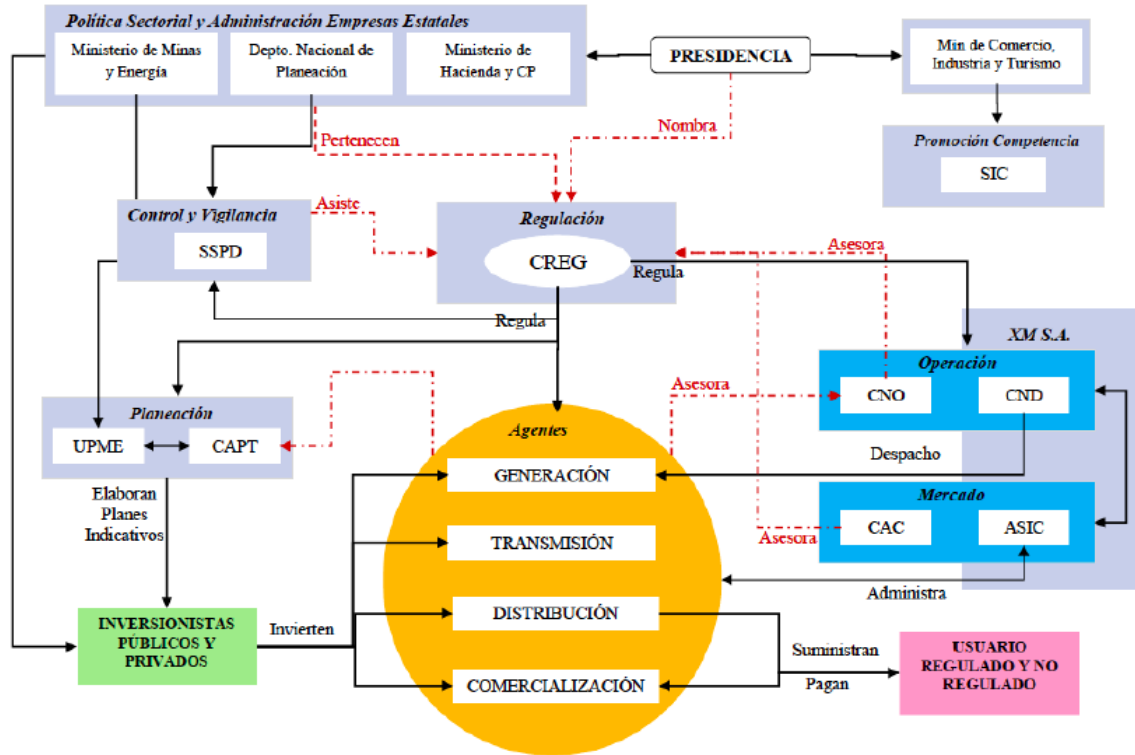


Ilustración 15. Esquema del entorno regulatorio del sector energético en Colombia
Fuente: (Superintendencia de Industria y Comercio, 2011)

El marco regulatorio del sector eléctrico clasifica las actividades que desarrollan los agentes para la prestación del servicio de electricidad en: generación, transmisión, distribución y comercialización de energía eléctrica (Grupo de Energía de Bogotá, 2019).

Cuadro 6. Eslabones de la cadena del sector energético

Eslabón	Descripción
Generación	<p>Es la actividad que consiste en producción de energía eléctrica a partir de otros tipos de energía, por ejemplo hidráulica o térmica. Existen plantas de generación conectadas al Sistema Interconectado Nacional y otras destinadas a atender Zonas no Interconectadas. Dentro de este eslabón hay cuatro agentes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Generadores mayoristas: los cuales efectúan transacciones de energía en el mercado mayorista de electricidad (Con capacidad instalada igual o superior a 20 MW) y también pueden vender la energía mediante contratos de mediano y largo plazo. • Plantas menores: las cuales tienen unidades de generación con capacidad instalada menor a 20 MW. La regulación para las transacciones comerciales de las plantas menores está contenida en la Resolución CREG 086 de 1996. • Autogeneradores: son las personas naturales o jurídicas que poseen sistemas de generación de energía eléctrica para atender sus propias necesidades y que no están conectadas a

Eslabón	Descripción
	<p>la red pública. La regulación para estos agentes está contenida en la Resolución CREG 084 de 1996. Además, con las resoluciones y proyectos de resolución 175 de 2014 y 024 de 2015, se está buscando regular y reglamentar como tal la actividad de autogeneración así como de definición del límite de pequeña escala de 1MW por la resolución UPME 281 de 2015.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cogeneradores: son las personas naturales o jurídicas que utilizan el proceso de cogeneración (i.e. producción combinada de energía eléctrica y térmica) para el consumo propio o de terceros o actividades comerciales o industriales. La reglamentación de esta actividad está consignada en la Resolución CREG 085 de 1996. • Resolución 030 CREG: Generación distribuida.
Transmisión	Consiste en el transporte de energía eléctrica a través del conjunto de líneas y que operan a tensiones iguales o mayores a 220 kV en las redes regionales pertenecientes al Sistema de Transmisión Nacional (STN).
Distribución	Es la actividad de transporte de energía eléctrica con equipos que operan a tensiones menores de 220kV y en general corresponde a Sistemas de Distribución Local (SDL) o Sistemas de Transmisión Regional en redes municipales, distritales o regionales
Comercialización	Es la actividad de compra de energía en el mercado mayorista y venta a los usuarios finales. Por lo general, esta actividad es operada conjuntamente con la distribución municipal y distrital.

Fuente: (Frankfurt School - Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), 2017)

Teniendo en cuenta las características de cada una de las actividades o negocios, se estableció como lineamiento general para el desarrollo del marco regulatorio, la creación e implementación de reglas que permitieran y propendieran por la libre competencia en los negocios de generación y comercialización de electricidad, en tanto que la directriz para los negocios de transmisión y distribución se orientó al tratamiento de dichas actividades como monopolios, buscando en todo caso condiciones de competencia donde esta fuera posible. Con relación al mercado, el marco regulatorio estableció la separación de los usuarios en dos categorías: usuarios regulados y no regulados. La diferencia básica entre ambos se relaciona con el manejo de los precios o tarifas que son aplicables a las ventas de electricidad. Mientras en el primer caso, las tarifas son establecidas por la CREG mediante una fórmula tarifaria, en el segundo caso los precios de venta son libres y acordados entre las partes. (Grupo de Energía de Bogotá, 2019).

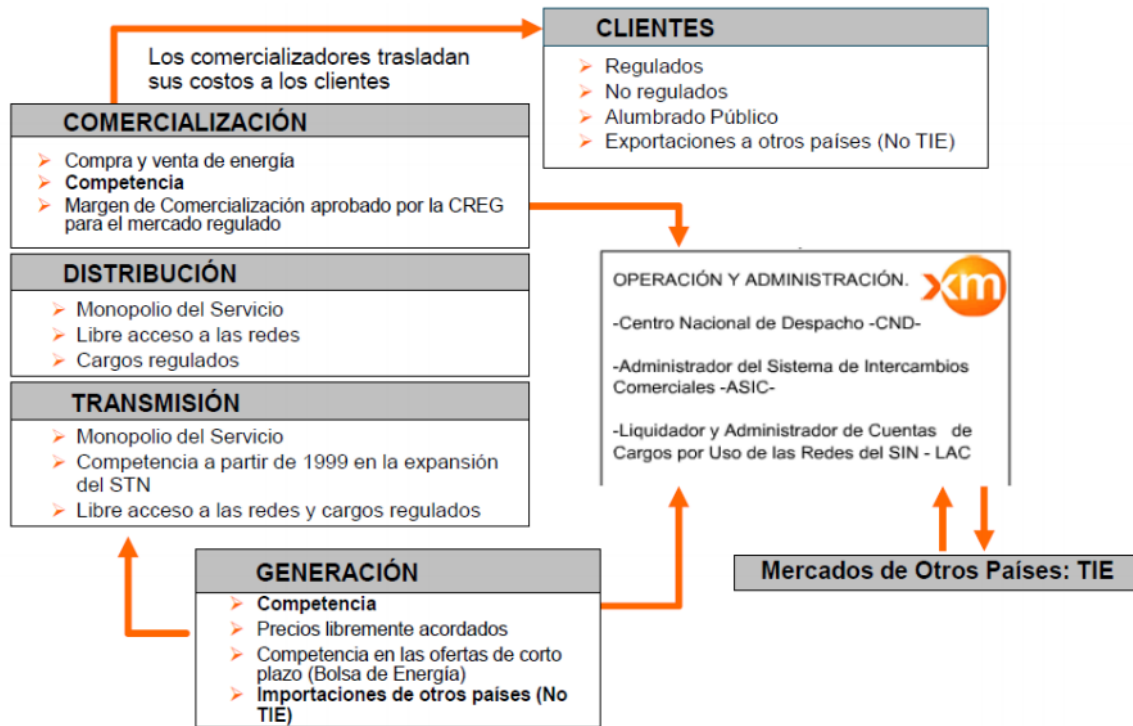


Ilustración 16. Estructura del Sistema Eléctrico Colombiano
Fuente: XM en (Derivex, 2010)

En general, en Colombia los procesos de generación de energía están localizados en zonas alejadas de los centros urbanos. Esto es debido a que gran parte de este eslabón se produce a partir de centrales hidráulicas o térmicas que dependen de disposiciones geográficas especiales con ciertas características para este propósito (fuentes hídricas, flujos hídricos, represas o embalses, etc.). (Frankfurt School - Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), 2017)

Luego para poder llevar a cabo la actividad de transmisión se realizan transformaciones de tensión las cuales se efectúan en subestaciones de transformación a lo largo del territorio nacional. Por último la distribución y comercialización se desarrolla regional o municipalmente para llegar al usuario final mediante la prestación del servicio público domiciliario. (Frankfurt School - Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), 2017)

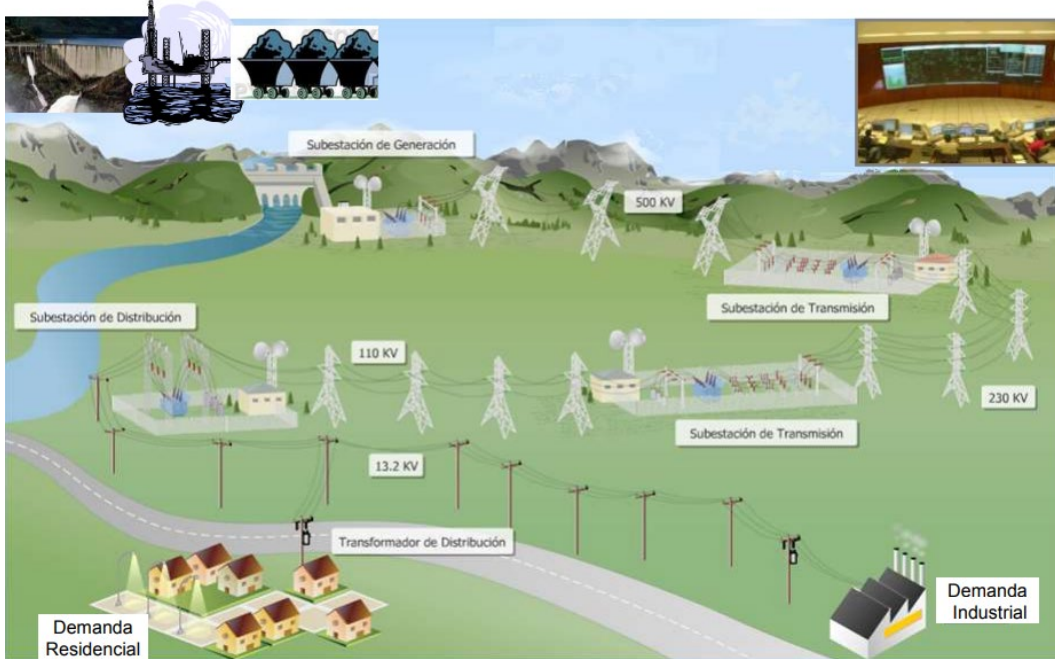


Ilustración 17. Cadena productiva del sector eléctrico
Fuente: (XM, 2007)

En las siguientes ilustraciones se presentan de manera más detallada un esquema general del subsector eléctrico y el proceso completo de la cadena productiva, desde la fuente hasta el usuario. (Ministerio de Educación Nacional, 2017)

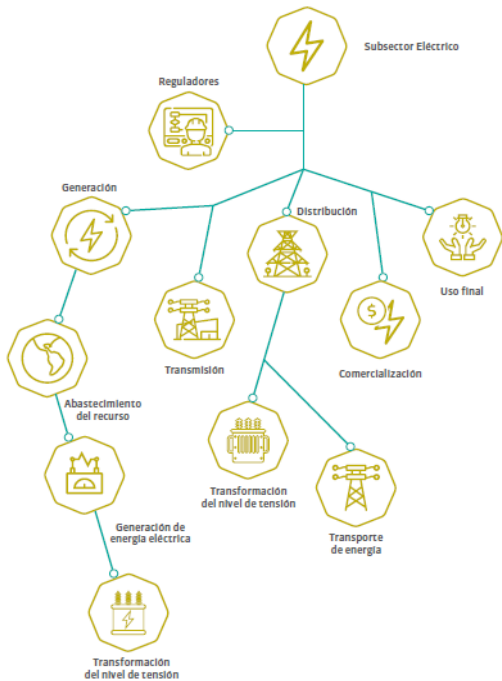


Ilustración 18. Esquema general del subsector eléctrico
Fuente: (Ministerio de Educación Nacional, 2017)

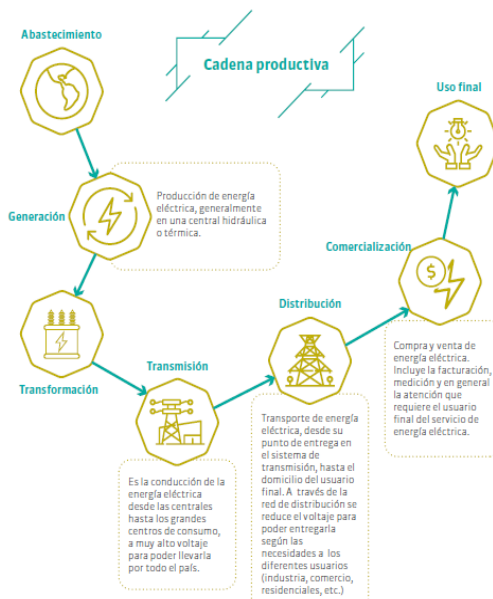


Ilustración 19. Cadena productiva del subsector eléctrico
Fuente: (Ministerio de Educación Nacional, 2017)

El eslabón de generación cuenta con tecnologías como: hidráulica, solar fotovoltaica, solar térmica, eólica, geotérmica, combustión de recursos minerales, biocombustibles y electroquímica.

La primera ilustración presenta las posibles fuentes de energía a partir de las cuales se obtiene energía eléctrica. La segunda ilustración presenta el esquema de los procesos de generación de energía eléctrica.

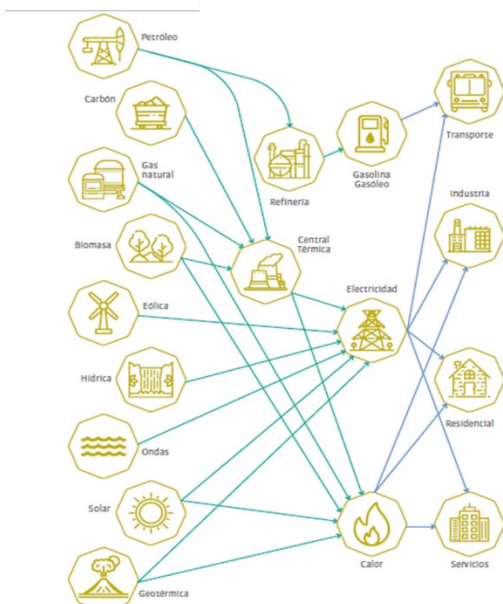


Ilustración 20. Fuentes de Energía

Fuente: (Ministerio de Educación Nacional, 2017)

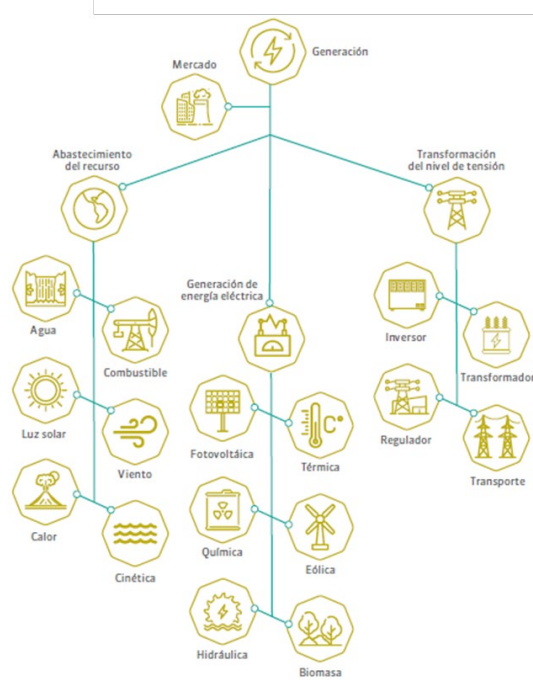


Ilustración 21. Esquema de generación de energía eléctrica

Fuente: (Ministerio de Educación Nacional, 2017)

Cuadro 7. Procesos de generación de energía eléctrica

Tipo	Descripción
Hidráulica	El agua se acumula en un embalse y, aprovechando su caída por la gravedad, se mueve una turbina. Esta turbina está conectada a un generador, el cual transforma la energía cinética en eléctrica. Para poder transportar la energía, es necesario aumentar su nivel de tensión en un transformador. La energía se transporta por las líneas de transmisión.
Eólica	El viento hace rotar las aspas de una turbina eólica, la cual está conectada a un generador que transforma la energía cinética en eléctrica. El sistema cuenta con un regulador para garantizar la operación de la turbina. Posteriormente, se eleva el nivel de tensión en un transformador y se transporta la energía por las líneas eléctricas.
Geotérmica	El recurso es el calor proveniente del interior de la tierra, el cual es aprovechado inyectando agua. Ésta se evapora y vuelve a la superficie en forma de vapor, el cual mueve una turbina, que a su vez mueve un generador que transforma la

Tipo	Descripción
	energía cinética en eléctrica. A la energía eléctrica se le aumenta el nivel de tensión y se transporta por la red de distribución.
Combustibles	Los combustibles son quemados en un horno para producir calor. Este calor es usado para evaporar agua. El vapor es usado para mover una turbina, la cual mueve un generador y éste transforma la energía en eléctrica. A la energía se le aumenta el nivel de tensión y se transporta por las líneas de transmisión.
Solar	Los paneles se ubican estratégicamente para captar la mayor cantidad de luz solar. Mediante un proceso químico se generan voltajes en el panel. La interconexión de muchos paneles permite sumar la energía generada por cada módulo individual, para luego llevar esta energía a los inversores. Los inversores transforman la energía DC en AC para hacerla compatible con el sistema nacional. El nivel de tensión es aumentado y la energía se transporta por las líneas de transmisión.
Biomasa sólida	<p>Cubre el material orgánico, no fósil de origen biológica que puede usarse como combustible para producir calor o generar electricidad.</p> <p>Comprende:</p> <p>Carbón vegetal: Cubre los residuos sólidos de la destilación destructiva y pirólisis de la madera u otra materia vegetal.</p> <p>Leña / desechos de madera / otros desechos sólidos: Cubre los cultivos intencionalmente para fines energéticos (álamo, sauce, etc.), muchos materiales leñosos generados por procesos industriales (la industria maderera y de papel en particular) o proporcionado directamente por el desarrollo forestal y la agricultura (leña, viruta de madera, corteza, aserrín, retazos, licor negro, etc.) así como desechos tales como paja, cáscara de arroz y de nueces, material del piso de los corrales avícolas, restos vinícolas triturados, etc. La combustión es la tecnología preferida para estos desechos sólidos.</p>

Fuente: (Ministerio de Educación Nacional, 2017)

El eslabón de distribución se ha inclinado históricamente por tecnologías análogas y digitales acompañadas de materiales probados que garantizan la operación del sistema. Sin embargo, las nuevas condiciones de demanda y los avances en técnicas y tecnologías inclinan al eslabón de distribución hacia la era de la medición inteligente y los sistemas autónomos que faciliten el crecimiento del sistema y las nuevas interacciones en la cadena de valor del sistema eléctrico. La siguiente ilustración muestra el esquema de procesos para la distribución de energía eléctrica (Ministerio de Educación Nacional, 2017).

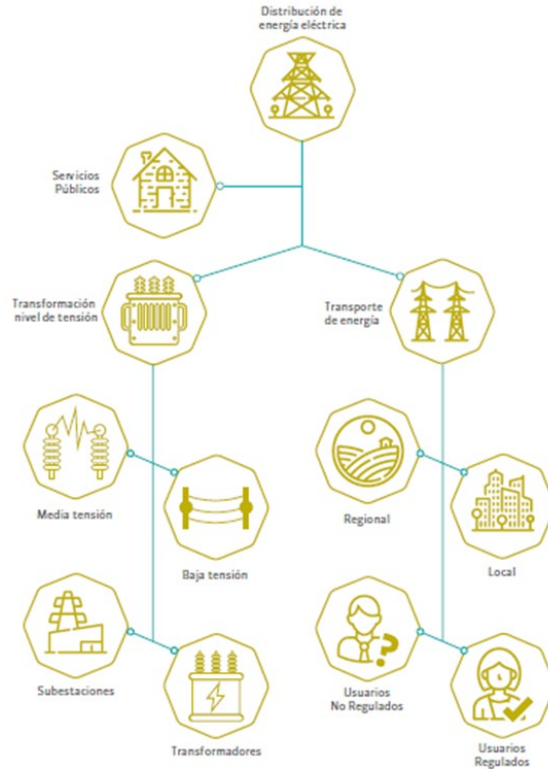


Ilustración 22. Esquema de distribución de energía eléctrica

Fuente: (Ministerio de Educación Nacional, 2017)

2.2.2. Fuentes no convencionales de energía renovable (FNCER)

Desde inicios de este siglo Colombia comenzó a direccionar su política energética hacia el uso eficiente de la energía y la promoción de las fuentes de energía renovables no convencionales. Con la adopción de la Ley 697 de 2001, o Ley del PROURE, y decretos posteriores se estableció un primer marco legal para este tema, con esquemas de incentivo y un programa articulado para definir estrategias y estructurar proyectos relacionados con el uso racional de la energía y el aprovechamiento de fuentes alternativas (Departamento Nacional de Planeación - Enersinc, 2017a).

De las políticas más recientes, la ley 1715 de 2014, ha regulado la integración de las energías renovables no convencionales al sistema energético nacional. Esta ley promueve la inversión en producción de energía limpia y la penetración de las FNCER en el mercado energético nacional, contempla nuevos incentivos financieros, y dirige a las autoridades competentes para que desarrollen la regulación técnica y económica que elimine barreras para la integración de las energías renovables no convencionales (Departamento Nacional de Planeación - Enersinc, 2017a).

Por su parte, las leyes 142 y 143 de 1994 sentaron las bases para la prestación del servicio público de energía eléctrica y el funcionamiento de un mercado competitivo de energía, propendiendo por el manejo eficiente y sostenible de los recursos energéticos del país. En

general, la ley 697 de 2001 y la ley 1715 de 2014 se expidieron en armonía con las leyes 142 y 143 de 1994, con un enfoque de eficiencia y competitividad en el abastecimiento de energía, utilizando instrumentos fiscales y de financiación junto con desarrollos regulatorios para incentivar una mayor participación de las FNCER (Departamento Nacional de Planeación - Enersinc, 2017a).

Adicionalmente las políticas de desarrollo sostenible y protección ambiental han contribuido a que el país proponga estrategias de crecimiento verde como se establece en el Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018, alineada con las políticas de la OCDE, y haya asumido compromisos internacionales de alcanzar los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) de la ONU y de contribuir a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero en el marco del Acuerdo de París sobre cambio climático, adoptado en la COP21. El cumplimiento de estas políticas y compromisos se apoyan necesariamente, entre otras acciones, en un mayor uso de las energías renovables y una gestión eficiente de los recursos energéticos (Departamento Nacional de Planeación - Enersinc, 2017a).

La siguiente ilustración se muestra un panorama resumido de las principales políticas que se han establecido para incentivar el uso de FNCER. (Departamento Nacional de Planeación - Enersinc, 2017a)



Ilustración 23. Listado de políticas actuales para la promoción de FNCER

Fuente: (Departamento Nacional de Planeación - Enersinc, 2017a)

Marco regulatorio (sector eléctrico)



Ilustración 24. Intervención del Estado en servicios públicos

Fuente: (Comisión de Regulación de Energía y Gas - CREG, 2016)



Ilustración 25. Desarrollo regulatorio sector eléctrico
Fuente: (Comisión de Regulación de Energía y Gas - CREG, 2016)

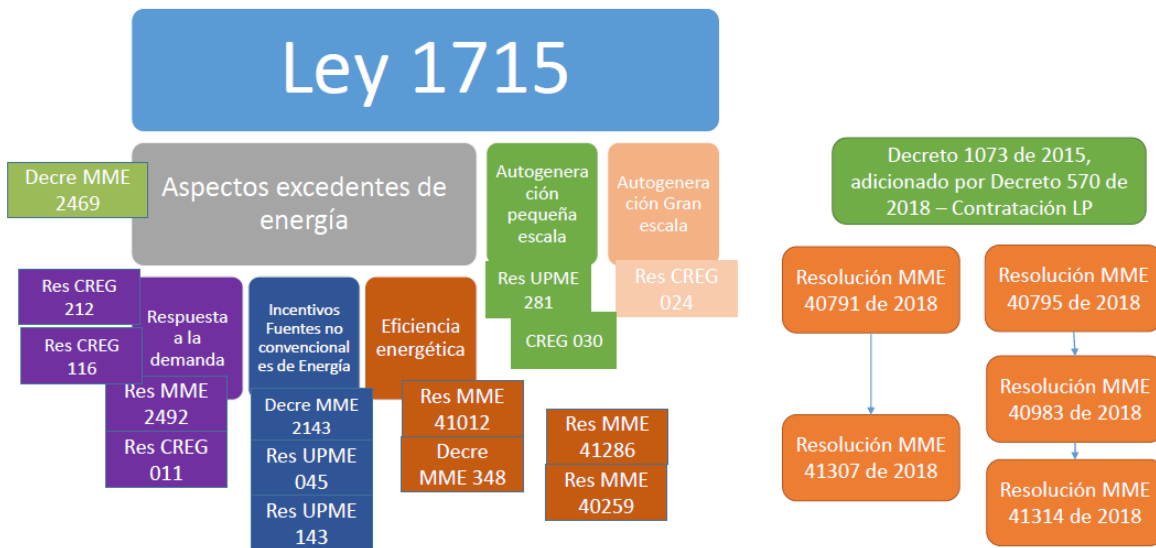


Ilustración 26. Ley 1715 de 2014

Fuente: (Unidad de Planeación Minero Energética - UPME, 2019b)

La Ley 1931 de 2018 define los **Planes Integrales de Gestión del Cambio Climático Territoriales (PIGCCT)** como los instrumentos a través de los cuales las entidades territoriales y autoridades ambientales regionales identifican, evalúan, priorizan, y definen medidas y acciones de adaptación y de mitigación de emisiones de gases, efecto invernadero, para ser implementados en el territorio para el cual han sido formulados⁴.

En este contexto se crea el **Plan Integral de Gestión del Cambio Climático del Sector minero-energético (PIGCCme)**, constituyéndose como un instrumento a través del cual el Ministerio de Minas y Energía (MME) identifica, evalúa y orienta la incorporación de

⁴ <http://www.minambiente.gov.co/index.php/gestion-territorial-de-cambio-climatico/aproximacion-a-territorio-planes-territoriales-de-cambio-climatico>

estrategias de mitigación de gases de efecto invernadero (GEI) y de adaptación al cambio climático en la planeación sectorial; respaldando y dando soporte a sus políticas y regulaciones, en un horizonte de planeación de 12 años (2018-2030). El PIGCCme tiene como objetivo la reducción de la vulnerabilidad ante el cambio climático y la promoción de un desarrollo bajo en carbono a nivel sectorial, fortaleciendo y protegiendo la sostenibilidad y competitividad de la industria (Ministerio de Minas y Energía, 2019).

La estructura del PIGCCme se divide en tres componentes: i) Mitigación, ii) Adaptación y iii) Gobernanza, como un componente transversal. Cada uno de estos componentes tiene líneas estratégicas, que a su vez se dividen en acciones y actividades. (Ministerio de Minas y Energía, 2019)

2.2.3. Cluster de bioenergía en el Valle del Cauca

El Cluster de Bioenergía comprende las empresas relacionadas con el proceso de generación de energía eléctrica y biocombustibles a partir de biomasa (vegetal, forestal, animal, pecuaria) en el valle geográfico del Río Cauca (Cámara de Comercio de Cali, 2019).

El Cluster está conformado por **2.891 empresas**, de las cuales 2.839 son productores de biomasa (incluye 2.700 cultivadores + 139 empresas agroforestales, avícolas y porcícolas) y 52 se agrupan en 9 eslabones: destiladores, generadores de energía, maquinaria agrícola, transporte y logística, fertilizantes, distribuidores de energía y centros de investigación (Cámara de Comercio de Cali, 2019).

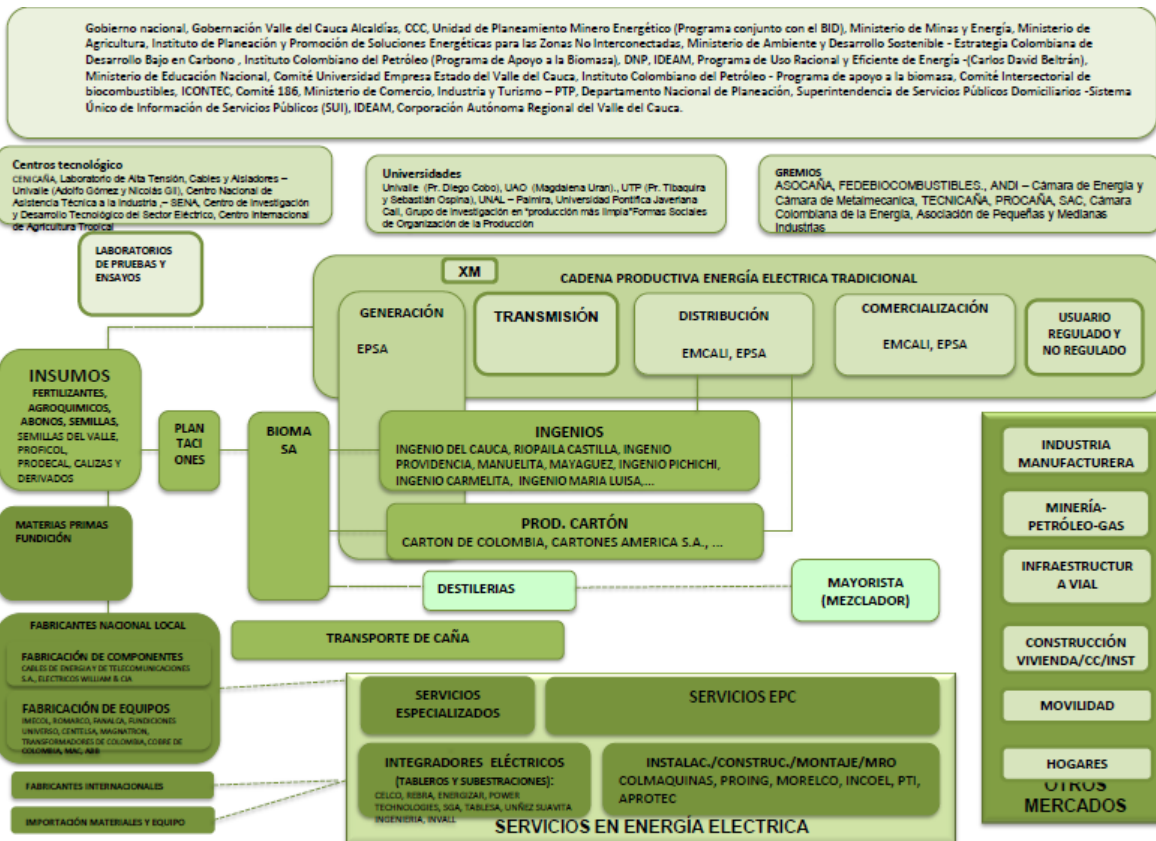


Ilustración 27. Cluster de Bioenergía en el Valle del Cauca

Fuente: (Cámara de Comercio de Cali - Banco de Desarrollo de América Latina, 2015)

Se han identificado junto con los empresarios algunos retos estratégicos de la cadena productiva (Cámara de Comercio de Cali - Banco de Desarrollo de América Latina, 2015)

1. Caracterización del recurso primario
2. Estructurar nuevas inversiones
3. Desarrollo de nuevos mercados
4. Evaluación de nuevas fuentes de biomasa

En marzo de 2015 se presentó el proyecto “Nuevos modelos de negocio para las empresas de la Iniciativa Cluster de Bioenergía del valle geográfico del Río Cauca” ante iNNpulsa

Estructurar nuevos modelos de negocio para las empresas de la Iniciativa Cluster de Bioenergía, soportados en la utilización de fuentes de biomasa disponibles en el valle geográfico del Río Cauca y aprovechando su potencial de generación de energía eléctrica (Cámara de Comercio de Cali - Banco de Desarrollo de América Latina, 2015)

Líneas de trabajo

- **Bioetanol:** Creación de mapa de disponibilidad de biomasa (para las 3 opciones). Estrategia de promoción del consumo de bioenergía y biocombustibles. Seguimiento a los avances tecnológicos y a los mercados de etanol de segunda generación en el mundo. Evaluar y promover oportunidades de mercado de bioetanol.

- **Biogás:** Articulación de un ecosistema para la generación de proyectos. Evaluación de acceso a mercados. Proyecto logístico de recolección (Biogás y Bioelectricidad). Proyecto piloto.
- **Bioelectricidad:** I+D+i para incremento de rendimiento agrícolas y forestales. I+D+i en biocombustibles combinados. Exploración e incentivo de mercados electrodemandantes. Explotación de mercados de bonos de carbono. Incremento de productividad en la cadena de valor. Participación de reglamentación.

3. Situación actual

3.1. Nivel internacional

- **El sector de la energía y los objetivos de desarrollo sostenible**

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), también conocidos como Objetivos Mundiales, son un llamado universal a la adopción de medidas para poner fin a la pobreza, proteger el planeta y garantizar que todas las personas gocen de paz y prosperidad (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo PNUD, 2016).

Estos 17 Objetivos se basan en los logros de los Objetivos de Desarrollo del Milenio, aunque incluyen nuevas esferas como el cambio climático, la desigualdad económica, la innovación, el consumo sostenible y la paz y la justicia, entre otras prioridades. Los Objetivos están interrelacionados, con frecuencia la clave del éxito de uno involucrará las cuestiones más frecuentemente vinculadas con otro (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo PNUD, 2016).

De manera explícita el ODS7 alude a “Energía asequible y no contaminante”, destacándose que para alcanzar este objetivo al 2030, es necesario invertir en fuentes de energía limpia, como la solar, eólica y termal y mejorar la productividad energética

A continuación se ilustra cómo las energías renovables en el marco del ODS7 brinda soporte al resto de los objetivos.



Ilustración 28. *Energía limpia y exequible como soporte de los ODS*

Fuente: (Agencia Internacional de las Energías Renovables - IRENA, 2017)

A nivel mundial entre 1971 y 2016, el suministro mundial total de energía primaria (TPES sigla en inglés) aumentó casi 2,5 veces (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico - Agencia Internacional de Energía, 2019)

Si bien el petróleo seguía siendo el combustible dominante en 2016, su participación ha disminuido en las últimas décadas. En contraste, la proporción de gas natural y energía nuclear ha crecido significativamente. En 2011, el carbón alcanzó su nivel más alto desde 1971 con un 29% (alcanzando un máximo del 71% del TPES en China). Sin embargo, en los últimos cinco años su participación ha disminuido (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico - Agencia Internacional de Energía, 2019).

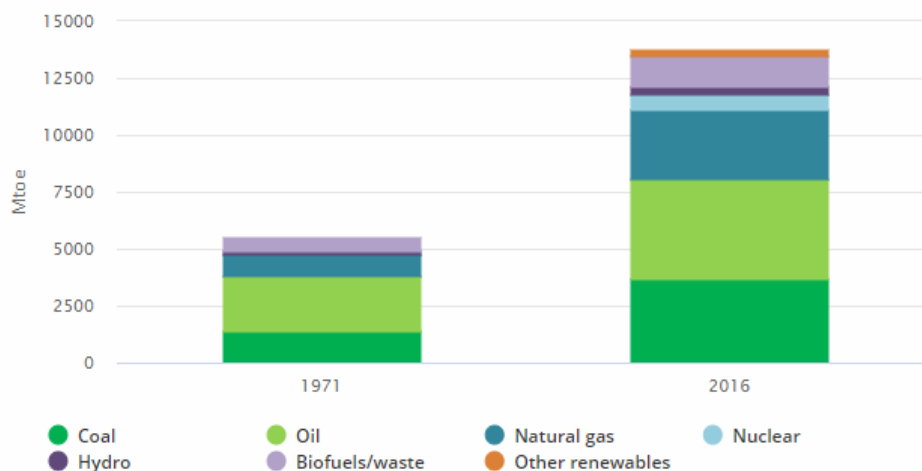


Gráfico 1. Suministro total de energía primaria por combustible

Fuente: (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico - Agencia Internacional de Energía, 2019).

Nota: unidad de medida Mtoe (million tonnes of oil equivalent) (millones de toneladas equivalentes de petróleo)

Durante el 2002 y 2017 la oferta mundial de energía registró un crecimiento promedio de 2,1% y el consumo mundial de energía de 2% (Cámara de Comercio de Cali, 2018)

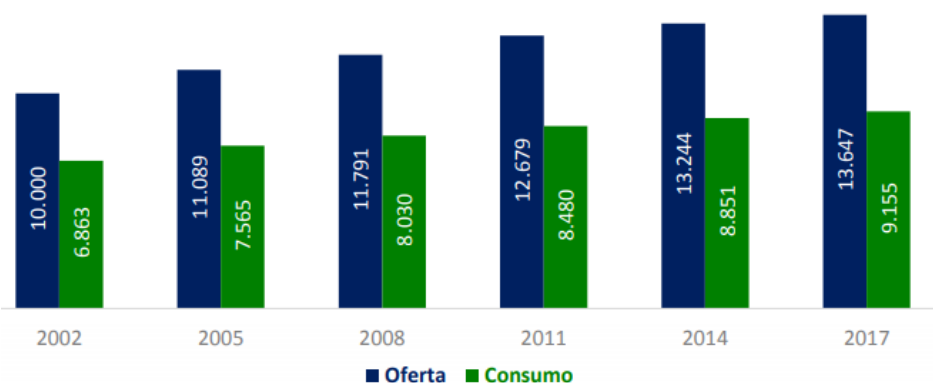


Gráfico 2. Oferta y consumo de energía mundial (millones de toneladas equivalentes de petróleo) 2002 – 2017

Fuente: Datos Euromonitor – cálculos de (Cámara de Comercio de Cali, 2018)

La demanda de energía ha evolucionado de manera diferente en todas las regiones del mundo: la participación de la OCDE en el TPES global ha disminuido significativamente desde 1971, mientras que casi se triplicó en la región asiática que no pertenece a la OCDE⁵.

La familia de países de la Agencia Internacional de Energía (AIE), que incluye a las economías miembros, los países de asociación y adhesión de la AIE, representó el 71% del TPES global en 2016.

⁵ Esta región agrupa a todos los países asiáticos, aparte de China, India, Japón y Corea del Sur. La "región" abarca desde Afganistán hasta Mongolia, el sudeste asiático y las islas del Pacífico.

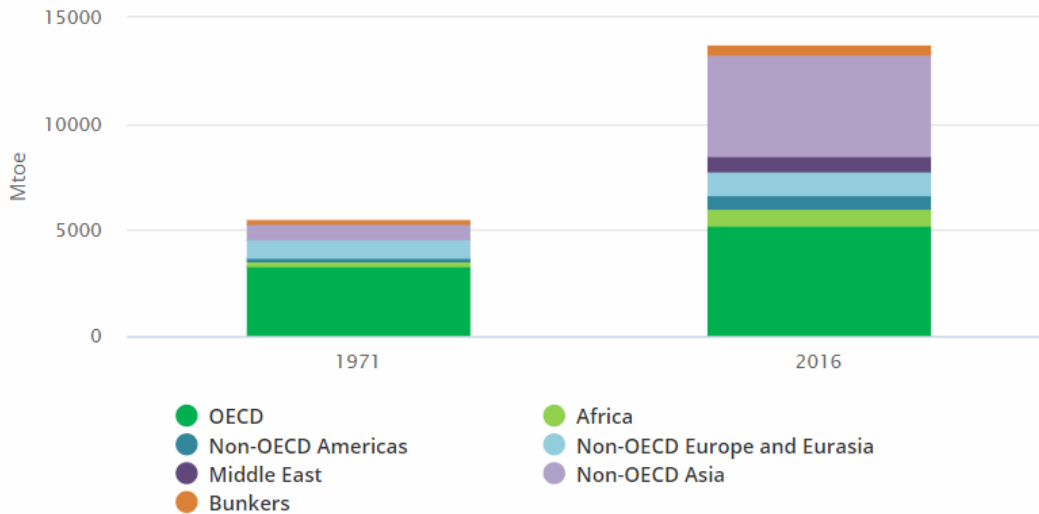


Gráfico 3. Suministro total de energía primaria por región

Fuente: (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico - Agencia Internacional de Energía, 2019)

Uno de los direccionadores del cambio observado en Asia ha sido el crecimiento del consumo de energía, que se ha disparado desde principios de la década de 2000. Mientras tanto, el crecimiento del consumo de energía en la OCDE se detuvo en 2008 con la crisis económica mundial, y el consumo final total está oscilando alrededor de un poco más de 3.500 Mtoe o el 38% del consumo total final global (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico - Agencia Internacional de Energía, 2019).

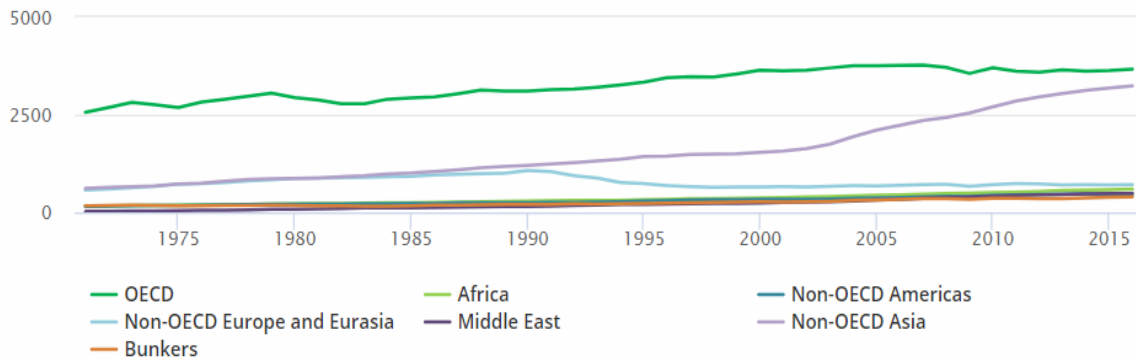


Gráfico 4. Total consumo final por región

Fuente: (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico - Agencia Internacional de Energía, 2019)

El uso industrial de la energía en el mundo registró un incremento de 3,1 pps en la torta total de consumo entre 2002 y 2017 (Cámara de Comercio de Cali, 2018)

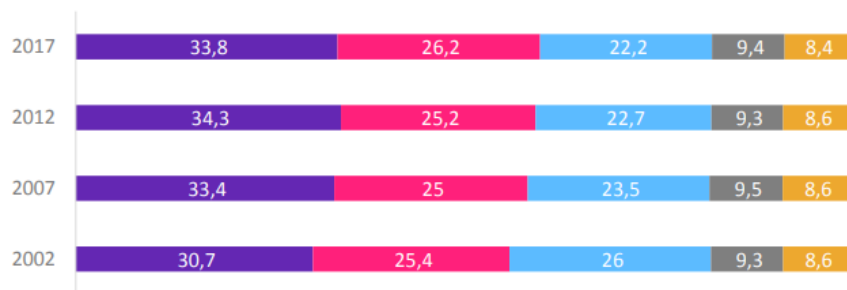


Gráfico 5. Distribución (%) del consumo mundial de energía según uso 2015 – 2016

Fuente: Datos Euromonitor – cálculos de (Cámara de Comercio de Cali, 2018)

Nota: *fuente de energía no consumida como combustible ni transformada en otro tipo de energía

En promedio, producir USD 100 adicionales de PIB en los países de la OCDE implica el consumo de 28 k de Co2, mientras que en Colombia solo se requieren 11 k de Co2

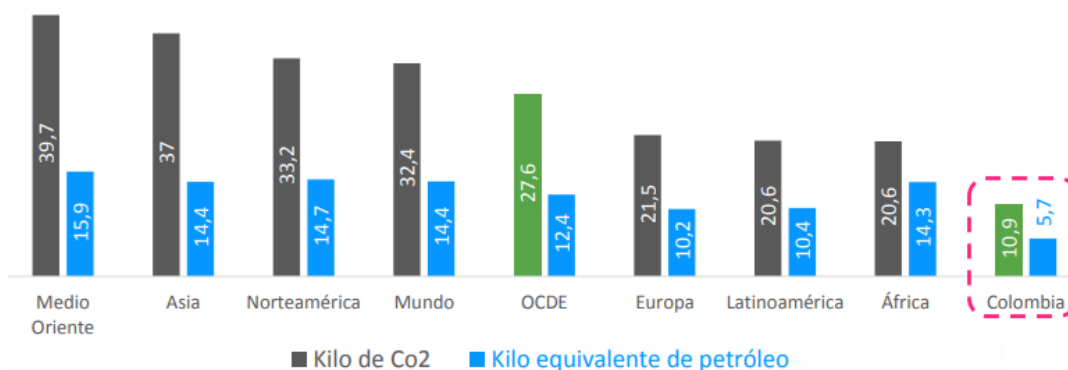


Gráfico 6. Intensidad energética (kpe) y de emisiones de Co2 (kCo2) del PIB (USD 100 PPA 2005) en regiones seleccionadas 2016

Fuente: Datos Enerdata – Cálculos de (Cámara de Comercio de Cali, 2018)

El mundo está construyendo poco a poco un nuevo tipo de sistema energético, pero las grietas son visibles en los pilares fundamentales (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico - Agencia Internacional de Energía, 2018):

- **Asequibilidad:** Los costes de las energías solar fotovoltaica y eólica siguen cayendo, en contraste, los precios del petróleo ascendieron por encima de los 80 \$/barril en 2018, por primera vez en cuatro años; y las reformas de los subsidios al consumo de combustibles fósiles, logradas con gran esfuerzo, están en entredicho en algunos países (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico - Agencia Internacional de Energía, 2018).

- **Confiabilidad:** Subsisten riesgos para el suministro de petróleo y gas, como muestra el deterioro de la producción de Venezuela. Un octavo de la población mundial carece de acceso a la electricidad y están saliendo a la luz nuevos desafíos en el sector eléctrico, desde la flexibilidad del sistema hasta la ciberseguridad (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico - Agencia Internacional de Energía, 2018).
- **Sostenibilidad:** Tras tres años de estabilización, las emisiones mundiales de CO₂ relacionadas con la energía aumentaron un 1,6% en 2017 y los primeros datos sugieren que el crecimiento continúa en 2018, lejos de una trayectoria alineada con los objetivos climáticos. La contaminación del aire relacionada con la energía sigue provocando millones de muertes prematuras cada año (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico - Agencia Internacional de Energía, 2018).

Asequibilidad, confiabilidad y sostenibilidad están estrechamente interconectadas: cada una de ellas, y el adecuado balance entre las tres, requiere un enfoque exhaustivo de las políticas energéticas (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico - Agencia Internacional de Energía, 2018).

- **Energías renovables**

La transformación energética global se está produciendo, impulsada por los imperativos duales de limitar el cambio climático y fomentar el crecimiento sostenible. Una disminución sin precedentes en los costos de energía renovable, nuevas oportunidades en eficiencia energética, digitalización, tecnologías inteligentes y soluciones de electrificación son algunos de los facilitadores clave detrás de esta tendencia (Agencia Internacional de las Energías Renovables - IRENA, 2019)⁶.

La transformación del sistema energético mundial debe acelerarse sustancialmente para cumplir los objetivos del Acuerdo de París. Esos objetivos son mantener el aumento de las temperaturas globales promedio "muy por debajo" de 2 grados centígrados (2 ° C) e idealmente limitar el calentamiento a 1.5 ° C en el presente siglo, en comparación con los niveles preindustriales (Agencia Internacional de las Energías Renovables - IRENA, 2019).

La electrificación con energía renovable puede comenzar a reducir las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) relacionadas con la energía de manera inmediata y sustancial. El emparejamiento también se está volviendo más barato que las alternativas basadas en combustibles fósiles, reduce la contaminación del aire local y aumenta los beneficios para la salud, dando como resultado beneficios socioeconómicos positivos y será un facilitador clave

⁶ Este informe enfoca su análisis en dos vías para el sistema de energía global:

Caso de Referencia: Este escenario considera las políticas actuales y planificadas de los países. Incluye compromisos contraídos en contribuciones determinadas a nivel nacional y otros objetivos planificados. Presenta una perspectiva basada en las proyecciones actuales de los gobiernos y los planes energéticos.

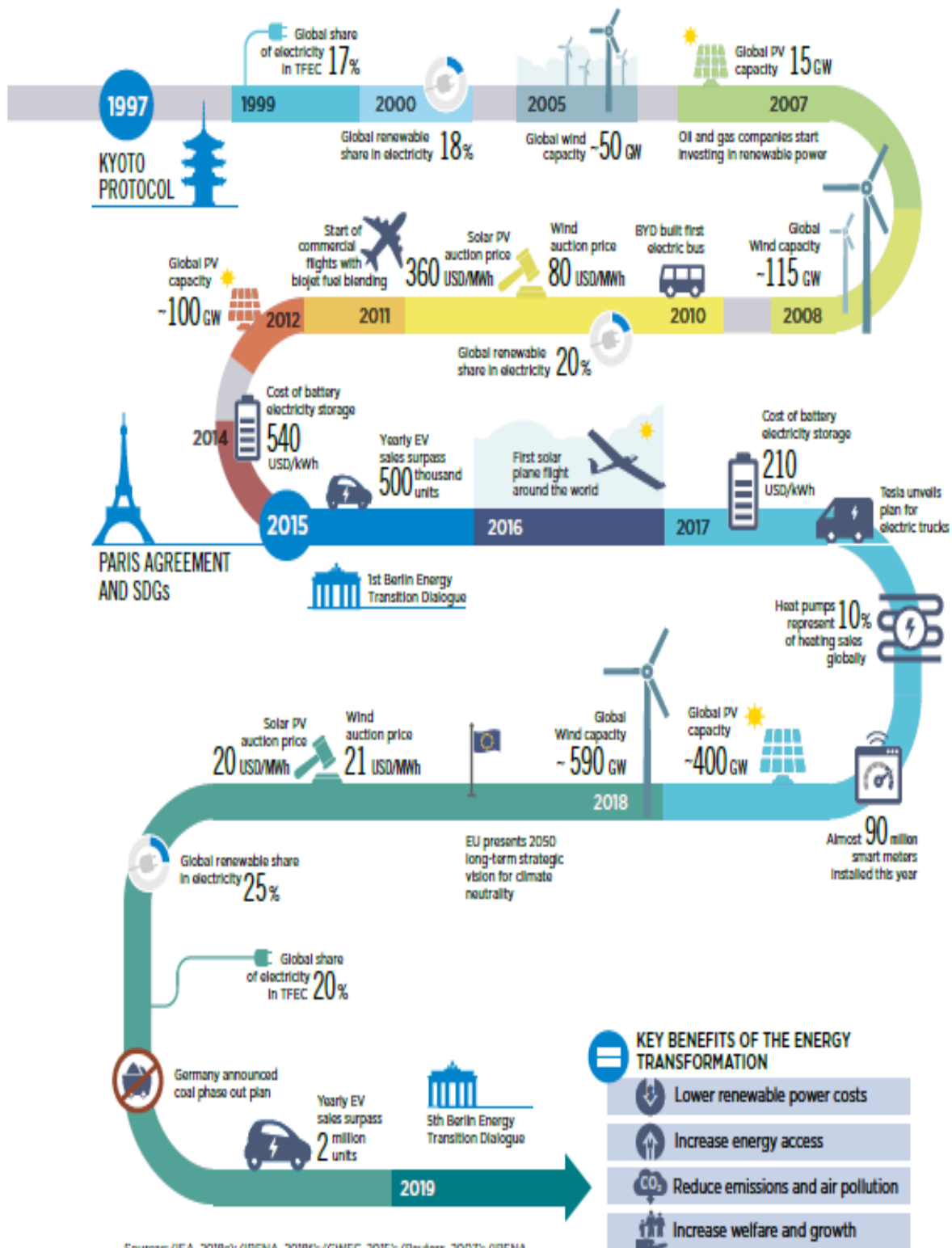
Caso REmap (Análisis de la hoja de ruta de las energías renovables): Este escenario incluye el despliegue de tecnologías bajas en carbono, basadas en gran medida en energías renovables y eficiencia energética, para generar una transformación del sistema energético global que limita el aumento de la temperatura global a muy por debajo de 2 grados centígrados por encima de los niveles preindustriales. El escenario se centra en las emisiones de dióxido de carbono relacionadas con la energía, que representan alrededor de dos tercios de las emisiones globales de gases de efecto invernadero.

para construir una economía y una sociedad conectadas y digitalizadas. La electrificación, cuando se combina con fuentes renovables, va de la mano con la eficiencia energética, lo que resulta en una menor demanda total de energía (Agencia Internacional de las Energías Renovables - IRENA, 2019).

Para 2050, la electricidad podría convertirse en el operador central de energía, pasando de una participación del 20% del consumo final a una participación de casi el 50% y, como resultado, el consumo bruto de electricidad se duplicaría. La energía renovable podrá proporcionar la mayor parte de la demanda mundial de energía (86%). Los principales impulsores de este aumento de la demanda de electricidad serían más de mil millones de vehículos eléctricos, un mayor uso de la electricidad para calefacción y la aparición de hidrógeno renovable. En general, la energía renovable suministraría dos tercios de la energía final (Agencia Internacional de las Energías Renovables - IRENA, 2019).

Las emisiones anuales de CO₂ relacionadas con la energía en el caso de REmap disminuyen un 70% por debajo del nivel actual. Se estima que un 75% de esta reducción se puede lograr a través de tecnologías de energía renovable y electrificación; Si se incluye la eficiencia energética, entonces esta proporción aumenta a más del 90%. Sin embargo, el mundo está en un camino muy diferente: las emisiones relacionadas con la energía han aumentado en más del 1% anual, en promedio, en los últimos cinco años. Los planes y políticas actuales, incluidas las contribuciones determinadas a nivel nacional, dan como resultado un nivel anual similar en las emisiones en 2050 en comparación con las de hoy, lo que corre el riesgo de poner al mundo en una trayectoria de 2,6 grados Celsius de aumento de temperatura o más después de 2050. El informe muestra que las emisiones deberían reducirse en aproximadamente un 3,5% por año desde ahora hasta 2050. Las emisiones relacionadas con la energía tendrían que alcanzar un máximo en 2020 y disminuir a partir de ese momento (Agencia Internacional de las Energías Renovables - IRENA, 2019).

En la siguiente ilustración se observa los principales hitos que han caracterizado transformación energética en el siglo XXI



Sources: (IEA, 2018c); (IRENA, 2018f); (GWEC, 2015); (Reuters, 2007); (IRENA, 2018d); (INSIDEEVs, 2019b); (IEA-PVPS, 2018); (EV Volumes, 2019); (Solar Impulse, 2019); (IRENA, 2017c); (Electrek, 2017); (IEA, 2019); (GlobalData, 2018); (EC, 2018a); (GWEC, 2019); (CleanTechnica, 2018); (IATA, 2018); (BNEF, 2018).

Ilustración 29. Reciente progreso en la transformación energética

Fuente: (Agencia Internacional de las Energías Renovables - IRENA, 2019)

De acuerdo con IRENA para el año 2000 el 89,7% (676.462,67 MW) del total de capacidad instalada de energías renovables a nivel mundial provenían de fuentes hidroeléctricas. Este panorama para el año 2018 cambia, al presentarse una mayor diversificación de fuentes renovables, por tanto, la participación de las hidroeléctricas se reduce a un 47,9% (1.126.466,17 MW), mientras que las energías eólica (en tierra) y solar fotovoltaica ganan una participación del 23% (540.370,41 MW) y 20,4% (480.356,51 MW). (Ver siguiente ilustración).

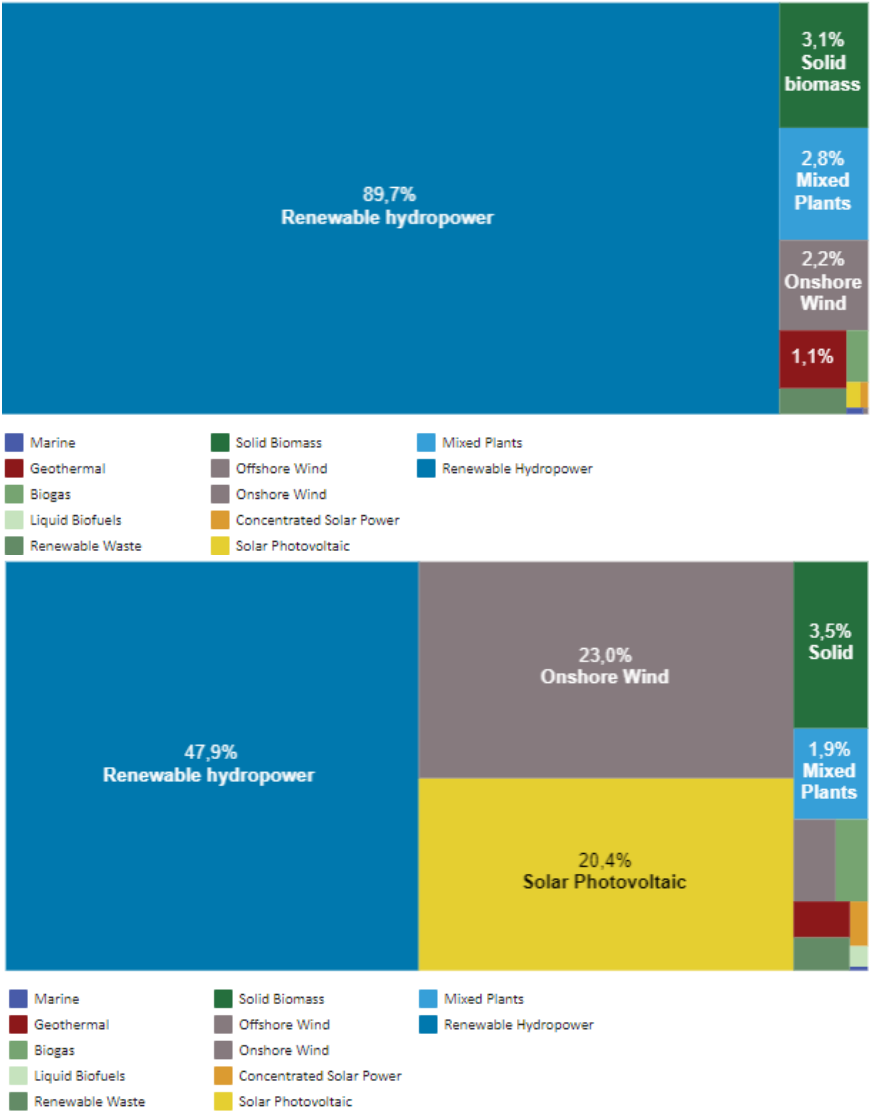


Ilustración 30. Capacidad instalada de energías renovables a nivel mundial. Años 2000 y 2018.

Fuente: (Agencia Internacional de las Energías Renovables - IRENA, 2019)

Basado en un presupuesto de carbono del último informe especial del IPCC sobre los impactos del calentamiento global de 1.5 ° C (IPCC, 2018), el caso de referencia en este informe muestra que el presupuesto global de CO2 relacionado con la energía se agotará a más tardar para 2030 (Basado en la evaluación del IPCC de un nivel de confianza del 50%

para 1.5 ° C). Para encaminar al mundo hacia el logro de los objetivos del Acuerdo de París, las emisiones de CO2 relacionadas con la energía deberían reducirse en al menos 400 gigatoneladas adicionales (Gt) para 2050 en comparación con el Caso de referencia; en otras palabras, las emisiones anuales deberían reducirse en aproximadamente un 3.5% por año desde ahora hasta el 2050 y continuar después. Las emisiones relacionadas con la energía tendrían que alcanzar su máximo en 2020 y disminuir a partir de entonces. Para 2050, las emisiones relacionadas con la energía tendrían que disminuir en un 70% en comparación con los niveles actuales. Si bien este informe se centra solo en las emisiones de CO2 relacionadas con la energía, se necesitan esfuerzos adicionales para reducir las emisiones en el uso no energético (como el uso de bioenergía y materias primas de hidrógeno); procesos industriales de emisiones; y esfuerzos fuera del sector energético para reducir las emisiones de CO2 en la agricultura y la silvicultura (Agencia Internacional de las Energías Renovables - IRENA, 2019)

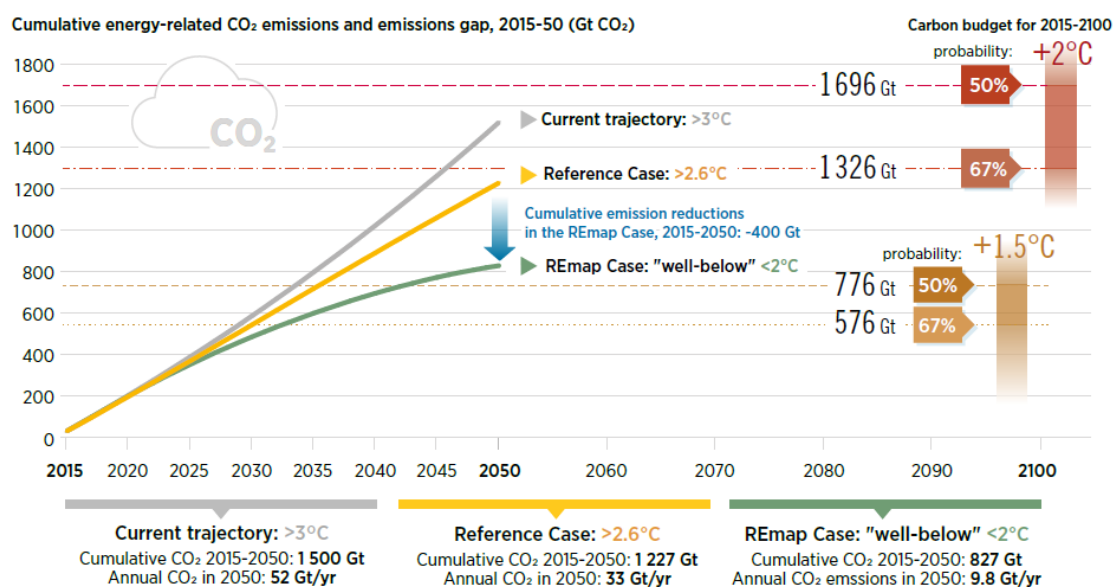


Ilustración 31. REmap ofrece un camino para un objetivo climático muy por debajo de 2 ° C, hacia 1.5 ° C

Fuente: (Agencia Internacional de las Energías Renovables - IRENA, 2019)

Nota: Emisiones de CO2 acumuladas relacionadas con la energía para el período 2015-2050 y presupuestos de emisiones para 2015-2100 para escenarios de 1.5 ° C y 2 ° C (Gt CO2)

El caso de REmap presentado en el estudio de IRENA (2019) describe una ruta agresiva, aunque técnica y económicamente viable, para una acción acelerada. Muestra que el despliegue acelerado de energías renovables, combinado con una electrificación profunda y una mayor eficiencia energética, puede lograr más del 90% de las reducciones de emisiones de CO2 relacionadas con la energía que se necesitan para 2050 para alcanzar el objetivo muy por debajo de 2 ° C del Acuerdo de París.³ La electrificación con energía renovable es clave, que en conjunto representan el 60% del potencial de mitigación; Si se consideran las reducciones adicionales del uso directo de energías renovables, la proporción aumenta al 75%. Al agregar eficiencia energética, esa proporción aumenta a más del 90% (Agencia Internacional de las Energías Renovables - IRENA, 2019).

No actuar para mitigar los efectos del cambio climático será mucho más costoso. Los planes y políticas existentes (el Caso de referencia en este estudio) resultarán en costos adicionales de USD 96 billones relacionados con la contaminación del aire y los impactos climáticos negativos para el año 2050 en comparación con el aumento acelerado de las energías renovables, la eficiencia energética y otras tecnologías identificadas en el caso REmap. Evitar estos costos bajo la ruta de transición de REmap requeriría gastos adicionales. Sin embargo, el beneficio acumulado del Caso REmap para 2050 estaría en el rango de USD 65 billones a USD 160 billones (Agencia Internacional de las Energías Renovables - IRENA, 2019).

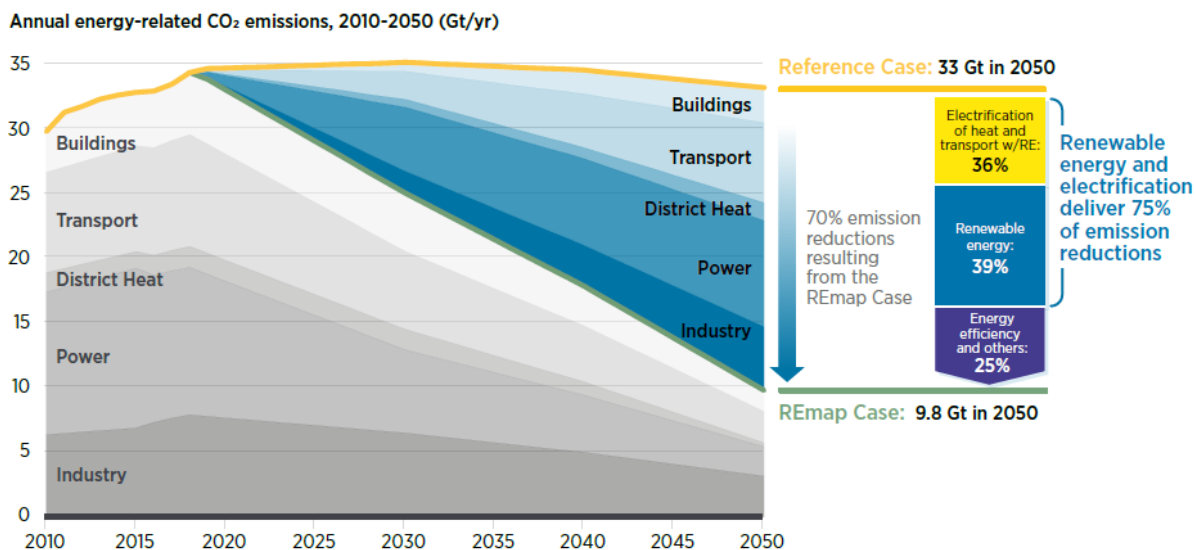


Ilustración 32. Las energías renovables y la eficiencia energética, impulsadas por una electrificación sustancial, pueden proporcionar más del 90% de las reducciones necesarias en las emisiones de carbono relacionadas con la energía

Fuente: (Agencia Internacional de las Energías Renovables - IRENA, 2019)

Aprovechar la sinergia entre la energía renovable de bajo costo y la electrificación de uso final es la solución clave para reducir las emisiones de CO₂ relacionadas con la energía. Si bien el caso de REmap presenta una trayectoria para lograr más del 70% de reducción de emisiones en comparación con la trayectoria del caso de referencia, el 60% de estas emisiones se logra a través de energía renovable y electrificación de calor y aplicaciones de transporte (Agencia Internacional de las Energías Renovables - IRENA, 2019).

El sistema de energía cada vez más eléctrico transformaría la forma en que interactúan el sector eléctrico y la demanda. Para 2050, el 86% de la generación de electricidad sería renovable y el 60% provendría de la energía solar y eólica. La energía eólica y solar fotovoltaica dominarían la expansión, con capacidades instaladas de más de 6 000 GW y 8 500 GW, respectivamente, en 2050 (Agencia Internacional de las Energías Renovables - IRENA, 2019).

La proporción de electricidad en la energía final aumentaría de solo 20% hoy a casi 50% para 2050. La proporción de electricidad consumida en la industria y los edificios se duplicaría.

En el transporte, tendría que aumentar desde solo el 1% actual hasta más del 40% para 2050 (Agencia Internacional de las Energías Renovables - IRENA, 2019).

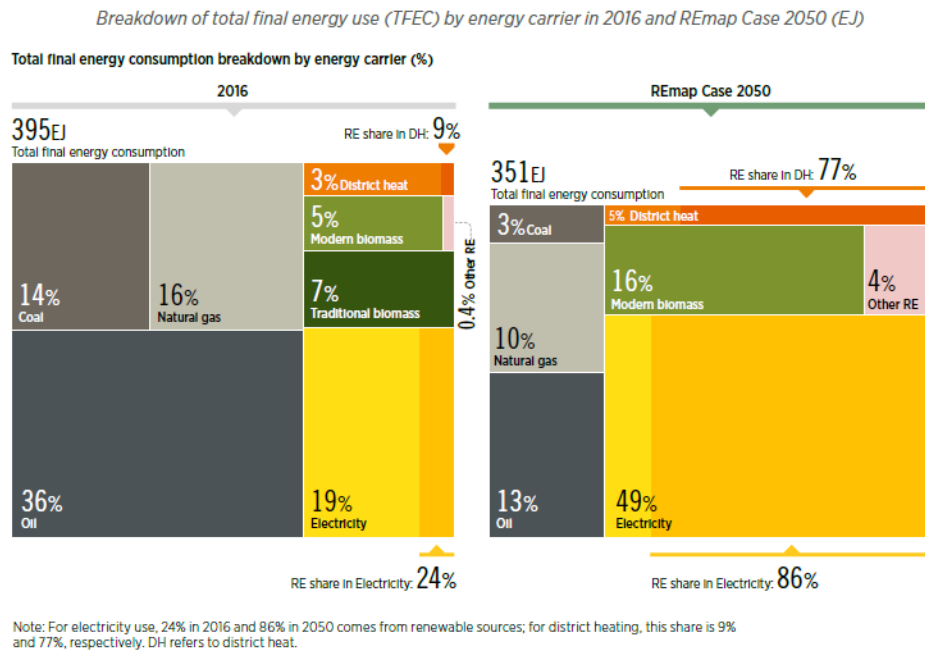
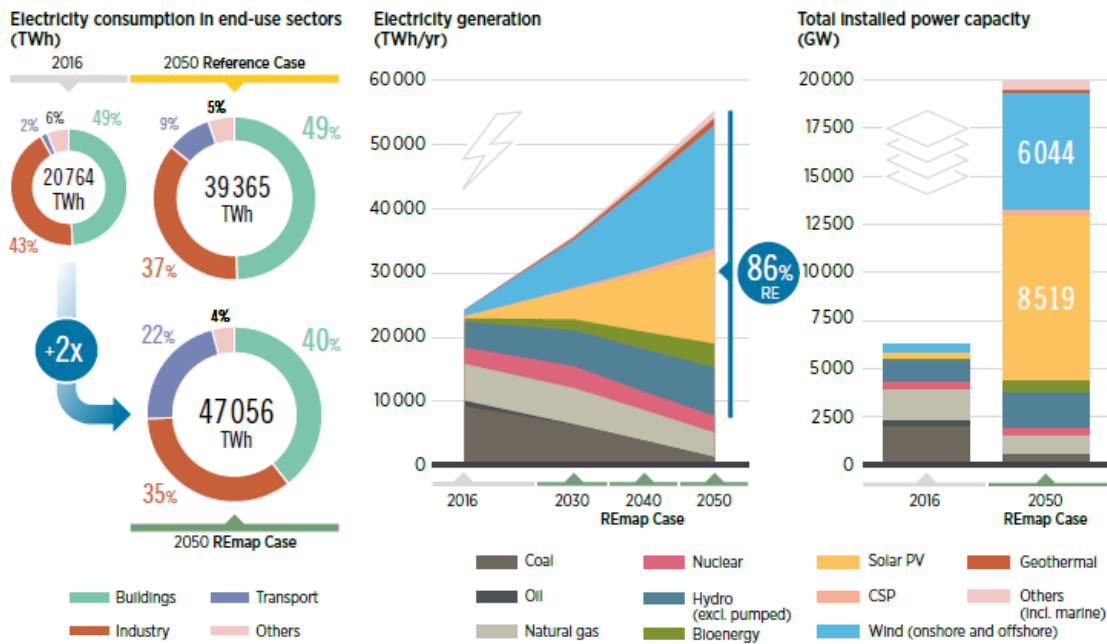


Ilustración 33. La electricidad se convierte en la principal fuente de energía en 2050.

Fuente: (Agencia Internacional de las Energías Renovables - IRENA, 2019)

Para 2050, la energía solar, con una capacidad instalada de 8 500 GW, y la energía eólica, con 6 000 GW, representaría las tres quintas partes de la generación eléctrica mundial. El consumo de electricidad en los sectores de uso final se duplicará con respecto al nivel actual (Agencia Internacional de las Energías Renovables - IRENA, 2019).

Electricity consumption by sector (TWh, %), electricity generation mix (TWh/yr) and power generation installed capacity (GW) by fuel, REmap Case, 2016-2050



Note: In electricity consumption, 24% in 2016 and 86% in 2050 is sourced from renewable sources. CSP refers to concentrated solar power

Ilustración 34. La energía eólica y solar dominan el crecimiento en la generación basada en renovables

Fuente: (Agencia Internacional de las Energías Renovables - IRENA, 2019)

3.2. Nivel nacional

- **Panorama Actual**

De acuerdo con Cámara de Comercio de Cali (2018) la generación total de electricidad en Colombia registró un crecimiento de 57,2% entre 1998 y 2017, mientras que la generación a partir de fuentes renovables lo hizo en 95,2% (Cámara de Comercio de Cali, 2018).



Gráfico 7. Distribución (%) de la matriz energética de Colombia 1998 – 2017

Fuente: XM en (Cámara de Comercio de Cali, 2018)

De igual forma según la Cámara de Comercio de Cali (2019) Colombia registró un crecimiento promedio de 9,7% en la capacidad instalada en energías renovables⁷ entre 2014 y 2018; cifra superior al registro de Suramérica (5,5%) y Mundo (8,6%) (Cámara de Comercio de Cali, 2018).

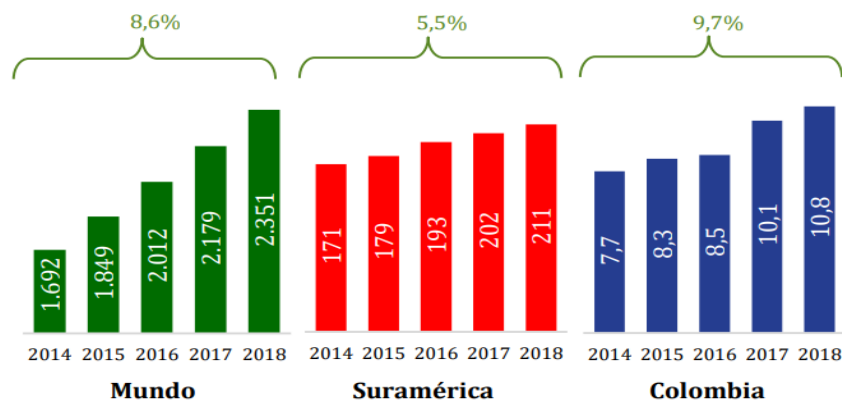


Gráfico 8. Capacidad instalada (miles de MW) en energías renovables y crecimiento promedio anual 2014 – 2018

Fuente: IRENA en (Cámara de Comercio de Cali, 2019)

⁷ Las energías renovables, que hacen parte del modelo de negocio denominado de suministro circular, son aquellas que pueden obtenerse de fuentes naturales inagotables o que pueden regenerarse naturalmente. Entre ellas se encuentra la energía eólica, la energía solar, la energía oceánica, la hidroelectricidad, la energía geotérmica y la bioenergía (Cámara de Comercio de Cali, 2019)

El sistema eléctrico de Colombia se caracteriza por una gran capacidad instalada de energía hidroeléctrica (70% de la capacidad total), principalmente de plantas con una importante capacidad de reserva. La capacidad de generación de VRE, inferior al 1% en 2017, alcanzaría el 17% para 2030 según el plan energético revisado (UPME, 2018). La potencia de biomasa adicional para 2030 representaría el 3% de la capacidad (Departamento Nacional de Planeación - Enersinc, 2017b).

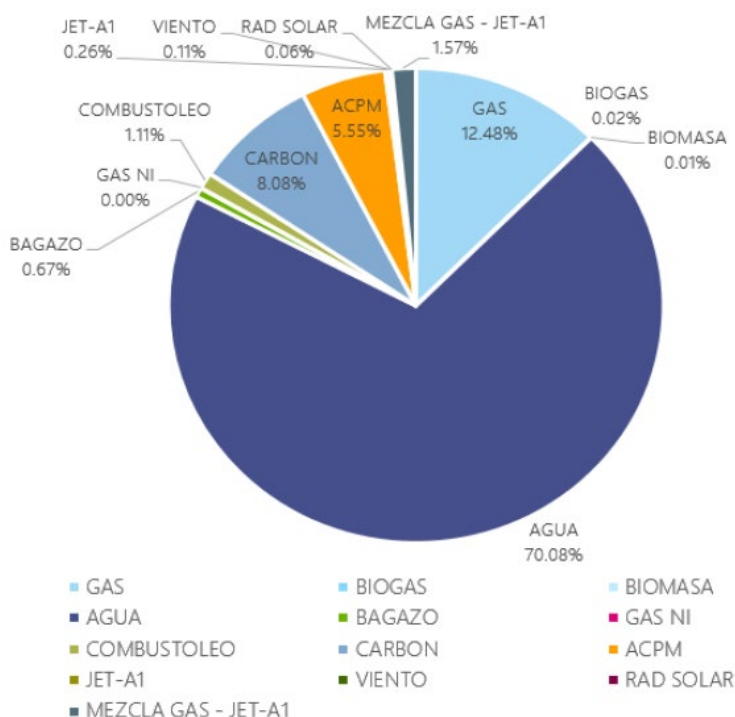


Gráfico 9. Capacidad Instalada por tecnología en la matriz eléctrica

Fuente: UPME en (Departamento Nacional de Planeación - Enersinc, 2017b)

Se observa en la anterior ilustración que la matriz de capacidad de generación eléctrica colombiana muestra un alto componente hidráulico que hace parte de energías renovables, las FNCER, solo representan una porción muy pequeña en la matriz eléctrica (Departamento Nacional de Planeación - Enersinc, 2017b).

La tendencia mundial, en cambio, está alcanzando altos niveles de penetración, en comparación a la penetración de FNCER en Colombia:

- La capacidad instalada total de plantas eólicas, solares FV, PCH's (menores de 10 MW), pasó de 337.125 MW en el 2010 a 906.743 MW en 2016, con un crecimiento en el período del 269%.
- De la capacidad instalada total de este tipo de plantas en 2016, el 50% corresponden a plantas eólicas terrestres y el 32,1% a plantas solares FV.
- La tecnología con mayor crecimiento en el período fue la solar FV con 744%.

Estimaciones de la Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME) y el Ministerio de Minas indican que para el 2017 registraron más de 180 iniciativas del sector privado para el desarrollo de proyectos a pequeña y gran escala. Por lo menos el 87% de estas iniciativas correspondieron a energía solar a través de la construcción de granjas o techos solares (El Espectador, 2017)

En la siguiente ilustración se listan los principales nuevos proyectos con asignación de energía en el país (XM, 2019)

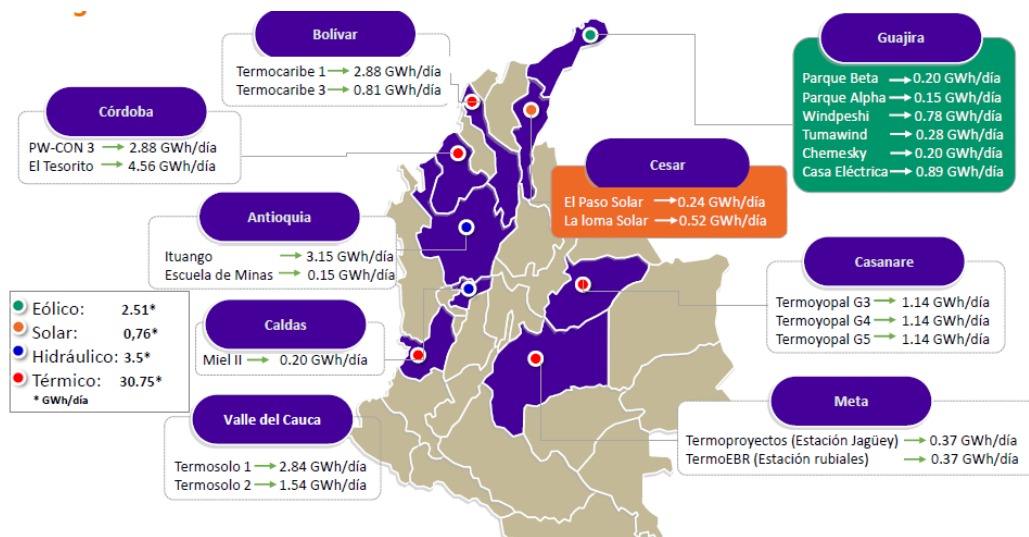


Ilustración 35. Ubicación por departamentos de proyectos nuevos con asignación de energía

Fuente: (XM, 2019)

Se destaca que el Sistema Interconectado Nacional cubrió 98,2% de los usuarios en Colombia en 2015, pero aún hay cerca de 1 millón de personas en Zonas No Interconectadas

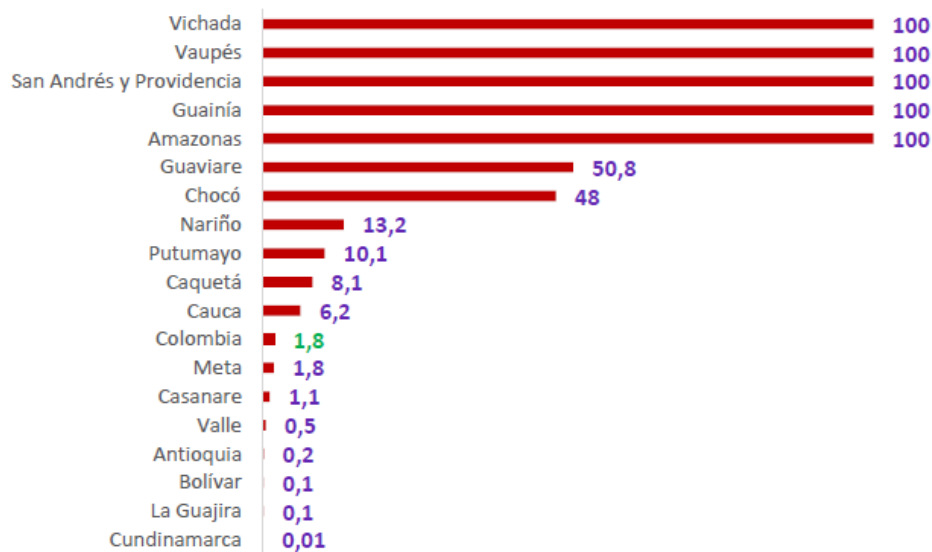


Gráfico 10. Población Departamental (%) en Zonas No Interconectadas (ZNI) en Colombia 2015

Fuente: UPME en (Cámara de Comercio de Cali, 2018)

- **Escenarios de futuro**

Colombia ha asumido cada vez con más seriedad el compromiso de disminuir el aporte en la emisión de gases de efecto invernadero (EGEI), a pesar de ser un país que contribuye con no más del 0,42% del total global de EGEI, bajo la premisa que la responsabilidad nacional es aportar a un problema global que afecta a toda la humanidad y que solo si todos los países contribuyen en este esfuerzo será posible reducir el impacto del cambio climático en el futuro (Departamento Nacional de Planeación - Enersinc, 2017b).

Respecto a este compromiso, la mayoría de los países han tomado acciones para la reducción del consumo de combustibles fósiles del lado de la demanda y la penetración de nuevas Fuentes No convencionales de Energía Renovable (FNCER) del lado de la oferta. En el caso de Colombia, la proyección del escenario base o “Business as usual” (BAU) para 2030 refleja una alta dependencia de los combustibles fósiles para la demanda de transporte e industrial (Departamento Nacional de Planeación - Enersinc, 2017b).

Diferentes estudios plantean alternativas o escenarios de participación de las FNCER en la matriz energética colombiana, la mayoría de los documentos identifica escenarios con mayor participación de FNCER, tanto en la matriz energética como en la matriz eléctrica 19 . Otros estudios como el realizado por E&Y-Enersinc para el DNP “Revisión de Propuestas y Alternativas de Incorporación de Fuentes de Energía Renovable No Convencionales en el Mercado de Energía Mayorista” (DNP-E&Y, 2016) y el de SER “Alternativas para la inclusión de FNCER en la matriz energética colombiana” (SER, 2017) plantean las estrategias de penetración y los cambios y mecanismos necesarios para lograr su participación (Departamento Nacional de Planeación - Enersinc, 2017a).

En los estudios se identifica un gran potencial en el aprovechamiento de la biomasa para usos térmicos y cogeneración en la producción simultánea de vapor y electricidad, asociados principalmente al uso de residuos agropecuarios, así como continuar con el uso de biomasa para biocombustibles. Varios estudios coinciden en el gran potencial con el que cuenta el país para el aprovechamiento de esta fuente de energía, por ejemplo (DNP-E&Y, 2016), (SER, 2017), y (UPME-Integración ERNC, 2015), y como contribuiría no solo a la generación de energía térmica o eléctrica, sino a la productividad del agro y a un manejo sostenible de los residuos (Departamento Nacional de Planeación - Enersinc, 2017a).

En cuanto a la participación de fuentes no convencionales renovables en la matriz eléctrica, la mayoría de los estudios consultados coinciden en que el mayor potencial lo tienen la energía eólica y la energía solar FV. En el caso de la energía eólica, se identifica un potencial importante de desarrollo de proyectos a gran escala especialmente en la zona norte del país. Así, el plan de generación y transmisión de la UPME cuenta con tres escenarios de participación con más de 1000 MW instalados en energía eólica, escenarios), 2 y 4. En esta alternativa, coincide el estudio de hoja de ruta para materialización de los objetivos 5 y 6 del PEN como una de las áreas de enfoque para el sector eléctrico llegando al 2050 con una capacidad hasta de 3131 MW eólicos en la región caribe (UPME-Hoja de ruta PEN, 2015). A continuación, se presenta el resumen de los escenarios planteados por el Plan de expansión (Departamento Nacional de Planeación - Enersinc, 2017a).

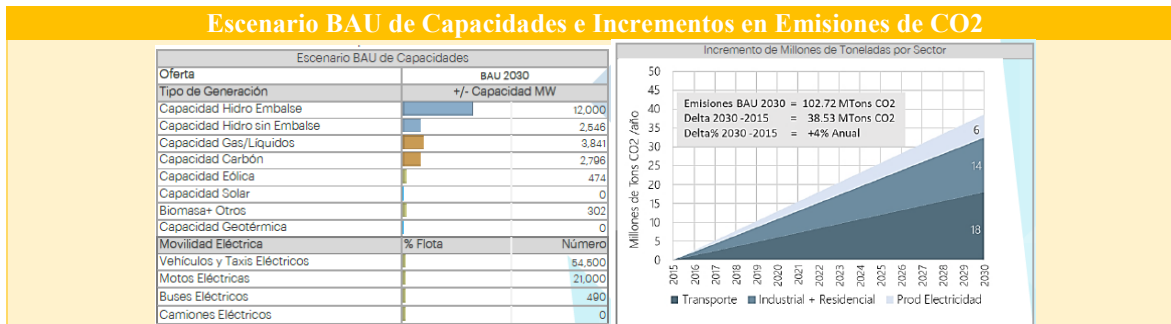
En el estudio realizado por el DNP-Enersinc en el 2017b se proyectaron los escenarios de FNCER utilizando un modelo de planeación energética con una metodología Top-Down, teniendo en cuenta que el sector energía es transversal a muchos sistemas, fuentes y usos finales (ver siguiente cuadro):

Cuadro 8. Definición de tipos de escenarios de penetración de FNCER en Colombia al 2030

Tipo de escenario	Descripción
Escenario Bajo: Penetración baja de FNCER y baja penetración de EVs (Vehículos eléctricos):	Este es el escenario con menor penetración de FNCER, pero con una baja demanda de energía eléctrica en comparación con los otros escenarios, a causa de una baja sustitución del transporte a tecnología eléctrica. En este sentido, con la sustitución en transporte prácticamente nula, la penetración de FNCER en la matriz eléctrica podría significar un sobre costo ocioso para la demanda eléctrica actual, dado que la demanda también sería más baja que lo planeado.
Escenario Medio: Penetración moderada de FNCER, EVs y almacenamiento:	Respecto al escenario UPME 2016-2030, se proyecta una menor entrada de plantas a Carbón en 364 MW y se incorporan 200 MW de almacenamiento eléctrico. Respecto a la demanda, se sustituyen 192,000 taxis, 14,000 camiones de carga y 7,200 buses urbanos de combustibles fósiles (ACPM, Gasolina y GNV) a eléctricos. También se proyecta una reducción de 1.7 TWh/año de la demanda industrial por eficiencia energética.
Escenario Alto: Penetración alta de FNCER, EVs, generación distribuida y almacenamiento	Respecto al escenario UPME 2016-2030, se proyecta una menor entrada de plantas a Carbón en 764 MW y se incorporan 400 MW de almacenamiento eléctrico. Se sustituyen 350,000 taxis, 900,000 vehículos y motos particulares, 100,000 camiones de carga y 35,400 buses urbanos eléctricos.

Fuente: (Departamento Nacional de Planeación - Enersinc, 2017b)

Cuadro 9. Descripción de escenarios de penetración de FNCER en Colombia al 2030



Resultados Escenario Bajo: La penetración de FNCER del escenario bajo, logra reducir en 8% (102.72 vs 98.76 Mtons CO2) las emisiones de CO2 respecto a las esperadas en la línea base – BAU. Este resultado con baja penetración puede considerarse como una actualización de los valores recientes a la proyección del BAU, dado que las acciones que contempla son mínimas en comparación con el BAU. Sin embargo, la contribución de 3.1% en el subsector de generación indica que la entrada adicional de generación eólica es importante para las metas, pero al incrementarse la capacidad no se produce un efecto significativo en la reducción de emisiones, debido a la falta de demanda de electricidad, por lo cual sólo es posible aumentar la penetración de FNCER si se logra realizar una mayor sustitución por movilidad eléctrica en el sector transporte.

Escenario Bajo vs BAU 2030		
Tipo de Generación	+/- Capacidad MW	
Capacidad Hidro Embalse		0
Capacidad Hidro sin Embalse		195
Capacidad Gas/Líquidos		-185
Capacidad Carbón		-232
Capacidad Eólica		982
Capacidad Solar		234
Biomasa+ Otros		100
Capacidad Geotérmica		50
Movilidad Eléctrica	% Flota	Número
Vehículos y Taxis Eléctricos	0.56%	43,000
Motos Eléctricas	0.26%	21,000
Buses Eléctricos	1.03%	490
Camiones Eléctricos	0.00%	0

Resultados Escenario Medio: Los resultados del Escenario Medio vs BAU se esquematizaron en la siguiente tabla, con un resultado de reducción de 11.5% respecto al BAU. En este escenario fue fundamental el impacto causado por la modesta penetración de movilidad eléctrica en el sector transporte, principalmente en la flota de buses urbanos eléctricos proyectados a 2030 (15.11% de 47,644 Buses).

Otro resultado importante, fue la reducción de generación con combustibles fósiles para la seguridad eléctrica del área Caribe, agregando sistemas complementarios basados en FNCER, por ejemplo, el almacenamiento eléctrico y los controles para soportes de tensión y frecuencia. En este escenario medio, se introdujeron 200 MW de almacenamiento eléctrico en el área Caribe con capacidad de prestar servicios complementarios de soporte de tensión, AGC y regulación primaria de frecuencia

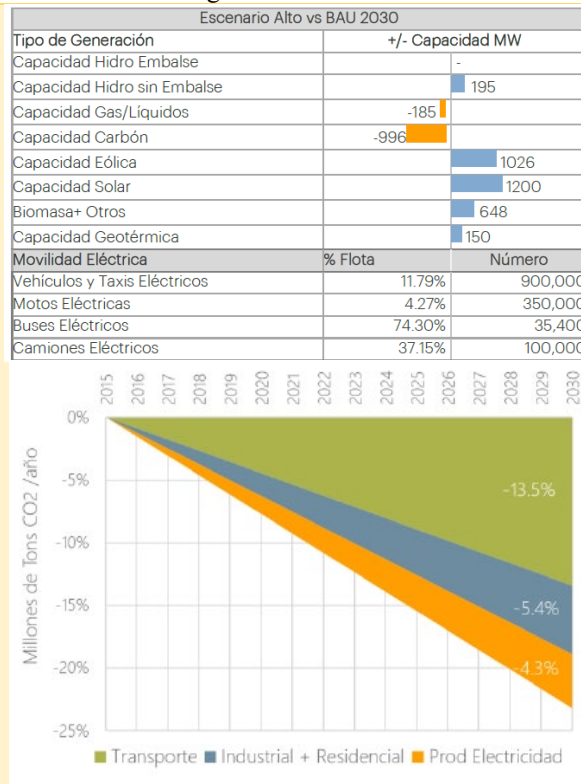
Escenario Medio vs BAU 2030		
Tipo de Generación	+/- Capacidad MW	
Capacidad Hidro Embalse		-
Capacidad Hidro sin Embalse		195
Capacidad Gas/Líquidos		-185
Capacidad Carbón		-596
Capacidad Eólica		982
Capacidad Solar		600
Biomasa+ Otros		348
Capacidad Geotérmica		50
Movilidad Eléctrica	% Flota	Número
Vehículos y Taxis Eléctricos	2.68%	205,000
Motos Eléctricas	0.26%	21,700
Buses Eléctricos	15.11%	7,200
Camiones Eléctricos	5.20%	14,000

Resultados Escenario Alto: Los resultados del Escenario Alto vs BAU se esquematizaron en la con un resultado de reducción de 23.2% respecto al BAU. En este escenario se priorizó en la penetración de movilidad eléctrica en el sector transporte y se balanceó con más entrada de todas las posibles FNCER.

Durante la planeación de este escenario, se proyectó una entrada masiva de movilidad eléctrica sin penetración de FNCER, que ocasionó un incremento de generación con plantas a Carbón en las áreas Caribe y Norte de Santander resultando contraproducente la sustitución para los fines de la Misión de Crecimiento Verde.

En el escenario alto, se introdujeron además 400 MW de almacenamiento eléctrico, que permitieron mayor nivel de generación de las FNCER, y redujeron la generación por seguridad en el área Caribe con combustibles fósiles.

La entrada masiva de movilidad eléctrica conllevó a un aumento significativo de la demanda de energía eléctrica en (8.38 TWh/año) que fue suplido en su gran mayoría con generación de FNCER. También se simuló una reducción de 2.27 TWh/año de la demanda industrial eléctrica esperada en 2030, como consecuencia de los planes de eficiencia energética.



Fuente: (Departamento Nacional de Planeación - Enersinc, 2017b)

En conclusión, los escenarios de penetración de FNCER del lado de la oferta sólo prevén un impacto positivo en la reducción de emisiones con una sustitución masiva de movilidad eléctrica, siempre que ésta última logre optimizar los costos de abastecimiento tanto para la demanda de transporte como la demanda eléctrica adicional, debido a la fuerte reducción de consumo de combustibles fósiles y de EGEl que resulta de esta sustitución (Departamento Nacional de Planeación - Enersinc, 2017b).

De acuerdo con IRENA (2018) se espera que la capacidad total, al igual que la demanda total de energía, aumente un 3% anual durante 2017-2030. Se espera que la demanda máxima, a 10 gigavatios (GW) en 2017, alcance los 15 GW en 2030 (XM, 2018). En ambos años, la capacidad instalada supera la demanda máxima, que aumenta de 16.8 GW en 2017 a 24.3

GW en 2030, por lo que no se esperan problemas de adecuación de la generación1 (ver siguiente gráficos).

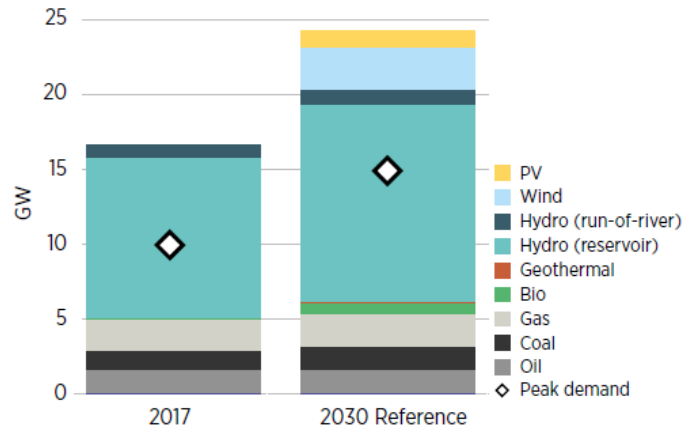


Gráfico 11. Evolución esperada de la combinación de capacidades de generación de Colombia, 2017-2030

Fuente: (Agencia Internacional de las Energías Renovables - IRENA, 2018)

Nota: “Referencia 2030” se refiere a la combinación de energía esperada basada en los planes y políticas existentes.

Colombia requiere una red de transmisión fuerte porque sus recursos eólicos e hidroeléctricos se concentran en unas pocas regiones con una demanda limitada, y la electricidad debe transportarse largas distancias para abastecer a otras regiones donde se concentra la demanda. En 2017 y 2030, la capacidad hidroeléctrica más grande se ve en Antioquia y Chocó, los mejores recursos eólicos se encuentran en la costa atlántica y la mayor demanda se encuentra en Bogotá (Agencia Internacional de las Energías Renovables - IRENA, 2018).

De acuerdo con XM (2019) en las siguientes ilustraciones se pueden observar algunas proyecciones de aumento progresivo en la generación de energía eléctrica de fuentes renovables no convencionales durante el periodo 2019-2023

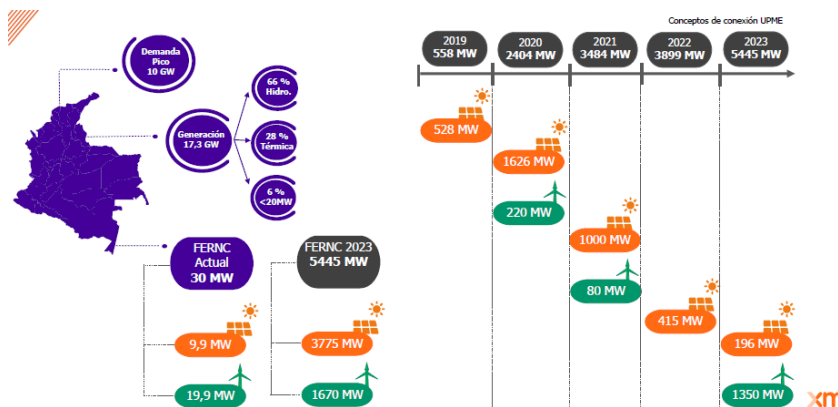


Ilustración 36 Fuentes Renovables No Convencionales 2019-2023

Fuente: (XM, 2019)

3.3. Nivel departamental⁸

De acuerdo con (Cámara de Comercio de Cali, 2019) el Valle del Cauca es el principal productor agroindustrial del País. Con 2% del territorio nacional, el Departamento aporta 10% de la producción agroindustrial total, lo que representa oportunidades para el aprovechamiento de biomasa e impulso de iniciativas de economía circular (Cámara de Comercio de Cali, 2019).

Los ingenios ubicados en el valle geográfico del Río Cauca son los principales cogeneradores a partir de bagazo a nivel nacional, con una participación de 92,0% en 2018 (Cámara de Comercio de Cali, 2019).

Entre 2017 y 2018 la cogeneración de los ingenios azucareros y sus ventas de excedentes registraron variaciones de 8,2% y 16,0%, respectivamente. En el Valle geográfico del Río Cauca la capacidad instalada de los ingenios para producir energía a partir de caña es de 273,2 MW. Esto representa 17,6% de la capacidad instalada de los generadores de energía de la región en 2018 (Cámara de Comercio de Cali, 2019).

De acuerdo con Asocaña (2018) la generación de energía eléctrica en el Valle del Cauca al 2016 presentó la siguiente composición, en el cual se destaca una participación del 28% de los ingenios azucareros con la generación de 1,418 GWh.

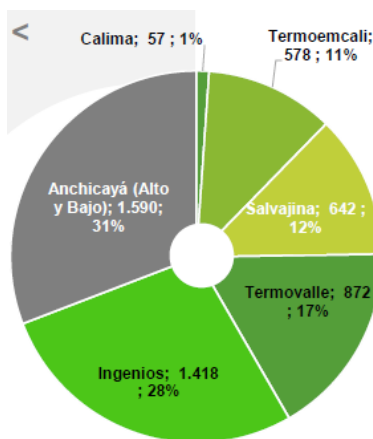


Gráfico 12. Generación de energía eléctrica, generadores de la región. 2016 (GWh, %)

Fuente: Datos de X.M. S.A. E.S.P procesados por (Asociación de Cultivadores de Caña de Azúcar de Colombia - Asocaña, 2018)

⁸ Se destacan los esfuerzos de las Universidades y Centros vallecaucanos en torno a la investigación aplicada en el desarrollo del sector energético del Valle del Cauca con especial atención en las fuentes no convencionales de energías renovables. Entre las principales instituciones se encuentran el Centro de Investigación e Innovación en Bioinformática y Fotónica - CIBIOFI adscrito a la Facultad de Ciencias Naturales y Exactas de la Universidad del Valle, el grupo de investigación en Alta Tensión de esta misma universidad, el Grupo de Investigación en Energías – GIEN de la Universidad Autónoma de Occidente, entre otros.

- **Biomasa**

En el Departamento existen cerca de 4.819 empresas que hacen parte de los Bionegocios, con una facturación estimada de COP 21,5 billones en 2017, siendo el segmento de agroindustria el que registró mayores ventas (COP 12,5 billones) y mayor número de empresas (3.363) en ese año (Cámara de Comercio de Cali, 2019) (Ver siguiente gráfico).

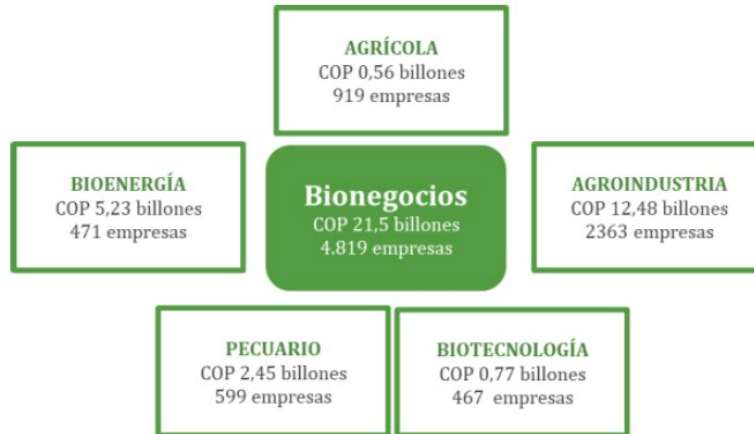


Ilustración 37. Segmentos productivos de los Bionegocios del Valle del Cauca 2017

Fuente: (Cámara de Comercio de Cali, 2019)

El *Cluster* de Bioenergía agrupa a las empresas relacionadas con el proceso de generación de energía y biocombustibles a partir de biomasa (agrícola, forestal y pecuaria) en el Valle geográfico del Río Cauca (Cámara de Comercio de Cali, 2019).

Los cultivos de caña del valle geográfico del Río Cauca pueden fijar hasta 16,5 millones de toneladas de CO₂, una hectárea de caña de azúcar puede fijar hasta 69,4 toneladas de CO₂ al año (Cámara de Comercio de Cali, 2019).

El bagazo de caña de azúcar produce 19,0 Mj/kg de energía, superior a la energía que produce la paja de trigo (18,9 Mj/kg), el bagazo de sorgo (18,9 Mj/kg), las mazorcas de maíz (18,9 Mj/kg) y la paja de alfalfa (18,4 Mj/kg) (Cámara de Comercio de Cali, 2019) (Ver siguiente gráfico)

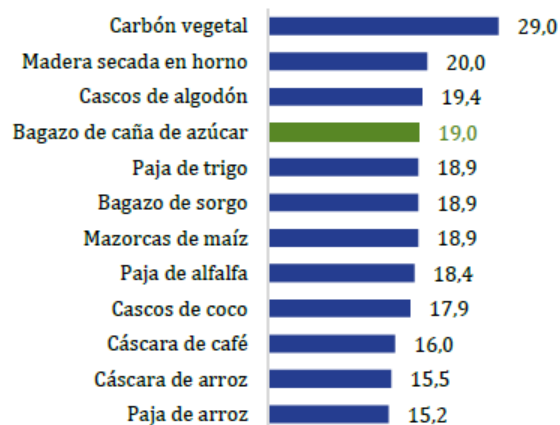


Gráfico 13. Energía específica (Mj/Kg) de biomásas seleccionadas

Fuente: (Cámara de Comercio de Cali, 2019)

Nota: Megajulios por kilogramos (Mj/Kg) densidad de la energía

El crecimiento en la producción de proteína blanca en el Valle del Cauca representa una oportunidad para el aprovechamiento energético de los residuos de esta industria, como la porquinaza, pollinaza y gallinaza (Cámara de Comercio de Cali, 2019).

En 2017 se inauguró, en el norte del Cauca, la primera planta de biogás que genera energía eléctrica a partir de gallinaza. Este avance tecnológico es el primero de cinco biodigestores que van a construirse en dos plantas de producción de huevo comercial. Con las 600 toneladas de gallinaza que estas plantas podrán procesar diariamente, se producirá la energía suficiente para el funcionamiento de ambas y quedará un excedente que será entregado al Sistema Interconectado Nacional (SIN), que se espera sea de 2 megavatios (Cámara de Comercio de Cali, 2019).

La capacidad instalada de los ingenios para producir energía a partir de caña en el Valle geográfico del Río Cauca es de 273,2 MW. Esto representa 17,6% de la capacidad instalada de los generadores de energía de la región en 2018 (Cámara de Comercio de Cali, 2019).

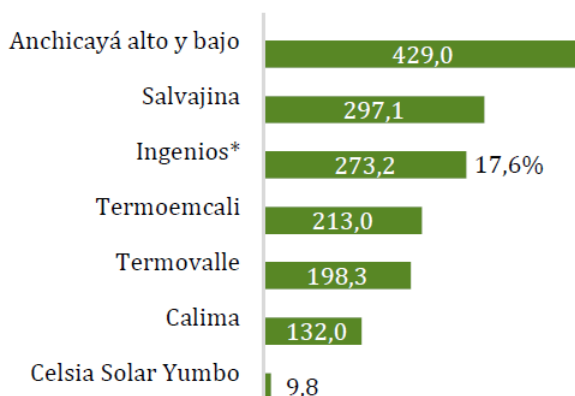


Gráfico 14. Capacidad instalada (MW) generadores en el valle geográfico del Río Cauca. 2018

Fuente: (Cámara de Comercio de Cali, 2019)

***La Cabaña, Risaralda, Providencia, Mayagüez, Incauca, Riopaila, San Carlos, Manuelita, Pichichí, Central Tumaco y la Carmelita.**

Por su parte, la cogeneración se refiere a la producción combinada de energía eléctrica y térmica que hace parte integrante de una actividad productiva (Cámara de Comercio de Cali, 2019).

Los ingenios ubicados en el valle geográfico del Río Cauca son los principales cogeneradores a partir del bagazo a nivel nacional, con una participación de 92,0% en 2018 (Cámara de Comercio de Cali, 2019) (Ver siguiente gráfico).

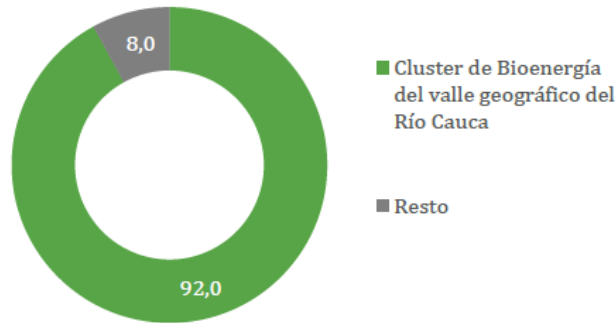


Gráfico 15. Distribución (%) cogeneración nacional a partir de bagazo (2018)

Fuente: (Cámara de Comercio de Cali, 2019)

Entre 2017 y 2018 la cogeneración de los ingenios azucareros y sus ventas de excedentes registraron variaciones de 8,2% y 16,0%, respectivamente (Cámara de Comercio de Cali - Banco de Desarrollo de América Latina, 2015).

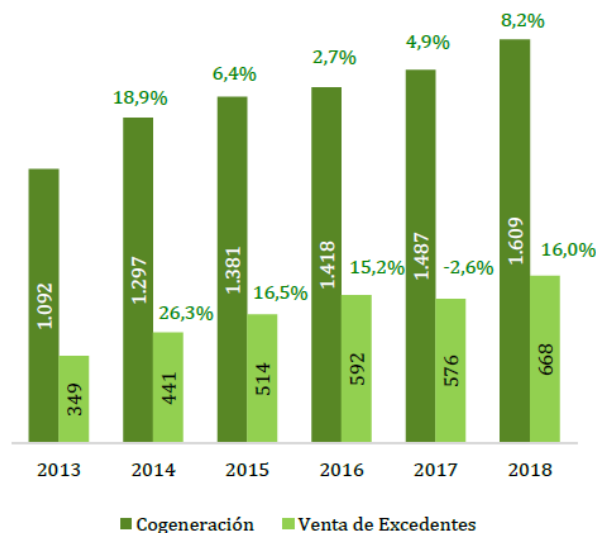


Gráfico 16. Cogeneración (Gw/h), venta de excedentes de los Ingenios Azucareros y tasa de crecimiento promedio anual (2013-2018)

Fuente: (Cámara de Comercio de Cali, 2019)

- **Energía solar**

En términos de energía solar se destaca para el 2017 el esfuerzo de la empresa Celsia con la construcción y puesta en marcha en Yumbo de la primera granja fotovoltaica de Colombia (en un área de 18 hectáreas), la cual se consolidó como la primera planta de generación solar a gran escala en entregar energía al Sistema Interconectado Nacional con una capacidad instalada de 9,8 MW y con la proyección de generar cerca de 16,5 GWh de energía año, equivalentes al consumo de 8 mil hogares (CELSIA, 2017). Actualmente, la granja le entrega su energía a la planta de producción de Postobón Yumbo, una de las más modernas de Latinoamérica y uno de los principales centros de trabajo de la compañía líder de bebidas en Colombia. De igual forma esta empresa informa que cuenta con más de 25 proyectos de energía solar en sedes de sus clientes que suman una capacidad instalada de 6MWp (CELSIA, 2019).

Por su parte las Empresas Municipales de Cali – Emcali avanza en tres frentes para la generación de energías alternativas. Uno de ellos es la instalación de paneles solares en las viviendas, buscando que los usuarios se conviertan en generadores de sus propia energía⁹. La instalación de estructuras fotovoltaicas en el sector industrial, empresarial y de servicios, y el desarrollo de una granja solar (Empresas Municipales de Cali - EMCALI, 2019):

- En el 2017 la empresa ejecutó un piloto donde realizó 40 instalaciones de paneles solares en viviendas y empresas. En ese mismo año inició un programa que involucró la instalación de paneles fotovoltaicos en 12 casas del barrio Potrero Grande, en el oriente de la ciudad (Diario Occidente, 2019).
- La empresa instaló exitosamente paneles en la planta de telecomunicaciones de Jamundí, un acueducto comunitario en El Hormiguero y en el Centro de Atención de Servicios de Energía (Diario Occidente, 2019).
- En la Ladrillera San Benito, en Puerto Tejada, Emcali instaló paneles en septiembre del 2018. La empresa ahora tiene allí un montaje solar de 150 KV, que ha beneficiado los procesos industriales de esa firma (Diario Occidente, 2019).
- La Granja Solar es uno de los mayores desafíos de Emcali para ubicarse a la par de las nuevas tecnologías que apuntan hoy hacia la generación de una energía limpia y renovable, además de económica para los usuarios residenciales, comerciales e industriales. El proyecto –cuya inversión estimada es de unos 20 millones de dólares– se encuentra en fase de evaluación técnico-financiera conforme al marco regulatorio de la Comisión de Regulación de Energía y Gas, Creg, y la idea es que esté aprobado el año entrante. La granja tendrá una capacidad instalada de 19,9 megavatios sin baterías de almacenamiento, ya que la idea es aprovechar al máximo la radiación e inyectar toda esa energía a la red durante las diferentes fases del día. Ese recurso – que contribuye a un medio ambiente más sano al evitarse los gases de efecto

⁹ La autogeneración a pequeña escala permitirá a un usuario producir energía eléctrica básicamente para atender sus propias necesidades y el tamaño de su instalación de generación debe ser inferior a 1.000 kW (Empresas Municipales de Cali - EMCALI, s.f.).

invernadero- permitirá inicialmente a unos 11.000 hogares utilizarlo en su vida cotidiana a un menor costo de facturación (Diario Occidente, 2019).

- La meta es contar con al menos otros 30 clientes e invertir 10.000 millones de pesos en el desarrollo de nuevos proyectos mientras entra a operar la Granja Solar. Se espera aportar unos 285.000 kilovatios-hora solares a las redes de energía (Diario Occidente, 2019).
- Además de la granja, el programa de energía solar va más allá. Por ejemplo, Emcali busca promover el uso de vehículos eléctricos, negociar con los centros comerciales la instalación de puntos de carga y definir los mismos para buses del MÍO y taxis eléctricos en los próximos años (Diario Occidente, 2019).
- De la misma manera, la empresa está gestionando la instalación de equipos solares en el Canal Regional Telepacífico, en siete almacenes de la cadena comercial La 14 y en la Universidad del Valle (Diario Occidente, 2019).

En el 2017 la firma francesa Greenyellow instaló una granja solar en Palmira con una potencia instalada cercana a 1MWp, lo que equivale a producir 1.4 giga vatios por año, esto equivale a 561 toneladas de CO₂ (dióxido de carbono) por año o la energía consumida por 495 hogares (El Espectador, 2017). El objetivo principal de la granja es el de proporcionar un porcentaje de la energía consumida por el cliente, es decir está siendo utilizada para autoconsumo dentro de la red interna del cliente final (Revista Dinero, 2017).

Para el año 2015 la Universidad Autónoma de Occidente en el marco del proyecto Campus Sostenible, presentó su Sistema Solar Fotovoltaico, el más grande del país instalado en una institución educativa, con una potencia que cubría el 5 por ciento de la energía necesaria para el funcionamiento del Campus. El proyecto se desarrolló bajo la coordinación del Grupo de Investigación en Energías, GIEN, con el apoyo de la Rectoría y la Dirección Administrativa y Financiera de la Universidad, en alianza con la Empresa de Energía del Pacífico, EPSA (Universidad Autónoma de Occidente - UAO, 2015). Para el año 2017 la UAO y EPSA, iniciaron a la construcción de la segunda fase del Sistema Solar Fotovoltaico, que en esta ocasión intervino las cubiertas de los edificios de Bienestar Universitario y las cuatro Aulas. El objetivo de este proyecto fue ampliar la generación de energía del cinco al 15 por ciento, del consumo total del Campus (Universidad Autónoma de Occidente - UAO, 2017).

A su vez las universidades caleñas le siguen apostando a la iluminación sostenible, tanto es así que la Universidad San Buenaventura seccional Cali y Celsia se unen en el 2019 para la construcción de la primera granja solar del país en un campus universitario. La granja solar contará con 1.346 generadores de energía (los cuales tendrán una capacidad instalada de 498 kWp y que se estima generarán al año 679.400 kWh,) ubicados en un terreno de 6.504 m² en la sede de la universidad. La construcción ya se inició y se espera que la granja solar evite la emisión de 249 toneladas de dióxido de carbono y abastezca el 27 % de la energía que necesita la institución para sus funciones (Caracol Radio, 2019) (Universidad de San Buenaventura Cali, 2019).

El Programa de Energía Limpia para Colombia, Ccep, por sus siglas en inglés, de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional, Usaid, benefició en el 2017 en Buenaventura a la Asociación de Pescadores y Piangueras con un sistema fotovoltaico de 7,8 kilovatios para la sede de Pinpesca, en Punta Bonita, en cuyos techos se instalaron 32 paneles solares. También, 36 baterías que almacenan la energía para que funcione día y noche y 10 refrigeradores con capacidad de 225 litros cada uno (El País, 2017).

En términos de movilidad el Sistema de Transporte Masivo de la ciudad de Cali cuenta actualmente con una flota de 26 buses eléctricos, lo cual aumentará para el segundo semestre del año 2020 con la entrada de 109. Así las cosas, el sistema de transporte masivo quedaría con una flota de 135 buses eléctricos, la más grande de este tipo en Colombia. (El País, 2019)

4. Macrotendencias

4.1. Cambio demográfico

- **La urbanización acelerada**

Descripción

Actualmente, más de la mitad de la población del mundo vive en áreas urbanas y casi todo el crecimiento tendrá lugar en ciudades de mediano tamaño poco conocidas en países en desarrollo principalmente en África y Asia. Semanalmente se agregan 1,5 millones de personas al total de población urbana en el mundo (PriceWaterhouseCoopers, 2018)

En los años 50, menos del 30% de la población mundial vivía en ciudades. Actualmente, esta proporción ha crecido al 50% y para el 2030 las Naciones Unidas proyecta que aproximadamente 4.9 billones de personas serán población urbana. Para el 2015, las Naciones Unidas estima que habrá 22 megaciudades, aquellas con poblaciones de 10 millones o más. De estas, 17 estarán ubicadas en economías en desarrollo. Para el 2050, la población urbana del mundo habrá incrementado un 72% (PriceWaterhouseCoopers, 2016)

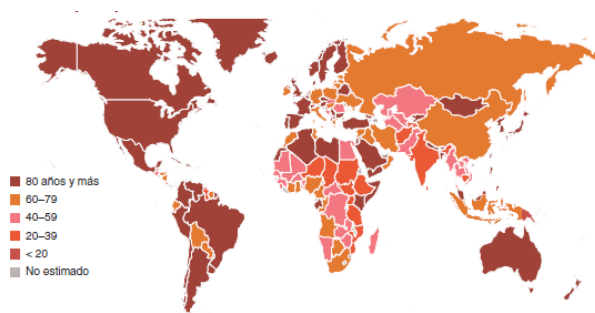


Ilustración 38. Porcentaje de población en áreas urbanas, 2030

Fuente: (PriceWaterhouseCoopers, 2016)



Ilustración 39. Población urbana mundial

Fuente: (PriceWaterhouseCoopers, 2016)

Hay 28 áreas urbanas en todo el mundo con al menos 10 millones de personas. Para 2030, se espera que otras 12 ciudades ingresen a este grupo.

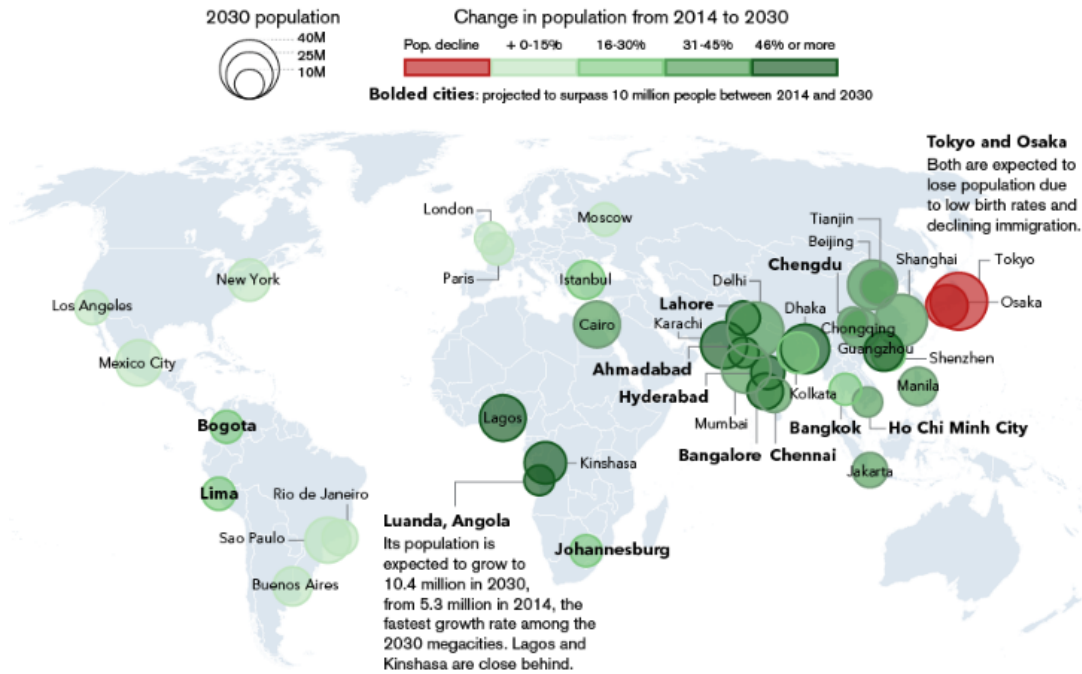


Ilustración 40. Ciudades con más de 10 millones de habitantes al 2030
Fuente: (Bloomberg, 2019)

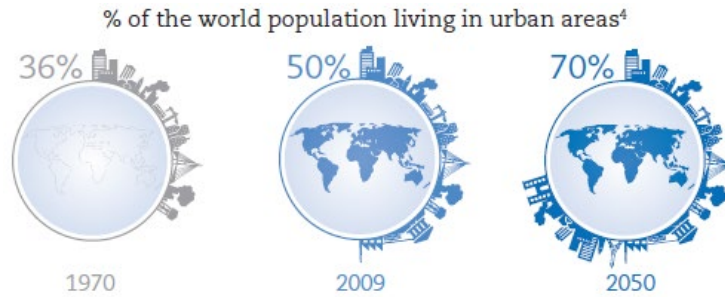


Ilustración 41. % de la población mundial que vive en áreas urbanas
Fuente: (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico - OCDE, 2016)

Implicaciones

La **urbanización acelerada** significa un rápido crecimiento en la demanda de infraestructura, servicios, creación de empleos, y sus consecuencias en el medio ambiente. Esta transición global a zonas urbanas también significa nuevas oportunidades, con la posibilidad de que estos nuevos centros urbanos se conviertan en poderosas herramientas para el desarrollo inclusivo. Para enfrentar los retos del crecimiento acelerado de las ciudades y poder aprovechar las oportunidades que se presentan, es importante desarrollar nuevos modelos de negocio, incorporar diferentes tecnologías y procesos de planificación, que no necesariamente sigan el modelo tradicional de desarrollo urbano. La innovación y la tecnología mejorarán la calidad de vida, la sostenibilidad y la productividad de las grandes ciudades del futuro (PriceWaterhouseCoopers, 2018).

El **crecimiento de estas ciudades** igualmente requerirá una inversión sustancial en infraestructura. PwC ha estimado que se requerirá una inversión aproximada de USD78 billones (2) en infraestructura global durante los próximos 10 años para poder responder al crecimiento de las ciudades. Por otro lado, se requiere recuperar el costo de las inversiones en infraestructura, ya sea a través de impuestos o a través de pagos por uso. Mientras que los gobiernos se encuentran tradicionalmente mejor posicionados para encargarse de lo primero, el sector privado es clave en lograr lo segundo (PriceWaterhouseCoopers, 2018).

Actualmente los centros urbanos generan el 80% de las emisiones de gases de efecto invernadero), y el modelo actual continúa acelerando la expansión urbana, motivando el uso ineficiente de recursos, aumentando el uso de vehículos privados y el desarrollo de infraestructura excesivamente costosa. Esta tendencia implica una mayor demanda de energía por parte de la nueva infraestructura requerida y los hábitos de consumo, sin embargo, las energías alternativas pueden tomar mayor fuerza para que satisfacer gran parte de esta demanda y así mismo salvaguardar la sostenibilidad del medio ambiente y el uso eficiente de los recursos naturales.

Las ciudades deben transformarse y ser más limpias, resilientes y ambientalmente eficientes. El diseño de transportes públicos más compactos e integrados y el uso eficiente de los espacios y terrenos son fundamentales para el desarrollo de ciudades sostenibles. Este tipo de ciudades son también lugares más saludables para vivir, reduciendo de esta manera los costos de salud y otros servicios. (PriceWaterhouseCoopers, 2018)

- **Crecimiento de la población**

Descripción

Para el año 2030 se espera que la población global crezca en más de mil millones de personas alcanzando un total de más de 8 mil millones, donde el 97% de este crecimiento estará concentrado en países emergentes o en desarrollo (4). El ritmo del cambio en la población global variará de forma sustancial en las diferentes regiones del planeta: se espera que la población de África se duplique para el año 2050 (5), mientras que en Europa se proyecta una reducción (PriceWaterhouseCoopers, 2018).

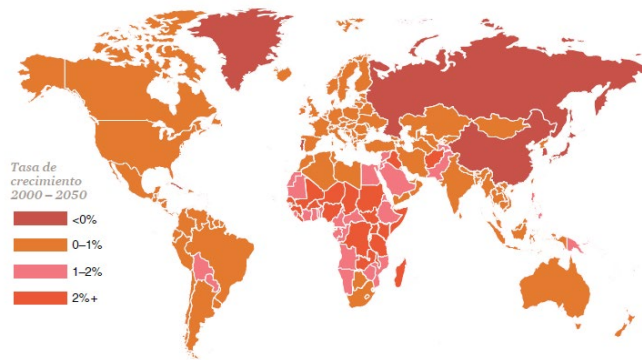


Ilustración 42. Tasa anual de crecimiento de la población, 2010 – 2050 (variante media)

Fuente: (PriceWaterhouseCoopers, 2016)

Implicaciones

El crecimiento de la población mundial ejercerá presiones sin precedentes sobre los recursos naturales, por ejemplo, los alimentos, la energía y el agua, y las ITS seguirán siendo llamados a desempeñar funciones esenciales para mejorar su producción y conservación. (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico - OCDE, 2016)

- **Longevidad de la población**

Descripción

Para el 2050 la fertilidad en Latinoamérica se mantendrá por encima de la mortalidad y la edad promedio de Japón en 2050 alcanzará los 53 años, mientras que en Nigeria solo será de 23 años. En diversas partes del mundo como Latinoamérica y Europa se requerirán medidas para apoyar una población que se hace cada vez mayor en cuanto a edad, mientras que la población joven de África representa una gran oportunidad. Sin embargo, en ambos casos se requieren políticas adecuadas para maximizar los beneficios de estos cambios demográficos (PriceWaterhouseCoopers, 2018).

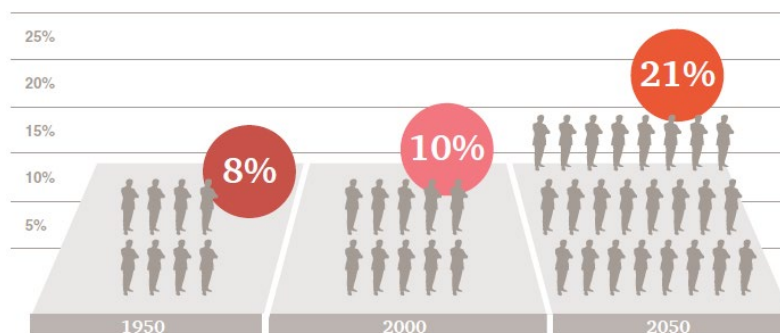


Ilustración 43. Proporción de la población mundial de 60 años o más

Fuente: (PriceWaterhouseCoopers, 2016)

Implicaciones

El envejecimiento implica cambios en el estilo de vida y los patrones de consumo, y esto tendrá implicaciones significativas para los tipos de productos y servicios que se demandarán. Por lo tanto posiblemente aumentará el consumo de energía empleada para producir a gran escala los bienes y servicios que requerirán esta población en edad adulta, en ese sentido los desarrollos tecnológicos son fundamentales para lograr una mayor eficiencia energética

Los nuevos mercados surgirán como parte de una “economía plateada” floreciente (OCDE, 2014a), mientras que los más tradicionales tendrán que adaptarse o incluso desaparecerán, todo lo cual tendrá implicaciones para la innovación. Al mismo tiempo, las sociedades que envejecen podrían ver un menor crecimiento económico. Los altos índices de dependencia de la vejez, junto con las enfermedades no transmisibles más prevalentes y el aumento de la discapacidad entre los ancianos, supondrán una carga considerable para la atención médica y otros servicios. Las presiones fiscales resultantes podrían alejar el gasto público de otras áreas, incluida la ITS. Las enfermedades relacionadas con el envejecimiento, como el cáncer y la demencia, también pueden dominar cada vez más las agendas de investigación en salud. A medida que el mundo envejece juntos, incluidas muchas economías emergentes, la cooperación internacional de investigación para combatir las enfermedades relacionadas con la edad podría intensificarse. (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico - OCDE, 2016)

Una población que envejece de forma acelerada igualmente requerirá incrementos en los costos relacionados con los sistemas de salud y asistencia, lo cual representa un reto, pero a su vez una oportunidad. El rol de los desarrollos tecnológicos para lograr atender los servicios de salud a un bajo costo se vuelve cada vez más importante. Igualmente, los modelos de negocio deberán cambiar ya que la edad de las personas (considerando que se espera que la expectativa de vida supere los 100 años) no necesariamente determinará su capacidad. Los gobiernos y las empresas deberán trabajar en conjunto para diseñar políticas que permitan buscar oportunidades en esta situación, incluyendo leyes que desmotiven la discriminación por edad, incentivos financieros para las empresas, reentrenamiento y desarrollo de nuevas habilidades para personas de edad avanzada, incluyendo por ejemplo el “reverse” (PriceWaterhouseCoopers, 2018).

- **Migración internacional**

Descripción

Otro factor muy relevante es la movilidad. La generación conocida como los “millennials” (nacidos entre 1980 y 1995) tiene grandes expectativas en relación con oportunidades de trabajo fuera de las fronteras de sus países, siendo esta una tendencia global. En la última década el número de empleados que se movilizan a otros países se ha incrementado en un 25% y se espera que este número crezca a un 50% en el 2020. El mundo seguirá observando un incremento en la movilidad en todas las direcciones, y esta representará una porción importante del crecimiento poblacional de los países desarrollados. Se estima que para el año 2030 el 85% del crecimiento poblacional de los países desarrollados sea producto de las migraciones netas, lo cual podría ser beneficioso para esas economías, pero pudiera ser

también una fuente de tensiones sociales y políticas, siendo un ejemplo de esto el Brexit donde parte del debate estuvo centrado en las migraciones (PriceWaterhouseCoopers, 2018).

Los trabajadores migrantes serán un factor importante para mitigar los efectos del envejecimiento en la mayoría de los países de la OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico - OCDE, 2016).

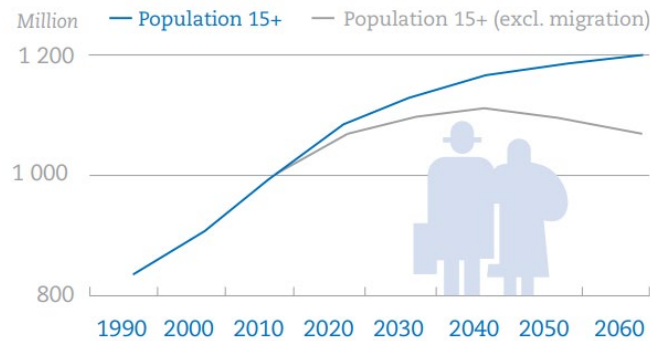


Ilustración 44. Población y migración OCDE, 1990-2060

Fuente: (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico - OCDE, 2016)

Implicaciones

La migración internacional puede ayudar a reducir la escasez de mano de obra y habilidades en los países receptores. El escenario central en la proyección de crecimiento a largo plazo de la OCDE asume que las entradas de trabajadores migrantes serán un factor importante para mitigar el envejecimiento en la mayoría de los países de la OCDE (Westmore, 2014). Todas las señales apuntan a un mayor fortalecimiento de los factores que empujan y tiran de los flujos migratorios en las próximas décadas. Las protuberancias juveniles en algunas partes del mundo en desarrollo están creando condiciones propicias para la migración hacia el exterior: la probable falta de oportunidades de empleo y los riesgos crecientes de conflictos internos obligarán a muchos a buscar mejores vidas y seguridad en otros lugares. El cambio climático también puede influir más en los futuros flujos de migración internacional (Agencia Europea de Medio Ambiente, 2015)

La migración exigirá un mayor consumo de energía en los territorios, sobresaturando posiblemente los sistemas nacionales de energía. En ese sentido, potencialmente implicaría tener que ampliar la capacidad de producción de energía, lo cual puede promoverse con la incorporación en el sistema eléctrico de las energías renovables no convencionales.

- **Crecimiento de la clase media**

Descripción

El aumento de la riqueza y los ingresos en las economías en desarrollo del mundo está progresando de la mano con el surgimiento de una clase media mundial. Según las proyecciones actuales, se espera que la clase media de la economía mundial se duplique más entre 2009 y 2030, de 1.800 millones a casi 5.000 millones, lo que representa aproximadamente el 60% de la población mundial. Se espera que algunos dos tercios de esos

ciudadanos de clase media se encuentren en Asia. Dada la amplia gama de gastos que se incluyen en la definición de clase media, algunos países tienen clases medias más ricas que otros. La clase media de hoy en Europa y América del Norte representa casi la mitad del total mundial en términos de número de personas, pero representan casi dos tercios del gasto total de la clase media mundial. Esto está a punto de cambiar. Se espera que la participación de Asia en el gasto global de la clase media aumente de alrededor de una cuarta parte hoy a casi el 60% en 2030, provocando un gran cambio del gasto en necesidades tales como alimentos y ropa a gastos basados en opciones en categorías como electrodomésticos. y restaurantes (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico - OCDE, 2016).

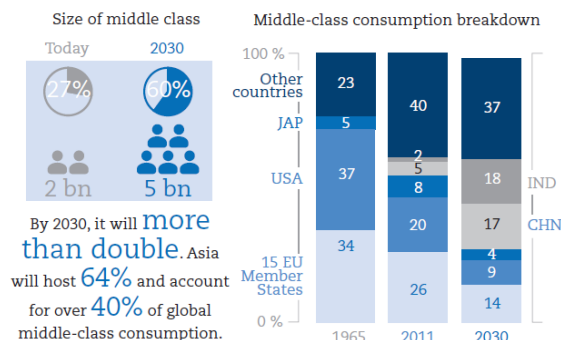


Ilustración 45. Crecimiento de la clase media

Fuente: (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico - OCDE, 2016)

Implicaciones

Una creciente clase media y un mayor consumo en las economías emergentes aumentarán la demanda de bienes de consumo innovadores en todo el mundo. En los países de la OCDE y en algunas economías emergentes, las áreas urbanas serán cada vez más "inteligentes", lo que influirá en la dirección de la innovación en sectores como la vivienda y el transporte. Se puede plantear una oportunidad para desarrollar modelos de negocio de energía donde el usuario asuma un rol de proconsumidor y así mismo pueda satisfacer su demanda así como proveer de energía al sistema.

4.2. Transformación tecnológica

Descripción

La transformación digital es constante, rápida y presente en todos los sectores. Las tecnologías emergentes están cambiando la sociedad y los negocios que se reconocen actualmente. La revolución digital no tiene fronteras o límites. Algunas economías emergentes están adoptando la tecnología a un ritmo más acelerado que otros mercados desarrollados; por ejemplo 12% de los adultos en ciertas regiones de África tienen cuentas bancarias en sus teléfonos móviles en contraste con el 2% global (PriceWaterhouseCoopers, 2018). De acuerdo con un estudio realizado por Cisco, para el año 2020 habrá 7 veces más

equipos conectados a internet que gente en el planeta. (PriceWaterhouseCoopers, 2018). A continuación se listan las principales 40 tecnologías emergentes y clave para el futuro en las áreas digital, biotecnología, energía y medio ambiente y materiales avanzados.

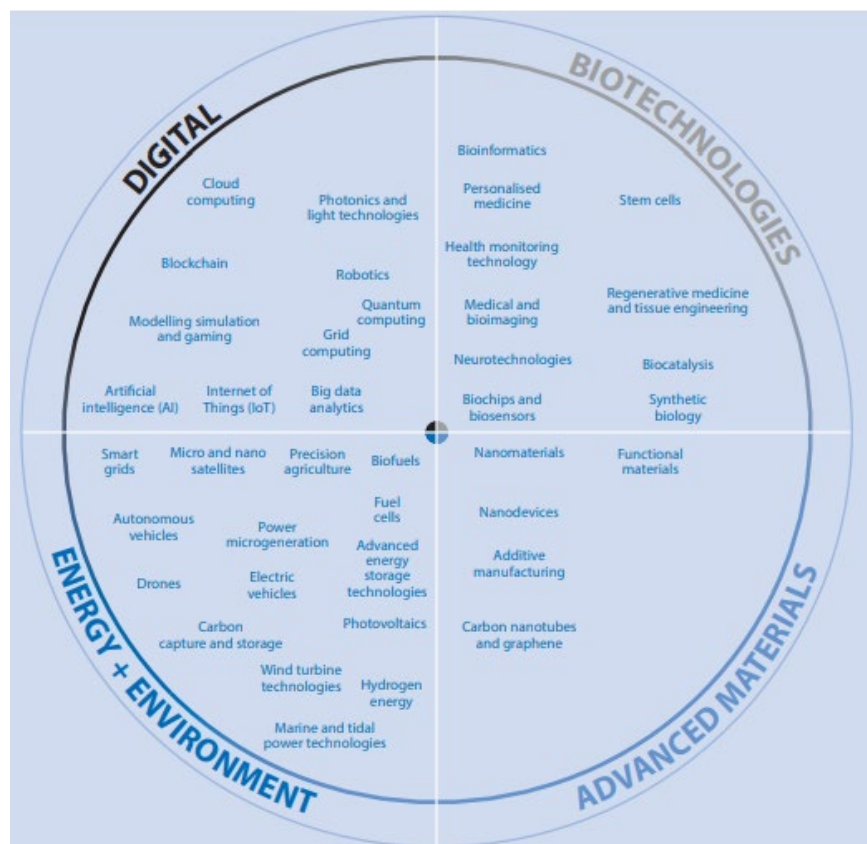


Ilustración 46. 40 tecnologías clave y emergentes para el futuro.

Fuente: (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico - OCDE, 2016)

Implicaciones

La tecnología ha permitido reemplazar los modelos tradicionales Business to Consumer (B2C) por modelos basados en plataformas que permiten a los consumidores interactuar entre ellos y con pequeñas empresas de la misma forma como lo hacen con grandes corporaciones. El tamaño de las compañías ya no es en estos momentos una fuente de ventaja competitiva que se da por descontado (PriceWaterhouseCoopers, 2018).

Adicionalmente, hay un impacto social importante; las generaciones que están naciendo en esta era de desarrollo tecnológico no solo interactúan con la tecnología sino que la han convertido en su “lenguaje” natural; por lo tanto, su relación con la tecnología es cualitativamente diferente (PriceWaterhouseCoopers, 2018).

Por otro lado, las organizaciones deben adoptar, experimentar, implementar y aprender de las nuevas tecnologías con el objetivo de crear valor para sus organizaciones. Si las mismas

son implementadas de forma correcta, éstas pueden desencadenar cambios importantes en las empresas.

La habilidad de conectar objetos al internet tiene el potencial de transformar áreas completas de la vida, como por ejemplo: salud, aviación, educación, manufactura y servicios del hogar, solo por mencionar algunas de ellas. Sin embargo, otro aspecto importante asociado al incremento de la conectividad es la mayor exposición a los ciberataques. La seguridad digital se convierte entonces en un elemento crítico que deben acompañar estos avances. La tecnología ha dejado de ser un catalizador para impulsar procesos más eficientes que se convierten a la larga en ventajas competitivas. La tecnología se ha convertido ella misma en una ventaja competitiva (PriceWaterhouseCoopers, 2018).

El surgimiento de nuevas tecnologías especialmente en el sector energético favorecerá la armonización de este sector con el medio ambiente, al promover el uso de vehículos eléctricos, de energías renovables como la solar, la eólica, facilitar el almacenamiento de energía, entre otros. A su vez facilitará tener un mayor y control seguimiento a lo largo de la cadena de valor con el apoyo de la big data, las redes inteligentes, blockchain, etc., mejorando la operación del sistema y redundando en una mayor satisfacción del usuario.

4.3. Cambio climático y escasez de recursos

Descripción

En la medida que el mundo se vuelve más poblado, se acelere la urbanización y se incrementa la prosperidad económica de las regiones, la demanda de energía, alimentos y agua potable también se incrementan; sin embargo, el planeta tiene una cantidad finita de recursos que pueden ser utilizados para satisfacer esta demanda. El gran reto que ha de enfrentarse es que el planeta no es capaz de soportar los modelos actuales de producción y consumo. El impacto que el cambio climático tiene sobre las economías del mundo se potencia debido a la interconexión que existe con la escasez de recursos: Se espera que una población en constante crecimiento demande 35% más alimentos para el año 2030, alimentos que requerirán para su producción una mayor demanda de energía y agua que finalmente tienen un impacto en el cambio climático; como resultado de esto, se espera que por ejemplo, en ciertas áreas de África la productividad agrícola se reduzca en un tercio durante los próximos 60 años. En resumen, el modelo económico actual está empujando al planeta hacia sus límites (PriceWaterhouseCoopers, 2018).

Únicamente un 3% del agua del mundo se considera agua dulce y solo un 25% de este total es accesible en la forma de ríos y lagos; el resto se inaccesible y se encuentra en lugares como los glaciares. El Instituto Internacional para el Manejo del Agua estimó que todos los países de Latinoamérica por ejemplo sufrirán de escasez de agua para el 2025. El aumento de la demanda de alimentos originará un incremento en las emisiones de gas carbono y a su vez un incremento en la demanda de agua. Esta situación requiere de respuestas innovadoras (PriceWaterhouseCoopers, 2018).

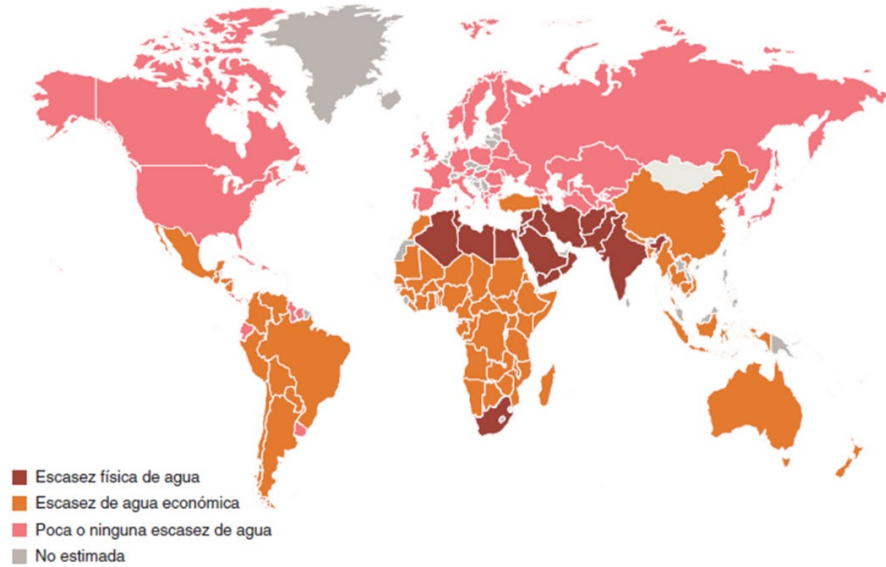


Ilustración 47. Escasez de agua proyectada en 2025

Fuente: (PriceWaterhouseCoopers, 2016)



Ilustración 48. Requerimientos de recursos para la cantidad de población al 2030

Fuente: (PriceWaterhouseCoopers, 2016)

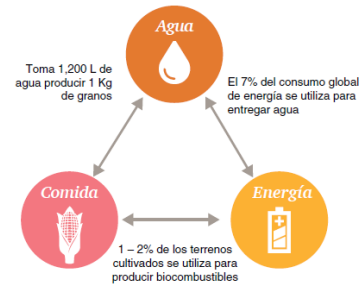


Ilustración 49. Comida/agua/conexión energética

Fuente: (PriceWaterhouseCoopers, 2016)

El crecimiento futuro de la población, los cambios en los estilos de vida y el desarrollo económico aumentarán la demanda mundial de agua, alimentos y energía y aumentarán las presiones sobre los recursos naturales. La agricultura seguirá siendo el mayor consumidor de agua, afectando la calidad de las aguas superficiales y subterráneas a través de la liberación de nutrientes y microcontaminantes. Varias fuentes de energía cambian la calidad y la cantidad de agua disponible (por ejemplo, técnicas de fracturación hidráulica, hidroelectricidad y refrigeración para centrales térmicas y nucleares), de modo que los futuros cambios en la combinación de energía también deben tener en cuenta la gestión del agua. La creciente demanda de biocombustibles ha aumentado la competencia por los rendimientos cultivables. Una mayor reasignación de las tierras productivas hacia la producción no alimentaria se verá impulsada por la volatilidad de los precios y la rentabilidad relativa de los productos alimenticios, pero podría desafiar la seguridad alimentaria a medio plazo (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico - OCDE, 2016)

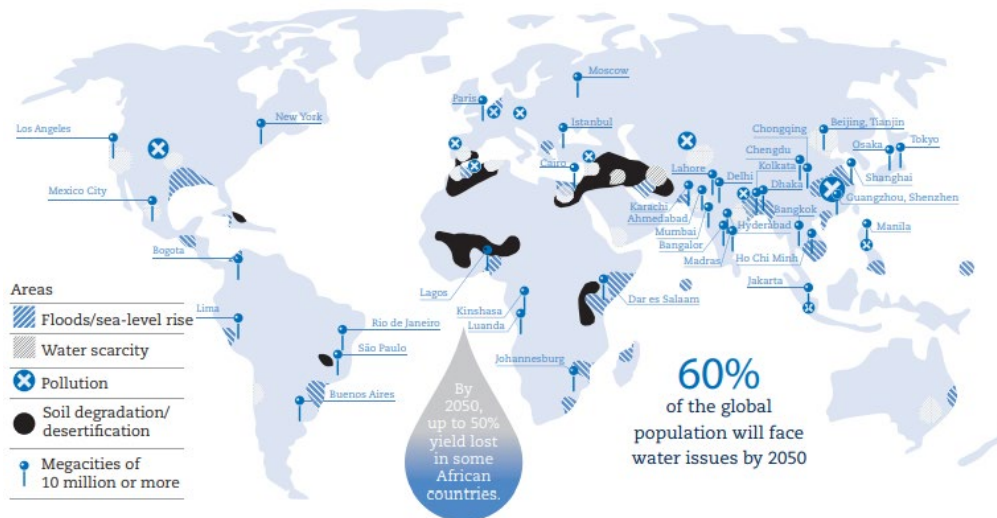


Ilustración 50- Áreas de inundaciones, estrés hídrico, contaminación y sequías en la actualidad, y ubicaciones de las megaciudades en 2030

Fuente: (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico - OCDE, 2016)

La interconexión de las cuestiones agua-alimentos-energía y su interdependencia hacen que sean difíciles de abordar por separado. El Internet de las cosas (IoT), las aplicaciones inteligentes, los sensores, la comunicación máquina-máquina y la mayor conectividad de personas y objetos ofrecen oportunidades para controlar las presiones sobre el agua, el nexo entre alimentos y energía, anticipar tensiones críticas y equilibrar la oferta y la demanda. Las ciudades son los lugares donde estos enfoques innovadores inteligentes podrían surgir y desplegarse de manera eficiente. El nexo entre el agua, los alimentos y la energía (y el medio ambiente) es cercano, complejo y desafiante (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico - OCDE, 2016).

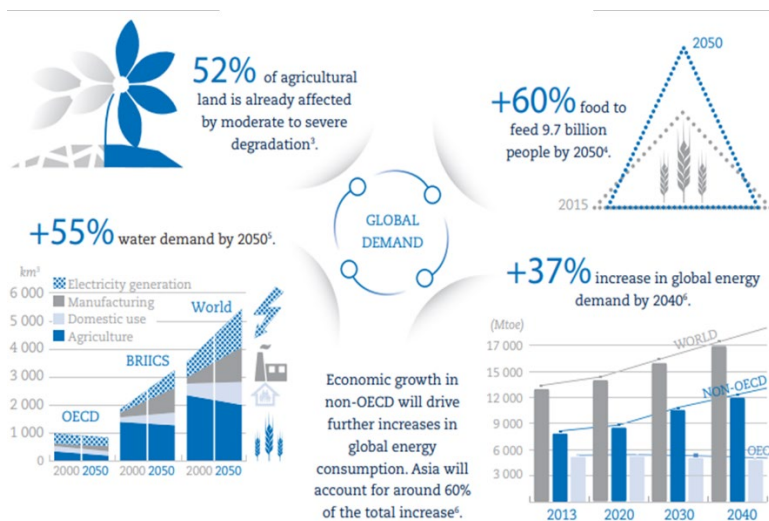


Ilustración 51. Crecientes tensiones en recursos agua-alimentos-tierra

Fuente: (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico - OCDE, 2016)

Mitigar el calentamiento global requiere estrategias mucho más ambiciosas para reducir las emisiones de GEI. El escenario de nuevas políticas de la IEA es consistente con un aumento de la temperatura a largo plazo de 4°C. Este ambicioso escenario requiere cambios significativos en la política y las tecnologías, pero aún conducirá a niveles peligrosos de cambio climático. Un escenario más estricto (2DS) que cumpliría el objetivo de 2°C acordado en la conferencia climática de París requiere una reducción del 40% al 70% en las emisiones globales de GEI para el año 2050. Esto significará aumentar la proporción del suministro de electricidad de bajo carbono de 30 % a más del 80% en este momento (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico - OCDE, 2016).

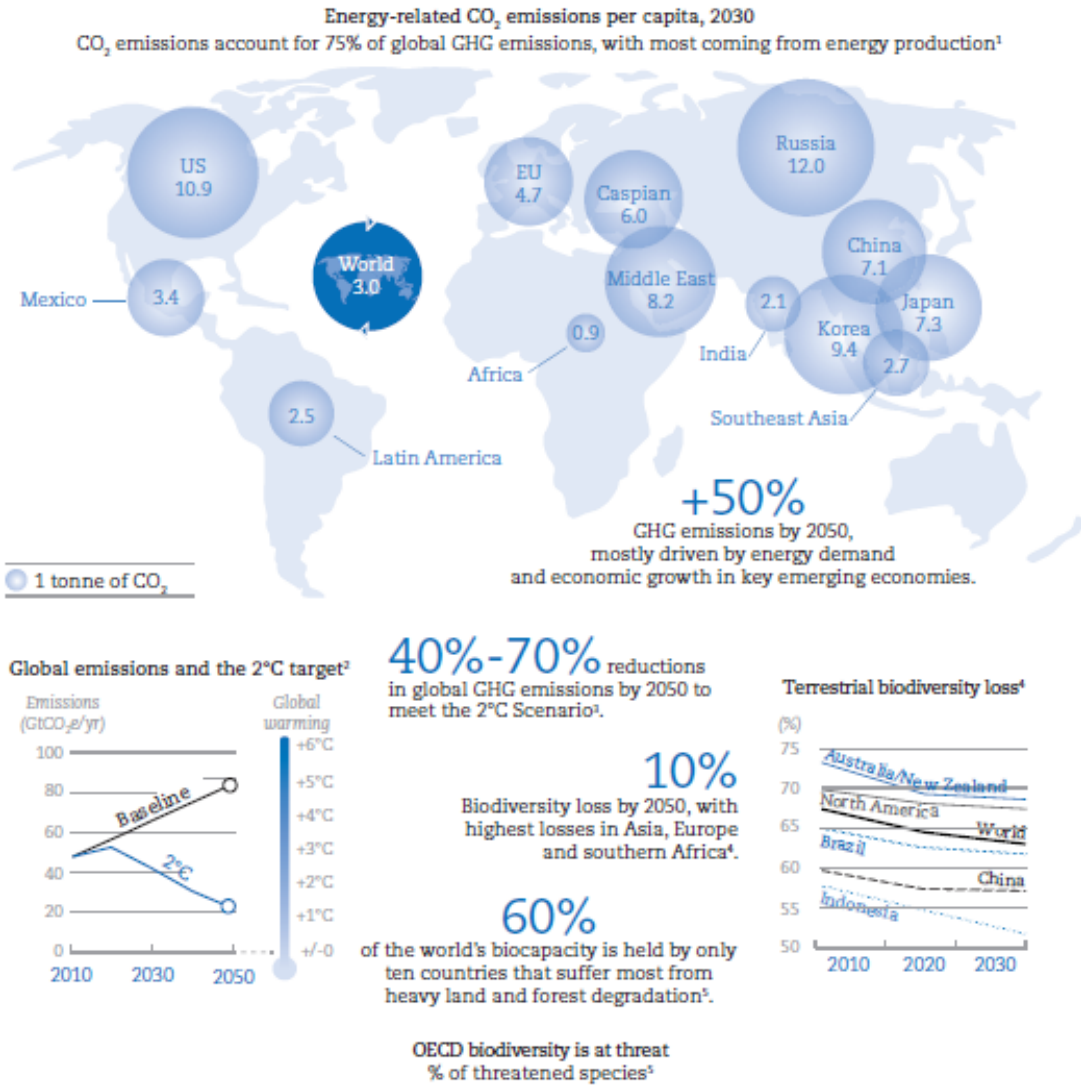


Ilustración 52. Emisiones globales actuales y al 2030
 Fuente: (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico - OCDE, 2016)

Implicaciones

Una serie de severos cambios climáticos acompañarán el calentamiento global. Las olas de calor probablemente ocurrirán con más frecuencia y durarán más, mientras que los eventos de precipitación extrema serán más intensos y frecuentes en muchas regiones. Las precipitaciones probablemente aumentarán en los trópicos y latitudes más altas, pero disminuirán en áreas más secas. Los océanos continuarán calentándose y acidificándose, afectando fuertemente los ecosistemas marinos. El nivel medio global del mar seguirá aumentando a un ritmo aún más alto que durante las últimas cuatro décadas. La región ártica continuará calentándose más rápido que la media global, lo que lleva a una mayor fusión de glaciares y deshielo del permafrost. Sin embargo, si bien es probable que la Circulación de Vuelta Meridional del Atlántico se debilite a lo largo del siglo XXI, no se espera una transición o colapso abrupto (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico - OCDE, 2016).

El cambio climático tendrá profundos impactos en el agua y la seguridad alimentaria a nivel regional y global. Las precipitaciones extremas y variables afectarán la disponibilidad y el suministro de agua, la seguridad alimentaria y los ingresos agrícolas, y provocarán cambios en las áreas de producción de cultivos alimentarios y no alimentarios en todo el mundo (IPCC, 2014). Los impactos del cambio climático probablemente reducirán los recursos renovables de agua superficial y subterránea en las regiones más secas, intensificando la competencia por el agua entre diferentes sectores (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico - OCDE, 2016).

A medida que el cambio climático modifica los sistemas de agua y alimentos y la calidad del aire, pueden aparecer nuevas enfermedades o expandirse las existentes. Se espera que las muertes prematuras globales por contaminación del aire exterior se dupliquen para 2050 (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico - OCDE, 2016).

El número de desastres relacionados con el clima se ha incrementado en todo el mundo durante las últimas tres décadas, particularmente inundaciones, sequías y tormentas (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico - OCDE, 2016).

Todo lo anterior ha motorizado el crecimiento de la industria de la energía renovable. El número de empleos en la industria de energía renovable está creciendo a la misma tasa que los empleos en los sectores tradicionales de combustibles fósiles están decreciendo. Grandes empresas de combustibles fósiles se encuentran activamente participando en conversaciones sobre la transición a una economía de emisiones de gases con efecto invernadero reducidas. Otras empresas fuera del sector de energía se están interesando en el mercado de las energías alternativas, creando nuevas oportunidades (PriceWaterhouseCoopers, 2018).

Cada vez más las iniciativas de desarrollo sustentable cobran mayor fuerza. Es imperativo entonces que el propósito de un negocio vaya más allá de maximizar las utilidades de sus accionistas. El redefinir el negocio para permitir operar de forma responsable con el ambiente requiere igualmente definir nuevas formas para medir esta contribución. La responsabilidad social corporativa ya no es un “lujo” o un acto de “vanidad”. La responsabilidad social se ha convertido en la lupa por la cual los negocios serán juzgados por

sus consumidores, trabajadores y cada vez más por sus inversionistas (PriceWaterhouseCoopers, 2018).

La coherencia de las políticas y un enfoque coordinado entre las políticas de agua, agricultura y energía, así como otras políticas sectoriales, en particular el transporte, la industria y la construcción, serán esenciales. Se requerirá una regulación inteligente para norma el consumo de recursos naturales (por ejemplo, licencias de extracción de agua) y establecer precios sostenibles de los recursos naturales y servicios relacionados como una forma de señalar la escasez y gestionar la demanda. Será necesaria la cooperación internacional en I + D, gestión de recursos y para alinear los marcos de políticas nacionales (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico - OCDE, 2016).

Una cartera completa de tecnologías bajas en carbono, incluidas soluciones para la descarbonización, podría hacer que los objetivos climáticos sean alcanzables. Algunas soluciones serán de amplia aplicación, mientras que otras se dirigirán a sectores específicos. En el sector eléctrico, la energía eólica terrestre y solar fotovoltaica están listas para integrarse. Pero los altos niveles de implementación requerirán una mayor innovación en el almacenamiento de energía y la infraestructura de redes inteligentes para aumentar su flexibilidad a la variabilidad del clima. Se proyecta que las tecnologías de captura y almacenamiento de carbono (CCS) desempeñen un papel importante, aunque requieren un mayor desarrollo técnico y de mercado antes de que puedan implementarse de manera exhaustiva. La nanotecnología puede proporcionar soluciones innovadoras para los materiales de CCS. La biotecnología también ofrece soluciones únicas para la dependencia del petróleo y los productos petroquímicos. Las baterías de base biológica, la fotosíntesis artificial y los microorganismos que producen biocombustibles son algunos de los avances recientes que podrían apoyar una revolución de base biológica en la producción de energía (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico - OCDE, 2016).

4.4. Cambio geopolítico

Descripción

Economías emergentes que crecían de forma rápida y constante como Brasil y Rusia han disminuido su tasa de crecimiento de forma considerable o en algunos casos han entrado en períodos de recesión. La alta dependencia de estas economías en relación con las materias primas (commodities) y la caída importante de los últimos años de los precios de estos ha afectado de forma importante su crecimiento. China que se había convertido en el motor de crecimiento del mundo, a pesar de continuar su crecimiento lo hace a una tasa más baja de lo esperado, con consecuencias en el crecimiento global. En contraste, otros países como India han aumentado su tasa de crecimiento, influenciado entre otros aspectos, por ser un importador neto de energía, beneficiándose de esta manera de la caída de los precios del petróleo. Las proyecciones de PwC en el documento “World in 2050” indican que para ese año, India pudiera superar a los Estados Unidos como la segunda economía del mundo (PriceWaterhouseCoopers, 2016).

Muchas de las economías en Latinoamérica y el Medio Oriente se han visto afectadas por la caída de los precios de los “commodities”. Para superar esta situación las economías de estas regiones requieren reacomodarse y diversificarse para lograr una mayor estabilidad económica.

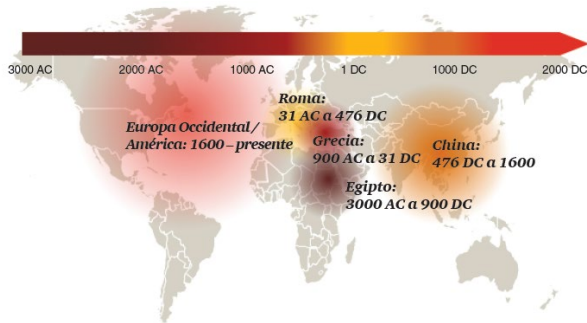


Ilustración 53. El dominio económico de Occidente es un desarrollo reciente
Fuente: (PriceWaterhouseCoopers, 2016)

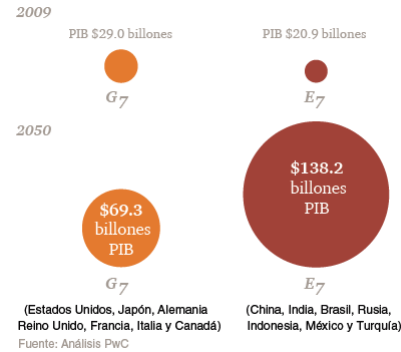


Ilustración 54. PIB de países del G7 y el E7 en US\$ PPP

Fuente (PriceWaterhouseCoopers, 2016):

Implicaciones

Todo parece indicar que durante los próximos años se continuará en un ambiente de precios bajos en el mercado de materias primas; sin embargo, la naturaleza volátil de los precios continuará afectando algunas de las economías al tiempo que será el gran propulsor de la diversificación. Negocios que planean o se encuentran invirtiendo en economías emergentes deben hacer un monitoreo y evaluación constante de su inversión, y definir estrategias que permitan manejar condiciones de mercado volátiles. Será entonces muy importante diversificar el riesgo, participando en economías con diferentes características. (PriceWaterhouseCoopers, 2018).

En términos de energía exigirá cada vez más una menor dependencia de los commodities (petróleo, carbón, etc.) dando lugar a la implementación de energías provenientes de fuentes renovables no convencionales, para así equilibrar el riesgo con la variabilidad del precio y con ello asegurar el aprovisionamiento a un precio justo para la demanda industrial y doméstica.

5. Tendencias Sectoriales

5.1. Descarbonización

En los últimos años, se ha dado una transformación del sistema energético global que ha ayudado a configurar el mapa geopolítico del mundo que ha prevalecido durante décadas.

El cambio de los combustibles fósiles a las energías renovables es impulsado por las nuevas tecnologías y los costos cada vez más bajos, lo que hace que las fuentes de energía renovables sean tan competitivas como las fuentes convencionales de energía. La transformación energética también está impulsada por las políticas y acciones de los gobiernos, las empresas, las ciudades y la sociedad civil, así como el movimiento mundial para combatir el cambio climático y la contaminación del aire peligrosa. (Agencia Internacional de las Energías Renovables - IRENA, 2019a).

Estas tendencias están creando un impulso irreversible para una transformación energética global. Si bien el aumento en la energía eólica, solar y otras energías renovables se ha producido principalmente en el sector eléctrico, las nuevas tecnologías están permitiendo esta transformación en otros sectores. Los vehículos eléctricos y las bombas de calor están extendiendo el despliegue de energías renovables en el transporte, la industria y los edificios. Las innovaciones en la digitalización y el almacenamiento de energía están ampliando el potencial para que las energías renovables prosperen de una manera inimaginable hace solo una década (Agencia Internacional de las Energías Renovables - IRENA, 2019a).

El rápido crecimiento de las energías renovables ha comenzado, sin lugar a duda, a transformar el panorama energético global de una manera irreversible. Al mismo tiempo, una considerable incertidumbre aún rodea la transición energética que está teniendo lugar. Como lo demuestra la rápida aceptación de las energías renovables, vivimos en una época de cambios e interrupciones exponenciales. Las innovaciones tecnológicas que acelerarán la transformación aún no se pueden prever. Las elecciones políticas afectarán el curso y el ritmo de la transformación de la energía, que probablemente progrese a diferentes velocidades en cada país y en cada sector. Sin embargo, tres aspectos principales caracterizan y respaldan la transición: la eficiencia energética, el crecimiento de las energías renovables y la electrificación (Agencia Internacional de las Energías Renovables - IRENA, 2019a).

- **La eficiencia energética** permite el crecimiento económico con menores insumos de energía. En el siglo XX, la tasa de crecimiento promedio de la demanda de energía fue del 3%, casi igual a la tasa de crecimiento del PIB mundial. En las últimas décadas, las mejoras en la eficiencia energética han roto este vínculo. Se pronostica que la demanda de energía primaria crecerá un 1% anual en el período hasta 2040 (Agencia Internacional de las Energías Renovables - IRENA, 2019a).
- **Crecimiento de las energías renovables.** Las energías renovables se han convertido en la fuente de energía de más rápido crecimiento. Las principales fuentes de energía

renovable son bioenergía, geotérmica, hidroeléctrica, oceánica, solar y eólica. Entre estos, la energía solar y la energía eólica están experimentando un crecimiento muy rápido, mientras que los otros están creciendo más gradualmente. La energía solar y eólica comparten una característica que es en gran medida única para ellos: la cantidad de energía que generan varía con el clima y la hora del día. Es por esto por lo que se denominan fuentes de energía renovables variables (Agencia Internacional de las Energías Renovables - IRENA, 2019a).

El impacto del crecimiento extraordinario de las energías renovables se ha sentido principalmente en el sector eléctrico. Desde 2012, las energías renovables han agregado más capacidad de generación de energía nueva que las fuentes de energía convencionales. La energía solar agregó más capacidad nueva en 2017 que las plantas de carbón, gas y nucleares combinadas. La energía eólica y solar ahora proporcionan el 6% de la generación eléctrica en todo el mundo, frente al 0,2% en 2000. En conjunto, las energías renovables representan alrededor de un cuarto de la generación eléctrica mundial. Países como Dinamarca ya generan más de la mitad de su electricidad a partir de fuentes de energía renovables variables. En 2017, la electricidad de Costa Rica se generó en su totalidad a partir de energía renovable durante 300 días. Durante varios días del año pasado, los sistemas de energía de Alemania, Portugal y Dinamarca pudieron funcionar completamente con energías renovables (Agencia Internacional de las Energías Renovables - IRENA, 2019a).

- **Electrificación.** La electricidad representa el 19% del consumo total de energía final, pero se espera que su participación crezca a medida que se produce una mayor electrificación de los sectores de uso final. El despliegue de bombas de calor y vehículos eléctricos, por ejemplo, permite que la electricidad se utilice para calefacción, refrigeración y transporte. La electricidad ha sido el segmento de más rápido crecimiento de la demanda de energía final, con un crecimiento de dos tercios más rápido que el consumo de energía en general desde 2000. Se espera que esta tendencia continúe. Desde 2016, el sector eléctrico ha atraído más inversiones que los sectores de petróleo y gas aguas arriba que tradicionalmente han dominado las inversiones en energía, otro reflejo de la actual electrificación de la economía mundial (Agencia Internacional de las Energías Renovables - IRENA, 2019a).

La velocidad de la transformación de la energía es incierta. Debido a la complejidad de los sistemas de energía, existen tantos escenarios sobre el futuro de la energía como los pronosticadores. Sin embargo, los escenarios que modelan un futuro energético compatible con los objetivos del Acuerdo de París tienen una estructura similar: un pico a corto plazo en la demanda de combustibles fósiles, una rápida captación de energías renovables y un largo descenso en la demanda de combustibles fósiles. No es una predicción, pero muestra una posible vía que asume que el mundo es capaz de lograr el objetivo del Acuerdo de París para limitar el aumento de la temperatura a "muy por debajo de 2 ° C" (Agencia Internacional de las Energías Renovables - IRENA, 2019a).

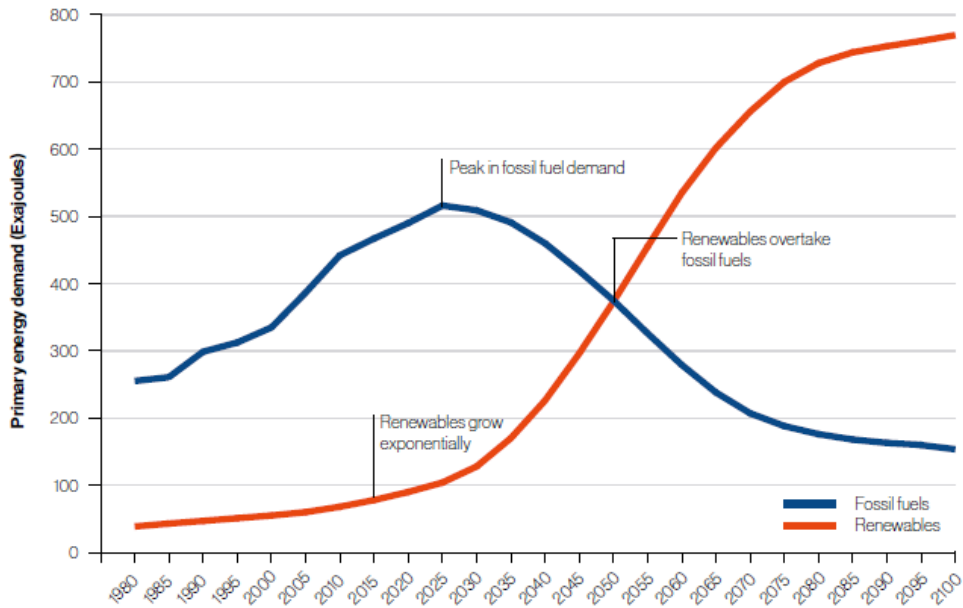


Gráfico 17. El marco de transición energética

Fuente: Shell Sky Scenario en (Agencia Internacional de las Energías Renovables - IRENA, 2019a)

En general, la transformación de energía global se caracteriza principalmente por un rápido crecimiento de las energías renovables, y en particular la energía solar y eólica. El petróleo, el gas y el carbón se verán afectados de manera diferente por la transición energética porque tienen características distintas y se utilizan en una variedad de sectores (Agencia Internacional de las Energías Renovables - IRENA, 2019a).

Cuadro 10. Seis tendencias habilitantes impulsan el rápido despliegue de las energías renovables

Tendencias	Descripción
Costo decreciente	A medida que los costos de las tecnologías de energía renovable han disminuido, el caso comercial de la energía renovable se ha convertido en un importante motor de cambio. Las tecnologías maduras de energía renovable, incluidas la energía hidroeléctrica y la energía geotérmica, han sido competitivas en cuanto a costos durante los años en que operan. Sin embargo, tecnologías como la solar y la eólica también han ganado una ventaja competitiva como resultado de los avances tecnológicos y el aumento de la inversión. La fuerte caída en los costos de energía renovable y almacenamiento de energía ha sorprendido incluso a los observadores más optimistas. Una vez descartado por ser demasiado costoso para expandirse más allá de los nichos de mercado, la energía solar y eólica ahora pueden superar a las tecnologías de generación convencionales en costo en muchos de los principales mercados del mundo, incluso sin subsidios

Tendencias	Descripción
Contaminación y cambio climático	<p>Los problemas causados por los combustibles fósiles, incluida la contaminación generalizada del aire y el cambio climático, han llevado a los gobiernos, las empresas, los inversores y el público a reconocer la necesidad de descarbonizar la economía mundial. La contaminación, causada principalmente por la quema de petróleo y carbón, hace que el aire sea peligroso para respirar en muchas ciudades, desde Nueva Delhi hasta Pekín y París. La Organización Mundial de la Salud estima que nueve de cada diez personas en el mundo respiran aire contaminado que es peligroso para la salud y el bienestar, y que la contaminación del aire mata a 7 millones de personas cada año 21, lo que la convierte en la cuarta causa de muerte</p> <p>El cambio climático plantea una amenaza existencial para la humanidad y los ecosistemas de la Tierra. A menos que se tomen medidas urgentes para descarbonizar el sector energético, el mundo no logrará el objetivo del Acuerdo de París de mantener "el aumento de la temperatura promedio mundial muy por debajo de 2 ° C por encima de los niveles preindustriales y de continuar los esfuerzos para limitar el aumento de la temperatura". a 1,5 ° C por encima de los niveles preindustriales ". Un informe reciente del IPCC presenta evidencias científicas cada vez más convincentes de la necesidad de limitar el aumento de la temperatura a un máximo de 1.5 ° C para evitar cambios duraderos o irreversibles, incluida la pérdida de ecosistemas vitales.22 En la actualidad, el mundo está en una curso que, en relación con los niveles preindustriales, aumentará las temperaturas globales en al menos 3 ° C para fines del siglo 23. Otro estudio científico reciente ha advertido que un efecto dominó abrupto puede hacer que el planeta entre en un estado de "invernadero" si las temperaturas globales aumentan Por más de 2 ° C.</p>
Objetivos de energías renovables	<p>Influenciados por el caso empresarial de las energías renovables y la necesidad de descarbonizar el sector energético, numerosos gobiernos han aumentado sus ambiciones y han tomado medidas para acelerar su despliegue de energía renovable. Hasta el momento, 57 países han desarrollado planes para descarbonizar completamente su sector eléctrico y 179 han establecido objetivos nacionales o estatales de energía renovable. Los gobiernos inicialmente apoyaron las energías renovables a través de subsidios y mandatos, pero se están moviendo cada vez más a subastas competitivas que están ofreciendo precios más bajos.</p>
Innovación tecnológica	<p>Las innovaciones tecnológicas, incluidas las mayores eficiencias de los módulos fotovoltaicos solares (PV) y las turbinas eólicas más altas, han desempeñado un papel importante en la aceleración del despliegue de energías renovables en el sector eléctrico. Las tasas de patentes sugieren que se ha producido una mayor innovación tecnológica en el campo de las tecnologías de energía limpia que en los campos de</p>

Tendencias	Descripción
	<p>energía tradicionales, como los combustibles fósiles y la energía nuclear. A largo plazo, los biocombustibles de próxima generación y el hidrógeno renovable generado por la electrólisis pueden permitir que las energías renovables se extiendan a una creciente gama de sectores difíciles de electrificar, como la aviación, el transporte marítimo y la industria pesada.</p> <p>Las innovaciones en la digitalización y el almacenamiento de energía también están abriendo nuevas fronteras. Las nuevas tecnologías digitales, como las redes inteligentes, el Internet de las cosas, el big data y la inteligencia artificial, se están aplicando en la industria de la energía, lo que ayuda a aumentar su eficiencia y acelerar el uso de energía renovable en los sistemas emergentes de generación y distribución inteligentes.</p> <p>También se están desarrollando nuevas tecnologías de energía para el almacenamiento de energía, vitales para las energías renovables variables, como la eólica y la solar. Se espera que las baterías, incluidas las de los vehículos eléctricos, se conviertan en una importante tecnología de almacenamiento. La electricidad también se puede almacenar en forma térmica mediante calderas, bombas de calor o agua fría. Para el almacenamiento a largo plazo, hay otras opciones, que incluyen almacenamiento de energía de aire comprimido o hidrógeno</p>
<p>Acción corporativa e inversora</p>	<p>Las acciones de las corporaciones también están impulsando el cambio. Grupos de inversores como DivestInvest y CA100 + 32 están presionando a las empresas para que reduzcan sus huellas de carbono. En la conferencia sobre el clima de diciembre de 2018 en Polonia, conocida como "COP24", un grupo de 415 inversores, que representan más de 32 billones de dólares estadounidenses, reafirmó su apoyo total al Acuerdo de París y se comprometió a mejorar la información financiera relacionada con el clima. Hicieron un llamado a los gobiernos para que pongan un precio al carbono, eliminen los subsidios a los combustibles fósiles y eliminen gradualmente la energía del carbón térmico.</p> <p>Las principales compañías, incluidas las de combustibles fósiles, ahora reconocen el riesgo de carbono en sus operaciones. Bajo la creciente presión de los inversores, por ejemplo, Shell estableció un plan para reducir su huella de carbono neta, incluidas las emisiones de sus consumidores, en alrededor de un 20% para 2035. ExxonMobil, Equinor y otras compañías petroleras principales apoyan la introducción de un precio del carbono</p>
<p>Opinión pública</p>	<p>La opinión pública es también una fuerza poderosa para el cambio. En los países de todo el mundo, los consumidores prefieren cada vez más comprar productos y servicios que tienen una menor huella de carbono, y los movimientos de la sociedad civil están ejerciendo presión sobre</p>

Tendencias	Descripción
	los gobiernos y las empresas para reducir la contaminación del aire y las emisiones de carbono. Los líderes religiosos se están sumando a los argumentos morales para actuar sobre el cambio climático

Fuente: (Agencia Internacional de las Energías Renovables - IRENA, 2019a)

La historia principal de la transición energética es el aumento de las energías renovables, especialmente la energía solar y eólica, y la futura disminución de los combustibles fósiles. Las energías renovables difieren en muchos aspectos de los combustibles fósiles, y estas diferencias tendrán consecuencias geopolíticas (Agencia Internacional de las Energías Renovables - IRENA, 2019a):

- Primero, los recursos de energía renovable están disponibles de una forma u otra en la mayoría de los países, a diferencia de los combustibles fósiles que se concentran en ubicaciones geográficas específicas. Esto reduce la importancia de los puntos de choque de energía actuales, como los estrechos canales en rutas marítimas ampliamente utilizadas que son fundamentales para el suministro mundial de petróleo.
- Segundo, la mayoría de las energías renovables toman la forma de flujos, mientras que los combustibles fósiles son existencias. Las reservas de energía se pueden almacenar, lo que es útil; pero solo se pueden usar una vez. En contraste, los flujos de energía no se agotan y son más difíciles de interrumpir.
- En tercer lugar, las fuentes de energía renovable pueden desplegarse a casi cualquier escala y se prestan mejor a formas descentralizadas de producción y consumo de energía. Esto se suma a los efectos democratizadores de las energías renovables.
- Cuarto, las fuentes de energía renovable tienen costos marginales casi nulos, y algunas de ellas, como la solar y la eólica, disfrutaron de reducciones de costos de casi el 20% por cada duplicación de capacidad. Esto mejora su capacidad para impulsar el cambio, pero requiere soluciones regulatorias para garantizar la estabilidad y la rentabilidad en el sector eléctrico.

La siguiente figura muestra la preparación de los exportadores de combustibles fósiles, basada en la exposición y la resiliencia. La exposición capta el grado en que los países dependen de las rentas de los combustibles fósiles. La resiliencia mide los ingresos en relación con la población para captar la forma en que una economía puede responder a los riesgos planteados por la transición energética (Agencia Internacional de las Energías Renovables - IRENA, 2019a).

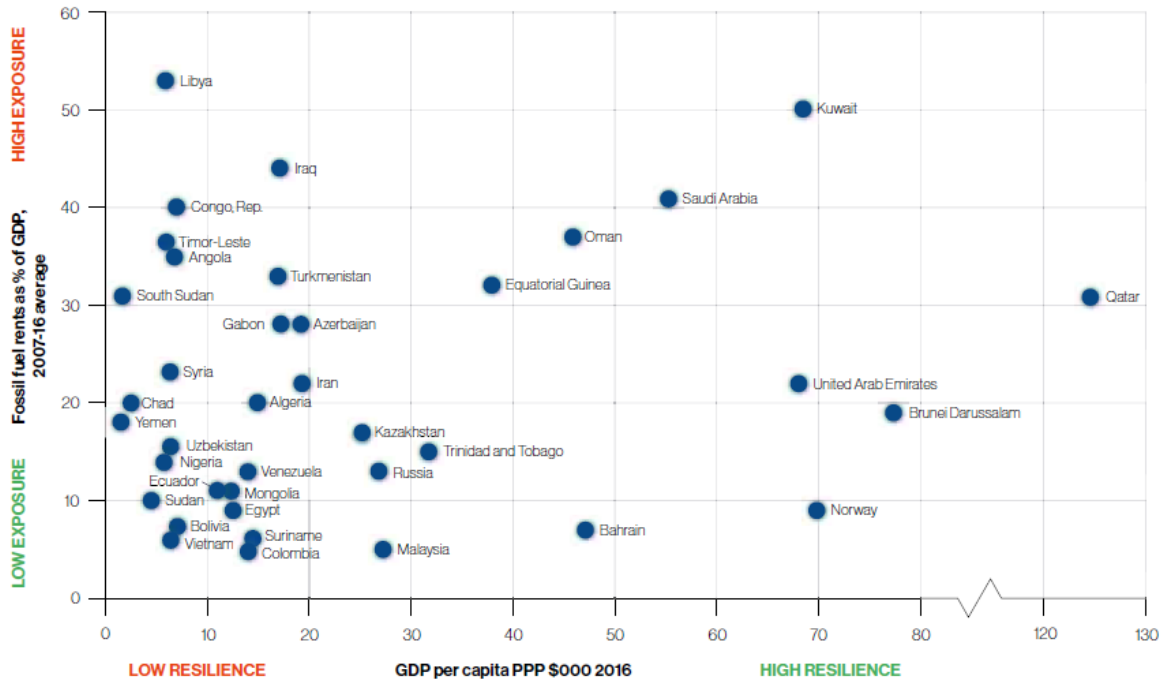


Ilustración 55. La relativa preparación de los países productores de combustibles fósiles para la transición energética

Fuente: (Agencia Internacional de las Energías Renovables - IRENA, 2019a)

5.2. Digitalización

La transformación en curso del sector eléctrico se ve acelerada por tres tendencias de innovación principales que ahora han llegado al sector energético, como lo ilustra la Figura 4: 1) digitalización, 2) descentralización y 3) electrificación. Estas tendencias están cambiando los paradigmas, desbloqueando la flexibilidad del sistema para una alta proporción de penetración de energía renovable variable (ERV). Están cambiando los roles y responsabilidades de los actores y abriendo las puertas a los nuevos participantes en el sector (Agencia Internacional de las Energías Renovables - IRENA, 2019b).

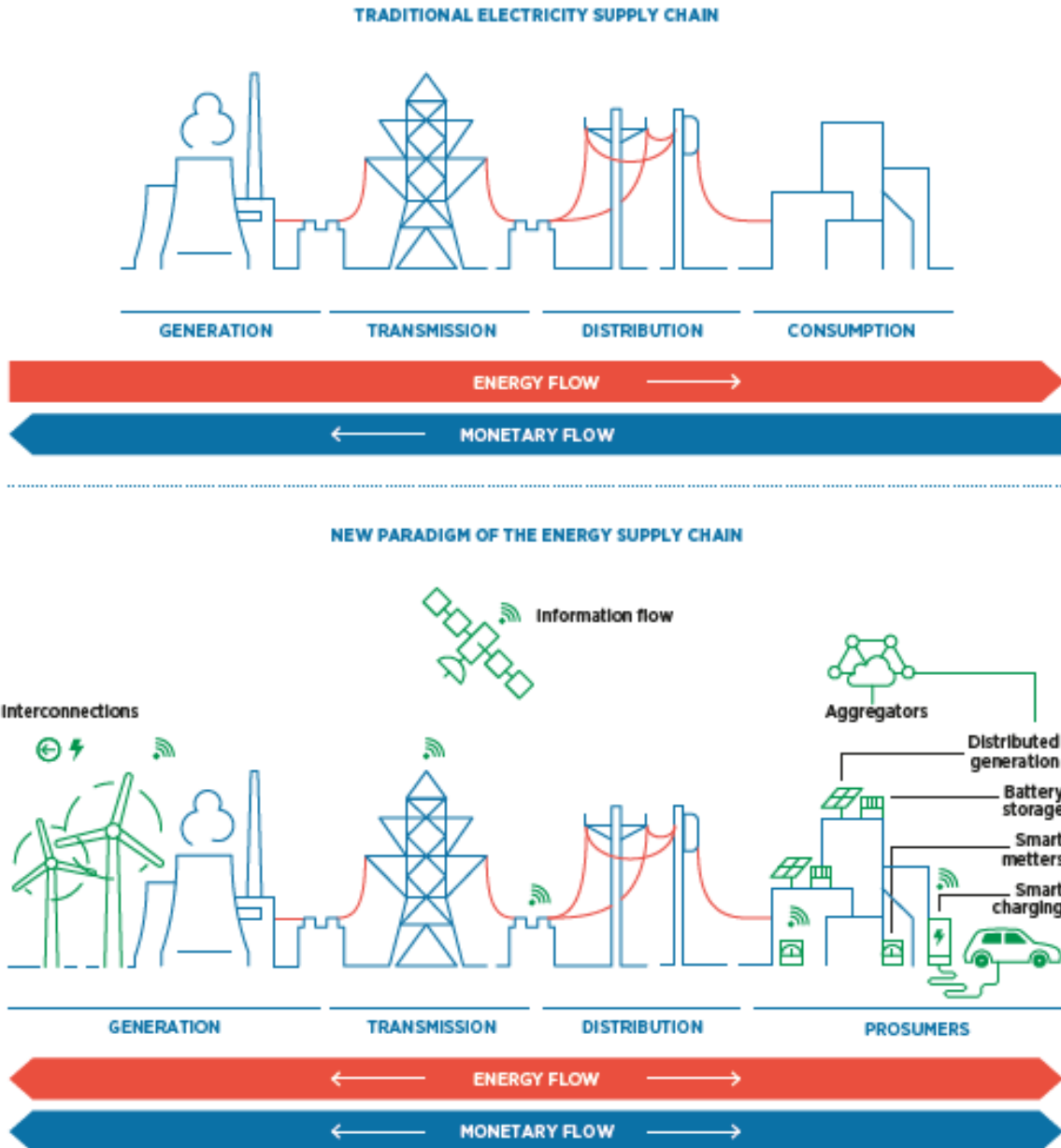


Ilustración 56. Innovaciones que tienen lugar en la cadena de suministro eléctrico

Fuente: (Agencia Internacional de las Energías Renovables - IRENA, 2019b)

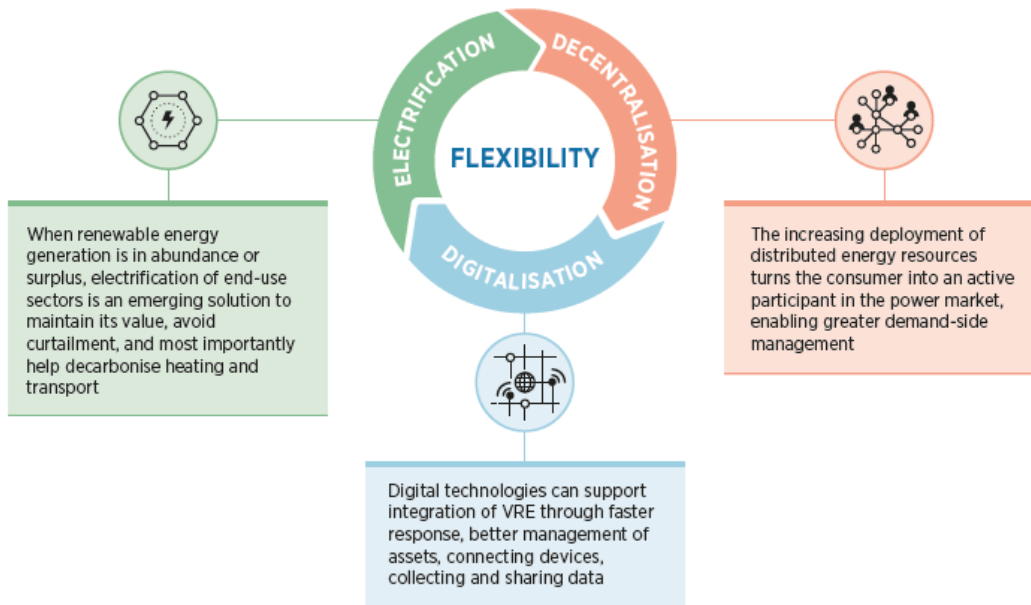


Ilustración 57. Tendencias de innovación

Fuente: (Agencia Internacional de las Energías Renovables - IRENA, 2019b)

La digitalización describe la creciente aplicación de las TIC en toda la economía, incluidos los sistemas de energía. Se puede pensar en la digitalización como la creciente interacción y convergencia entre los mundos digital y físico. El mundo digital tiene tres elementos fundamentales (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico - Agencia Internacional de Energía, 2017):

- Datos: información digital
- Análisis: el uso de datos para producir información y conocimientos útiles
- Conectividad: intercambio de datos entre humanos, dispositivos y máquinas (incluyendo máquina a máquina), a través de redes de comunicaciones digitales.

La tendencia hacia una mayor digitalización es posible gracias a los avances en estas tres áreas: aumento de volúmenes de datos gracias a la disminución de los costos de los sensores y el almacenamiento de datos, el rápido progreso en las capacidades avanzadas de análisis y computación, y una mayor conectividad con una transmisión de datos más rápida y económica (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico - Agencia Internacional de Energía, 2017).

Alrededor del 90% de los datos en el mundo de hoy se crearon en los últimos dos años. Este crecimiento exponencial ha llevado al uso de unidades de medida cada vez más grandes. Por ejemplo, el tráfico global anual de Internet superó el umbral de exabyte en 2001 y se espera que supere el umbral de zettabyte para 2017. (Un exabyte es 1 000 000 000 000 000 bytes, o 10¹⁸ bytes, y un zettabyte es igual a 1 000 exabytes, o 10²¹ bytes. El tráfico de Internet se

ha triplicado en los últimos cinco años (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico - Agencia Internacional de Energía, 2017).

Las personas y los dispositivos también se están conectando en números cada vez mayores. Más de 3.5 mil millones de personas, o casi la mitad de la población mundial, utiliza Internet, en comparación con solo 500 millones en 2001. Alrededor del 54% de los hogares ahora tiene acceso a internet en su hogar (Figura de la izquierda). En los últimos cinco años, las suscripciones globales de banda ancha móvil se triplicaron y superaron las 4 mil millones de suscripciones activas en 2017, mientras que las suscripciones de teléfonos móviles alcanzaron los 7,7 mil millones. El mundo en desarrollo está liderando el crecimiento más reciente en conectividad, que representa casi el 90% del crecimiento total en las suscripciones de banda ancha móvil en los últimos cinco años (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico - Agencia Internacional de Energía, 2017).

La digitalización se puede definir como la conversión de datos en valor para el sector energético. La aplicación de tecnologías de monitoreo y control digital en los dominios de generación y transmisión de energía ha sido una tendencia importante durante varias décadas, y recientemente ha comenzado a penetrar más profundamente en los sistemas de energía. El uso más amplio de medidores y sensores inteligentes, la aplicación de Internet de las cosas y el uso de grandes cantidades de datos con inteligencia artificial han creado oportunidades para proporcionar nuevos servicios al sistema. Las tecnologías digitales apoyan la transformación del sector eléctrico de varias maneras, entre ellas: un mejor monitoreo de los activos y su desempeño; Operaciones más refinadas y control más cercano al tiempo real; implementación de nuevos diseños de mercado; y la aparición de nuevos modelos de negocio (Agencia Internacional de las Energías Renovables - IRENA, 2019b).

La creciente relevancia de la digitalización también se debe a los avances en descentralización y electrificación. La descentralización da como resultado un gran número de nuevos generadores pequeños, principalmente PV en la azotea. La electrificación del transporte y el calor implica grandes cantidades de nuevas cargas, como vehículos eléctricos, bombas de calor y calderas eléctricas. Todos los nuevos activos en el lado de la oferta (debido a la descentralización) y el lado de la demanda (debido a la electrificación) tienen un impacto en los sistemas de energía, por lo que el monitoreo, la administración y el control son cruciales para el éxito de la transformación de la energía (Agencia Internacional de las Energías Renovables - IRENA, 2019b).

Por lo tanto, la digitalización es un amplificador clave de la transformación de energía, que permite la gestión de grandes cantidades de datos y la optimización de los sistemas con muchas unidades de pequeña generación. La comunicación mejorada, el control y, en el futuro, los contratos inteligentes automatizados basados en la tecnología blockchain, permiten que los "recursos agregados" agrupen los recursos de energía distribuidos (Agencia Internacional de las Energías Renovables - IRENA, 2019a).

Además de ofrecer una gama de servicios de energía útiles, la generación distribuida y las tecnologías habilitadoras se han convertido en fuentes de datos valiosos. La información detallada y en tiempo real sobre los patrones de consumo, los perfiles de carga, el rendimiento

de los componentes en los sistemas eléctricos y las fallas puede permitir una mejor planificación y operación del sistema por parte de los operadores de la red. También es posible mejorar el pronóstico de la producción y el consumo de electricidad por fuentes distribuidas sobre la base de patrones de comportamiento pasados. Estas características permiten que el sistema funcione con una mayor proporción de ERV, ya que la incertidumbre de la oferta y la demanda y el riesgo relacionado se reducen, sin aumentar los costos de operación (Agencia Internacional de las Energías Renovables - IRENA, 2019b).

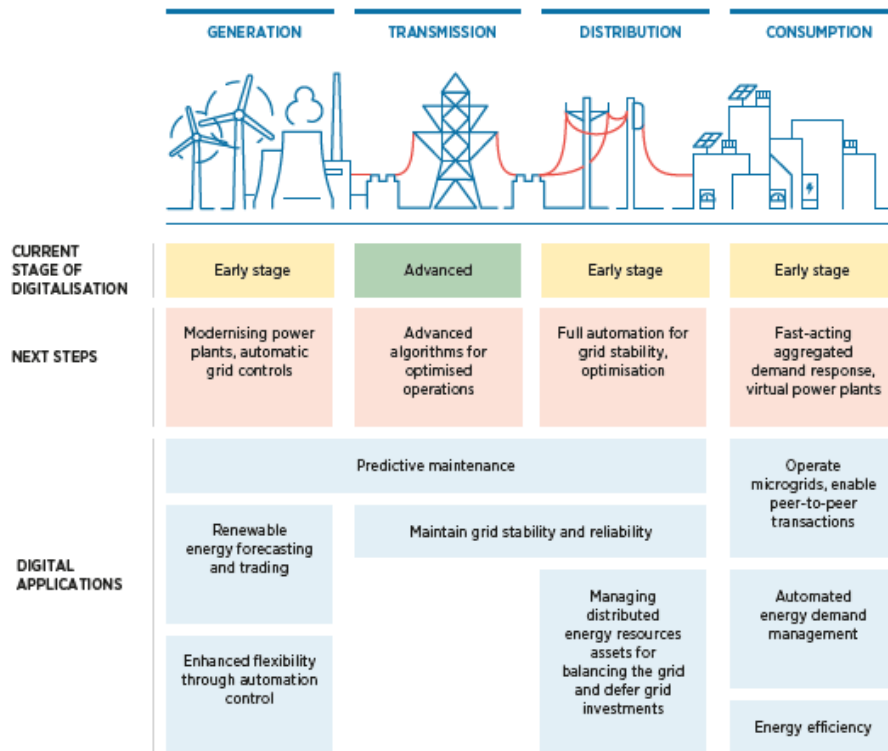


Ilustración 58. Aplicaciones digitales emergentes en el sistema de energía

Fuente: (Agencia Internacional de las Energías Renovables - IRENA, 2019b)

Los asombrosos avances en la digitalización y su rápido despliegue en el panorama energético plantean la cuestión fundamental de si estamos en la cúspide de una nueva era digital en la energía (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico - Agencia Internacional de Energía, 2017).

La inversión en infraestructura y software de electricidad digital creció más del 20% anual entre 2014 y 2016, superando a la inversión global en la generación de energía a gas (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico - Agencia Internacional de Energía, 2017).

Las tecnologías y aplicaciones digitales enfrentan una variedad de barreras para su adopción y uso, y sus impactos en el uso de la energía difieren según los sectores de demanda. (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico - Agencia Internacional de Energía, 2017)

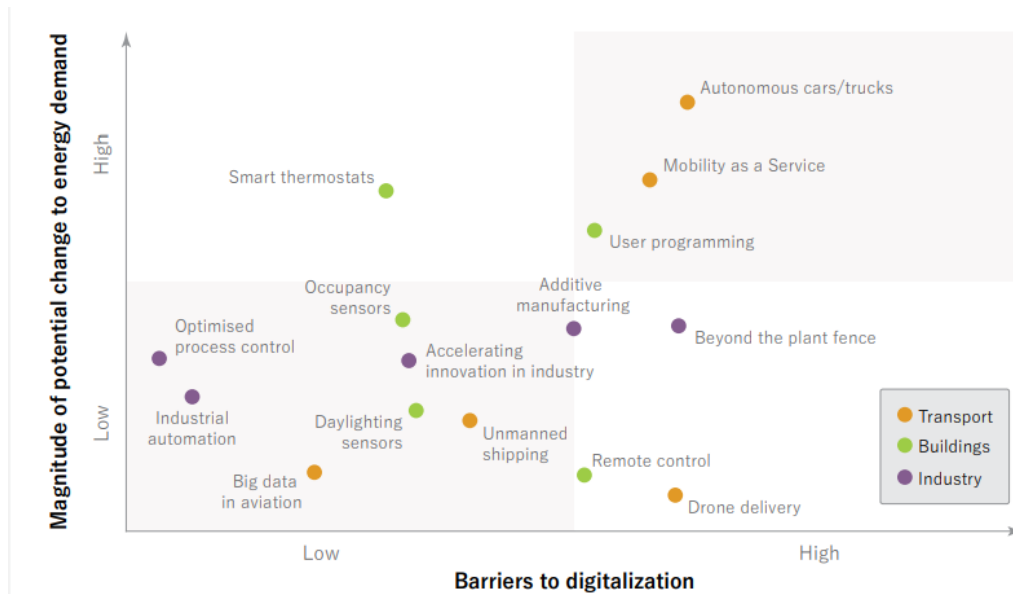



Ilustración 59. Impacto potencial de la digitalización en el transporte, los edificios y la industria

Fuente: (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico - Agencia Internacional de Energía, 2017)

La digitalización está teniendo un gran impacto en el transporte, los edificios y la industria. La importancia que esto tendrá en el futuro será diferente para cada sector y aplicación particular. Se necesitan políticas sectoriales e intersectoriales para maximizar los beneficios posibles gracias a las tecnologías digitales y abordar los desafíos, incluida la ciberseguridad, la privacidad de los datos y la pérdida de empleos.

Cuadro 11. Digitalización y energía en transporte, edificios e industria

Sector	Descripción
Transporte	<p>Se está volviendo más inteligente y conectado, mejorando la seguridad y la eficiencia. En el transporte por carretera, la conectividad está permitiendo nuevos servicios para compartir la movilidad. Combinada con los avances en la automatización y electrificación de vehículos, la digitalización podría tener un impacto sustancial pero incierto en la energía y las emisiones. A más largo plazo, el uso de energía en el transporte por carretera podría reducirse a la mitad o más del doble, dependiendo de la interacción entre tecnología, política y comportamiento.</p> <p>Las tecnologías digitales pueden desempeñar un papel clave en la reducción de la demanda de energía y las emisiones de gases de efecto invernadero en el transporte de mercancías por carretera, especialmente al facilitar la colaboración horizontal y vertical entre las empresas para racionalizar las cadenas de suministro y la logística.</p>

Sector	Descripción
	 <p>Ilustración 60. Impacto de la digitalización en el uso de energía y reducción de emisiones en el transporte de mercancías por carretera</p>

La digitalización podría reducir el uso total de energía en edificios residenciales y comerciales en aproximadamente un 10% hasta 2040. Estas mejoras de eficiencia son mayores en calefacción y refrigeración, en particular mediante el uso de termostatos y sensores inteligentes. La iluminación inteligente permite cortes potencialmente sustanciales en la demanda de electricidad por iluminación. Sin embargo, los nuevos servicios y comodidades que trae consigo la digitalización, así como un mayor uso de energía en espera por parte de dispositivos y aparatos inactivos – podría compensar posibles ahorros.

Edificios

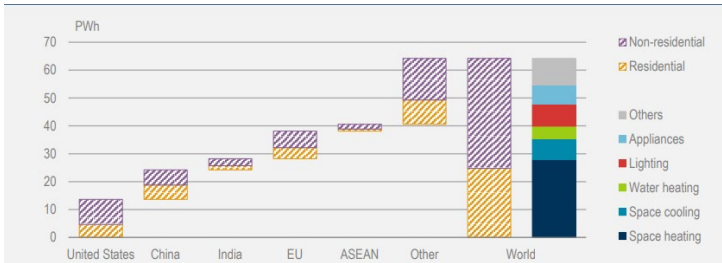


Ilustración 61. Ahorro de energía acumulativo en edificios de la digitalización generalizada

Nota: No residenciales incluye edificios utilizados para el comercio mayorista y minorista, almacenamiento, educación, salud, hospitalidad y actividades comerciales, así como oficinas y edificios públicos; UE = Unión Europea; ASEAN = Asociación de Naciones del Sudeste Asiático.

Se espera que la intensidad energética de los controles activos mejore a 2040, consumiendo mucho menos que el ahorro potencial de energía logrado por los controles inteligentes en los edificios

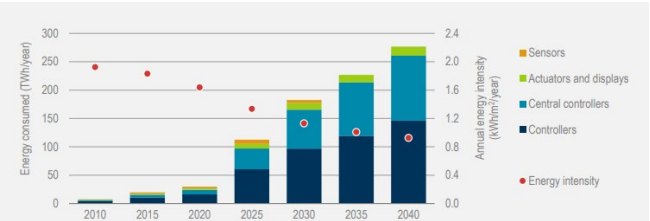
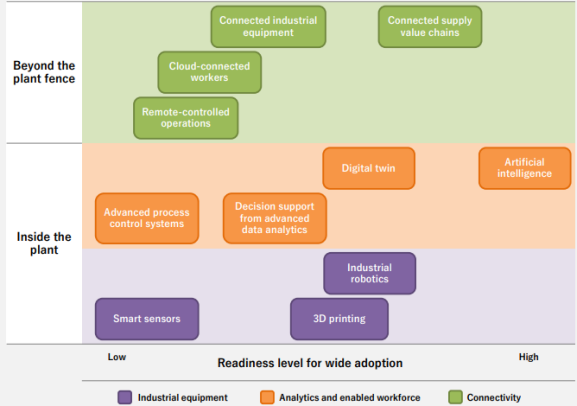


Figura 1. Uso global de energía e intensidad energética promedio de controles activos en edificios

Sector	Descripción
	<p>Nota: Los sensores incluyen sensores de ocupación e iluminación natural; los controladores centrales recopilan datos de una vivienda o edificio completo y monitorean las unidades operativas; Los controladores solo operan en una zona específica del edificio.</p>
<p>Industria</p>	<p>Ha estado utilizando tecnologías digitales durante mucho tiempo para mejorar la seguridad y la productividad. La digitalización podría generar mayores ahorros de energía significativos con cortos períodos de recuperación a través de controles de procesos mejorados dentro de las plantas industriales y más allá de la cerca de la planta. La impresión tridimensional (3D), el aprendizaje automático y la conectividad mejorada podrían tener un impacto aún mayor.</p> <p>La digitalización en la industria puede tomar diversas formas, desde equipos automatizados hasta la conexión de operaciones industriales basadas en diferentes ubicaciones.</p>  <p>Ilustración 62. Aplicación de las tecnologías digitales y estrategias en la industria</p>

Fuente: (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico - Agencia Internacional de Energía, 2017)

Las empresas de energía han estado adoptando tecnologías digitales durante años, ayudando a aumentar la recuperación de recursos fósiles, mejorar los procesos de producción, reducir costos y mejorar la seguridad.

- El sector del petróleo y el gas tiene una historia relativamente larga con las tecnologías digitales, especialmente en el segmento upstream, y aún queda un gran potencial para que la digitalización mejore las operaciones. El uso generalizado de las tecnologías digitales existentes podría reducir los costos de producción entre un 10% y un 20%. Con el uso de tecnologías digitales existentes y emergentes, los recursos de petróleo y gas técnicamente recuperables podrían incrementarse en alrededor del 5% a nivel mundial. El impacto potencial de la digitalización probablemente sea mayor para los recursos ajustados de petróleo y gas de esquisto (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico - Agencia Internacional de Energía, 2017).

- En el sector del carbón, la digitalización puede mejorar aún más el modelado geológico, la optimización de la minería y otros procesos relacionados, la automatización, el mantenimiento predictivo y la salud y seguridad de los trabajadores. El impacto general, sin embargo, puede ser más modesto que en otros sectores (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico - Agencia Internacional de Energía, 2017).
- La digitalización dentro del sector de energía tiene el potencial de ahorrar alrededor de USD 80 mil millones por año, o aproximadamente el 5% de los costos totales anuales de generación de energía, según el diseño del sistema actual y el despliegue global mejorado de las tecnologías digitales disponibles en todas las centrales eléctricas y la infraestructura de red. . Esto se puede lograr reduciendo los costos de operación y mantenimiento, mejorando la eficiencia de la planta de energía y la red, reduciendo las interrupciones no programadas y el tiempo de inactividad, y extendiendo la vida útil operacional de los activos (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico - Agencia Internacional de Energía, 2017)

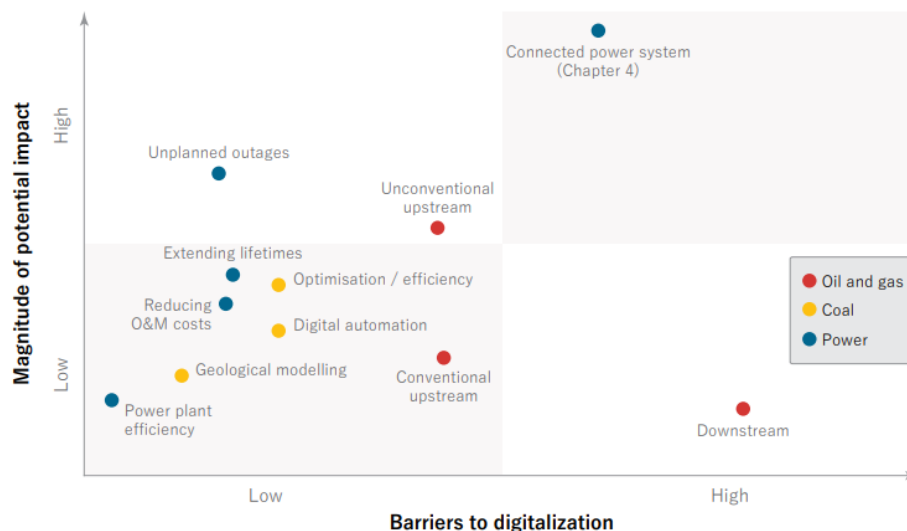


Ilustración 63. El impacto potencial de la digitalización en el petróleo y el gas, el carbón y la energía

Fuente: (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico - Agencia Internacional de Energía, 2017)

A medida que avanza la digitalización, puede surgir un sistema altamente interconectado, difuminando la distinción entre proveedores tradicionales y consumidores, con oportunidades crecientes para un mayor comercio local de servicios de energía y redes. A medida que esta infraestructura física evoluciona y cambian los roles de las partes interesadas, las redes centralizadas y los propietarios y operadores de las redes de transmisión continuarán proporcionando la columna vertebral que equilibra el sistema eléctrico general

(Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico - Agencia Internacional de Energía, 2017).

Los datos y los análisis pueden mejorar el rendimiento y permitir el ahorro de costos, pero, sin conectividad, no cambian fundamentalmente la forma en que funciona el sector eléctrico (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico - Agencia Internacional de Energía, 2017).

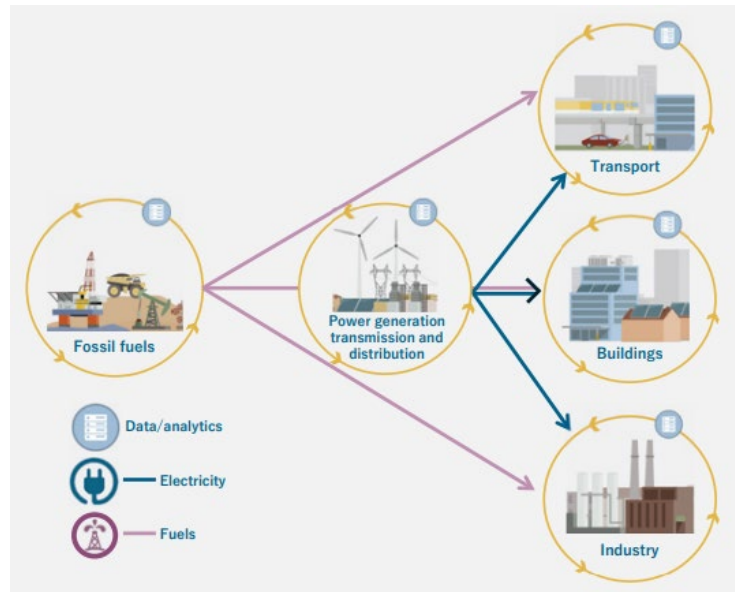


Ilustración 64. Estructura tradicional del sector eléctrico

Fuente: (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico - Agencia Internacional de Energía, 2017)

La conectividad, combinada con la electrificación y la descentralización, tiene el potencial de crear un sistema altamente interconectado, transformando la forma en que se suministra y consume la electricidad (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico - Agencia Internacional de Energía, 2017).

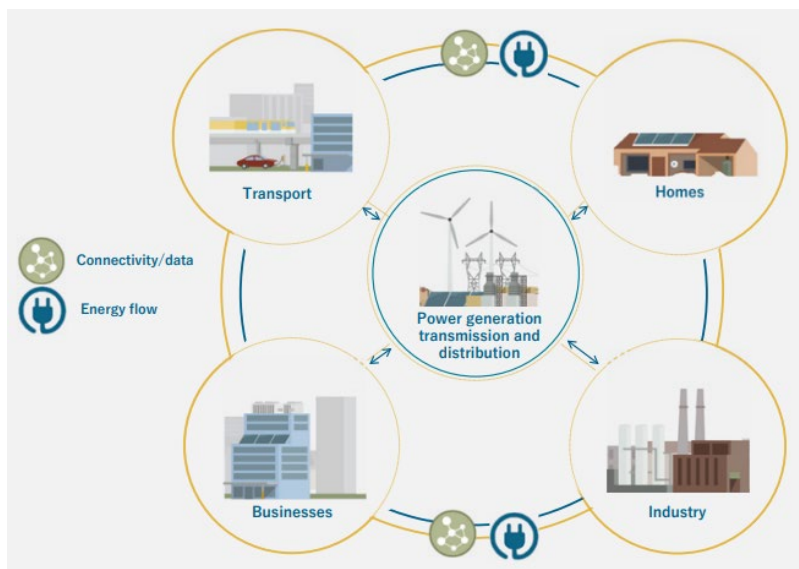


Ilustración 65. El papel de la digitalización en la remodelación del sector eléctrico

Fuente: (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico - Agencia Internacional de Energía, 2017)

La digitalización es una parte de este proceso. La electrificación continua de los servicios de energía en todos los sectores de uso final, especialmente el transporte, y el crecimiento de las fuentes de energía descentralizadas, lo que sucedería incluso sin las tecnologías digitales, son los otros impulsores. Pero la digitalización, en particular el crecimiento de la conectividad entre productores, operadores de redes y usuarios finales, respalda estas tendencias y contribuye a acelerar la transformación del sistema eléctrico y el establecimiento de nuevos modelos de negocios. Al permitir el intercambio de información operativa en tiempo real entre los equipos en cualquier parte del sistema energético, se eliminan las ineficiencias dentro de cada sector, lo que mejora la confiabilidad y reduce los costos, ya que los consumidores y los productores responden instantáneamente a las condiciones cambiantes del mercado (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico - Agencia Internacional de Energía, 2017).

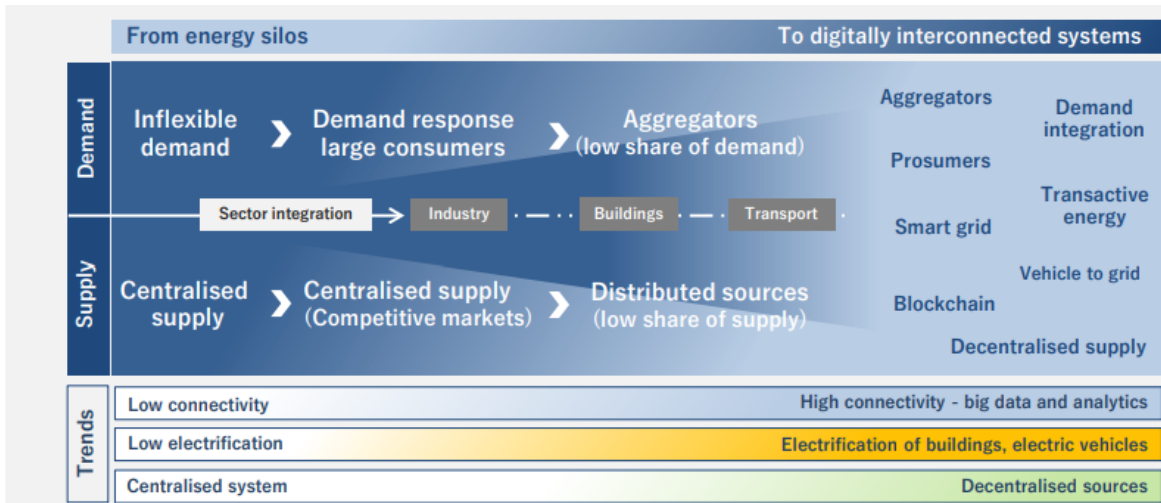


Ilustración 66. Posibles pasos en la transformación digital del sistema eléctrico

Fuente: (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico - Agencia Internacional de Energía, 2017)

5.3. Descentralización

La tendencia a la implantación de sistemas descentralizados de energía eléctrica (de fuentes renovables) modificará el modelo de generación de la red de distribución actual disminuyendo las inversiones requeridas para nuevos tendidos eléctricos y permitiendo el aprovechamiento de sistemas autoprodutores.

La generación de Energía Renovable Distribuida (DRE) podría definirse como 'una unidad de generación a pequeña escala que aprovecha recursos de energía renovable (como el sol, el viento, el agua, la biomasa y la energía geotérmica), en o cerca del punto de uso, donde los usuarios son los productores, ya sean individuos, pequeñas empresas y / o una comunidad local. Si las plantas de generación a pequeña escala también están conectadas entre sí (para compartir el excedente de energía), se convierten en una Red de Energía Local Renovable, que a su vez puede estar conectada con redes similares cercanas (Vezzoli, y otros, 2018).

Los principales beneficios ambientales de un DRE son que, dado que utilizan recursos no agotables, tienen bajas emisiones de gases de efecto invernadero, producen un bajo impacto ambiental para la extracción, transformación y distribución (bajas pérdidas de transmisión de energía) en comparación con las unidades de generación de energía centralizadas no renovables (Vezzoli, y otros, 2018).

Los principales beneficios socio éticos y económicos se deben a la pequeña escala de las unidades de generación que requieren una pequeña inversión económica, son fáciles de instalar, mantener, administrar y además permiten que los individuos y las comunidades locales las instalen, lo que lleva a la democratización del acceso a los recursos. que mejora

la calidad de vida y mejora el empleo local y la difusión de competencias (Vezzoli, y otros, 2018).

Es posible configurar algunas características útiles o pilares necesarios para la tercera revolución industrial (Vezzoli, y otros, 2018):

- Cambio a energía renovable (solar, eólica, hidroeléctrica, geotérmica, olas oceánicas y biomasa);
- Transformar edificios como centrales eléctricas;
- Implementar hidrógeno y otras tecnologías de almacenamiento en cada edificio y en toda la infraestructura para almacenar energías intermitentes;
- Usar la tecnología de Internet para transformar la red eléctrica de todos los continentes en una red interconectada de energía compartida que actúa como Internet;
- Transición de la flota de transporte a vehículos eléctricos, enchufables y de celdas de combustible que pueden comprar y vender electricidad en una red eléctrica interactiva continental inteligente

Estos pilares, que utilizan sistemas de energía renovable distribuida (DRE), representan pasos prometedores hacia la energía sostenible para todos (Vezzoli, y otros, 2018).

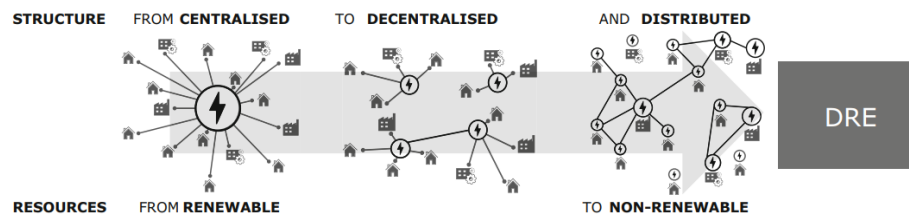


Ilustración 67. Cambio de paradigma de sistemas de generación de energía no renovable / centralizada a sistemas renovables / distribuidos

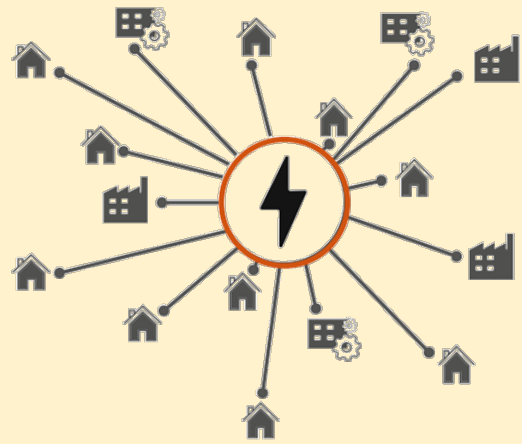
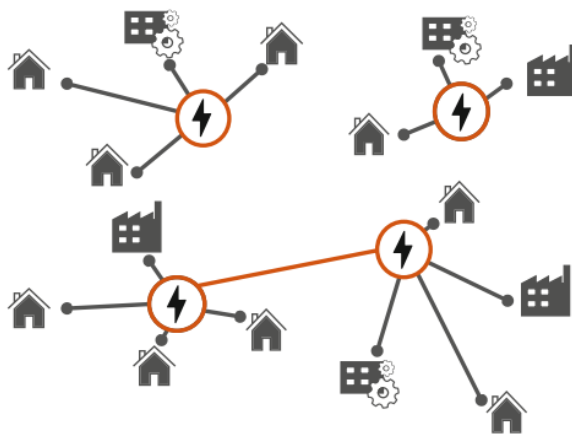
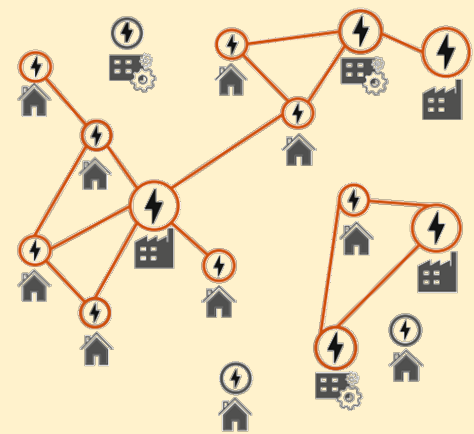
Fuente: (Vezzoli, y otros, 2018)

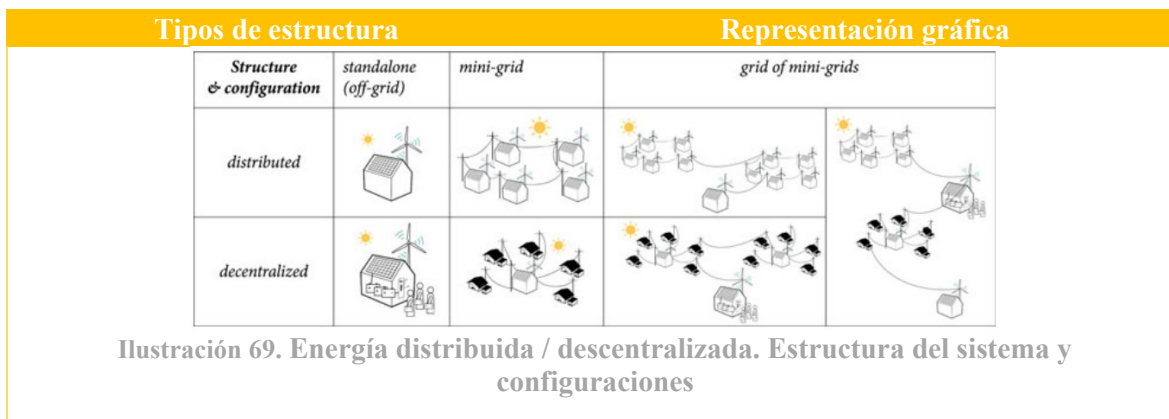
En la transición de los sistemas de energía centralizados a los sistemas descentralizados y distribuidos, hay dos elementos bien caracterizados (Vezzoli, y otros, 2018)

- Estructura del sistema: con respecto a la configuración de los actores involucrados en el sistema energético;
- Tipo de fuentes de energía: en relación con la naturaleza de los recursos, que abarca desde fuentes de energía no renovables hasta fuentes de energía renovables.

Con respecto a la estructura del sistema, se pueden distinguir los siguientes tres tipos principales (Vezzoli, y otros, 2018)

Cuadro 12. Estructura del sistema de energía

Tipos de estructura	Representación gráfica
<p>Los sistemas de energía centralizados podrían definirse como unidades de generación de energía a gran escala (estructuras) que suministran energía a través de una amplia red de distribución, (a menudo) lejos del punto de uso.</p>	 <p data-bbox="812 709 1331 745">Ilustración 68. Sistema de energía centralizado</p>
<p>Los sistemas de energía descentralizados podrían definirse como caracterizados por unidades de generación de energía a pequeña escala (estructuras) que suministran energía a los clientes locales. Estas unidades de producción podrían ser independientes o estar conectadas a otras cercanas a través de una red para compartir recursos, es decir, para compartir el excedente de energía. En este último caso, se convierten en redes de energía descentralizadas localmente, que a su vez pueden estar conectadas con redes similares cercanas.</p>	 <p data-bbox="812 1249 1331 1281">Figura 2. Sistema de energía descentralizado</p>
<p>El sistema de energía distribuida podría definirse como unidades de generación de energía a pequeña escala (estructura), en o cerca del punto de uso, donde los usuarios son los productores, ya sean individuos, pequeñas empresas y / o comunidades locales. Estas unidades de producción podrían ser independientes o estar conectadas a otras cercanas a través de una red para compartir, es decir, para compartir el excedente de energía. En este último caso, se convierten en redes de energía distribuidas localmente, que a su vez pueden estar conectadas con redes similares cercanas</p>	 <p data-bbox="844 1753 1315 1785">Figura 3. Sistema de energía distribuida</p>
<p>Dadas las estructuras anteriores, la siguiente figura presenta varios tipos de configuraciones posibles.</p>	



Fuente: (Vezzoli, y otros, 2018)

A nivel mundial la generación distribuida está avanzando, apoyada por políticas de fomento, y apoyada por contextos y culturas altamente descentralizados, tanto a nivel institucional como socioeconómicamente hablando (Escenarios Energéticos, 2018a).

Los países más avanzados no solo han aportado programas de fomento, sino también han generado regulación adecuada que facilita la introducción de los sistemas distribuidos, que minimiza burocracias, que permite la participación de los miles de individuos en el mercado energético, no solo como consumidores sino como productores y vendedores de energía, y que vincula la generación distribuida con los temas de digitalización por medio de regulación de acceso a información y al mismo tiempo de ciberseguridad (Escenarios Energéticos, 2018a) .

La descentralización energética se puede expresar también en sistemas térmicos distritales o a nivel de barrios, siendo estos sistemas más eficientes que la calefacción individual por cada casa. Este tipo de sistemas han demostrado ser no solo eficientes sino proporcionan un alto nivel de cuidado ambiental, con muy bajas emisiones, razón por la cual está siendo introducido en los barrios más modernos de las ciudades europeas (Escenarios Energéticos, 2018a).

Los individuos y las comunidades tienen mayor control sobre la generación y el consumo de energía. Los recursos de energía distribuidos emergentes que están conectados en el extremo del consumidor, como la energía solar fotovoltaica en la azotea, los microturbinas eólicas, los sistemas de almacenamiento de energía de baterías, los vehículos eléctricos enchufables y la respuesta a la demanda, están descentralizando el sistema. Optimizar el consumo de electricidad que ahora se produce localmente proporciona una gran ventaja para el sistema, disminuyendo la necesidad de otras medidas de flexibilidad costosas (Agencia Internacional de las Energías Renovables - IRENA, 2019b).

El despliegue de paneles solares fotovoltaicos ha aumentado dramáticamente en los últimos años. El almacenamiento distribuido también ha ganado impulso. Un modelo de negocio de almacenamiento detrás del medidor permite a los clientes almacenar la electricidad generada por sus paneles solares en el techo y usarla más tarde cuando sea necesario o venderla a la

red. La siguiente figura ilustra las fuentes de energía distribuidas que descentralizan el sistema de energía (Agencia Internacional de las Energías Renovables - IRENA, 2019b).

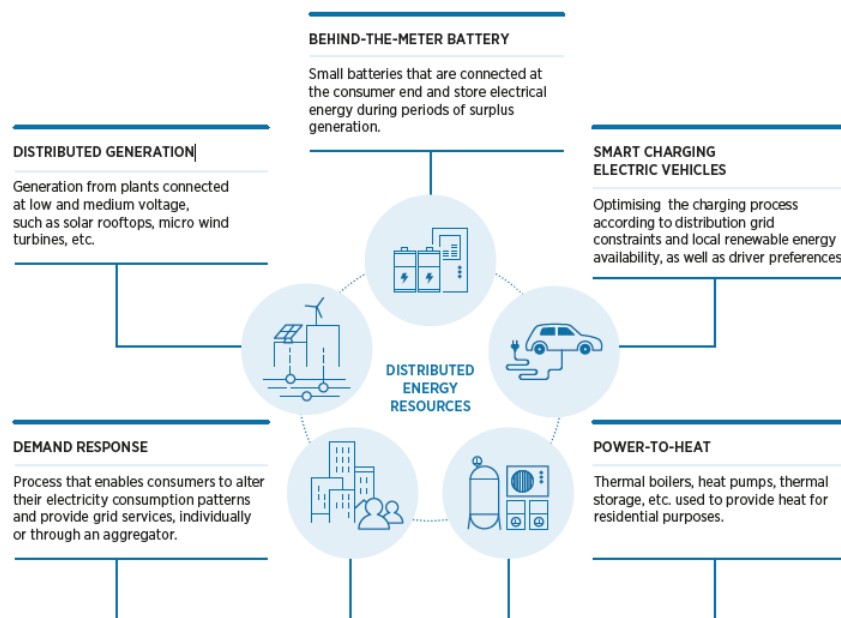


Ilustración 70. Recursos energéticos distribuidos

Fuente: (Agencia Internacional de las Energías Renovables - IRENA, 2019b)

El nuevo consumidor y los nuevos modelos de negocio

El mayor despliegue de la generación distribuida ha dado a los individuos y comunidades un mayor control sobre la generación y el consumo de electricidad. Los consumidores están explorando vías para optimizar su consumo y administrar mejor sus facturas de electricidad. Las necesidades energéticas de los consumidores en los segmentos residencial, comercial e industrial están cambiando. Para los consumidores residenciales, la disponibilidad de dispositivos domésticos inteligentes ha estimulado un mercado para el monitoreo y control continuo del consumo de electricidad. Los consumidores comerciales e industriales están evaluando opciones para reducir el costo de la adquisición de electricidad al cambiar a fuentes de generación basadas en energías renovables, como la energía solar fotovoltaica en la azotea, y al adoptar dispositivos inteligentes que pueden operar, monitorear, controlar y optimizar el consumo de energía (Agencia Internacional de las Energías Renovables - IRENA, 2019b).

Adaptación del rol de los operadores de sistemas de distribución

La creciente penetración de los recursos energéticos descentralizados y la aparición de nuevos actores del mercado, como los prosumidores y los consumidores activos, marcarán el comienzo de una nueva era. Para aprovechar estas nuevas oportunidades, y para mantener el ritmo tanto de la transformación del sector eléctrico como de las cambiantes necesidades de

los clientes, los operadores de sistemas de distribución tendrán que ajustar su función actual y transformar sus procedimientos operativos. Cambiar el marco regulatorio para estos operadores e introducir nuevos incentivos para adaptar el funcionamiento de las redes de distribución al nuevo paradigma de los recursos energéticos distribuidos es clave para su transición exitosa (Agencia Internacional de las Energías Renovables - IRENA, 2019b).

Con el surgimiento de la generación distribuida y otros recursos energéticos distribuidos, la función de los operadores de sistemas de distribución se expandirá. Tendrán que administrar los activos conectados a su red para el beneficio tanto de la red como de los consumidores (Agencia Internacional de las Energías Renovables - IRENA, 2019b).

En su nuevo rol, necesitarán operar los recursos energéticos distribuidos (o al menos proporcionarles señales de precios de alta resolución) para optimizar el uso de las redes y evitar nuevas inversiones en activos, al tiempo que suministran nuevas cargas, dada la electrificación de los fines. -utiliza sectores (como es el caso de estaciones de carga para estaciones de carga de vehículos eléctricos). En una iniciativa relevante, una propuesta de la Comisión Europea de noviembre de 2016 obliga a los Estados miembros a garantizar que la regulación permita y promueva que las empresas de distribución obtengan servicios flexibles de los usuarios de la red (EC 2016a) (Agencia Internacional de las Energías Renovables - IRENA, 2019b).

Operadores de sistemas de transmisión nuevos retos y responsabilidades

Un elemento clave de la innovación para los operadores de sistemas es garantizar que puedan usar nuevos proveedores de servicios y flexibilidad (administración de la demanda, otros recursos distribuidos, etc.) en lugar de depender de la generación térmica (que se reducirá en importancia en el sistema a medida que aumenten las energías renovables) (Agencia Internacional de las Energías Renovables - IRENA, 2019b).

Con la descentralización del sistema, se necesita monitoreo y control a nivel micro para asegurar la operación óptima del sistema y la integración de estas fuentes en el sistema (Agencia Internacional de las Energías Renovables - IRENA, 2019b).

Al mismo tiempo, las fuentes de flexibilidad se están descentralizando. Llevar esta flexibilidad al funcionamiento del sistema o al mercado depende del aprovechamiento del potencial para nuevas baterías y respuesta a la demanda a pequeña escala. Además de la flexibilidad, los recursos energéticos distribuidos pueden proporcionar un beneficio fácilmente disponible para los operadores de sistemas para evitar inversiones adicionales en redes de transmisión. Además, pueden evitar realizar intervenciones para garantizar la seguridad y confiabilidad del sistema a través de pedidos de reenvío (Agencia Internacional de las Energías Renovables - IRENA, 2019b).

Todo esto viene como costos adicionales para el sistema de energía, costos que se pueden reducir al aprovechar todos los dispositivos que ya están conectados a la red. La digitalización y la Internet de las cosas son necesarias para monitorear, aprovechar y controlar las micro-fuentes de flexibilidad. El aumento de la cooperación con los operadores del sistema de

distribución es clave para que el operador del sistema obtenga una mayor visibilidad de los recursos de energía conectados a la red de distribución (Agencia Internacional de las Energías Renovables - IRENA, 2019b)

Sin embargo, otra condición previa es la aceptación por parte del consumidor de que sus activos se pueden usar de manera flexible. Los mecanismos de desarrollo y los diseños de mercado que recompensan la flexibilidad son vitales en un sistema energético con altos niveles de energías renovables. Y hacer que estos incentivos estén disponibles para todos los jugadores conectados a la red es clave. Hasta que se establezca el modelo normativo, no se puede asumir la aceptación y el compromiso del consumidor, y por lo tanto, no se puede construir la forma precisa de los algoritmos digitales para el control de la automatización (Agencia Internacional de las Energías Renovables - IRENA, 2019b).

5.4. Electrificación

La electrificación de los sectores de uso final es una tendencia impulsada por los problemas de seguridad energética nacional relacionados con la excesiva dependencia del petróleo y el diésel importados, además de la creciente disponibilidad de electricidad barata de fuentes de energía renovables y su potencial para descarbonizar los sectores de uso final. Si se hace con inteligencia, la electrificación puede convertir estas nuevas cargas en fuentes de flexibilidad (Agencia Internacional de las Energías Renovables - IRENA, 2019b).

La electrificación, sin una estrategia de red inteligente, aumentará los costos de suministro de energía e incluso puede socavar la seguridad del suministro. Afortunadamente, la electrificación viene con características que complementan bien la naturaleza variable de la energía renovable. Si se planifica con inteligencia, la electrificación conducirá a un nuevo diseño del sistema de energía general centrado en la energía renovable, haciendo que todo el sistema sea más sostenible. Se requiere una estrategia para crear las sinergias entre la electrificación y la energía renovable (Agencia Internacional de las Energías Renovables - IRENA, 2019b).

Las tendencias actuales en la electrificación de la demanda de uso final van de la mano con las tendencias de digitalización, lo que hace que los dispositivos sean más inteligentes y estén cada vez más conectados. Esto aumenta la complejidad de las características de la demanda de energía y puede impulsar la transición fundamental de un sistema de energía que está diseñado para hacer frente a cargas pico claramente definidas, a una que aproveche al máximo la demanda como fuente de flexibilidad (Agencia Internacional de las Energías Renovables - IRENA, 2019b).

Los vehículos eléctricos (VE), por ejemplo, no solo están transformando la industria del transporte, sino que están a punto de remodelar el mercado eléctrico. Un número cada vez mayor de vehículos eléctricos presenta tanto un desafío como una oportunidad para una

mayor integración de ERV y la descarbonización del sector (Agencia Internacional de las Energías Renovables - IRENA, 2019b).

Empresas de petróleo y gas entrando al sector eléctrico

Con diferentes tipos de industrias que lideran los esfuerzos de electrificación en los sectores de uso final, la demanda de petróleo y gas disminuye. Este poderoso impacto está llevando a las compañías de petróleo y gas a la transición hacia el sector eléctrico. Están surgiendo oportunidades de negocios interesantes para estas empresas en el sector de la energía, en términos de nuevos servicios prestados a los consumidores, o mediante la electrificación del sector del transporte.

Se necesita poca inversión para adaptar la infraestructura de gas natural al transporte de hidrógeno: los gasoductos existentes pueden soportar de 10% a 20% de hidrógeno sin ningún ajuste (IRENA, 2018). Cuando se produce con electricidad renovable, el hidrógeno juega un papel importante en la descarbonización de estos sectores. El hidrógeno también se puede utilizar para la generación de energía. El know-how incorporado en este sector, así como el acceso a las tuberías, les da a las compañías de gas una ventaja de empuje en este nuevo negocio.

- **Innovaciones en Energías Renovables Variables**

IRENA ha investigado el panorama de innovaciones para facilitar la integración de altas cuotas de ERV. Las innovaciones se han categorizado en 30 tipos de innovación en cuatro dimensiones: tecnología habilitadora, modelo de negocio, diseño de mercado y operación del sistema (Agencia Internacional de las Energías Renovables - IRENA, 2019b).

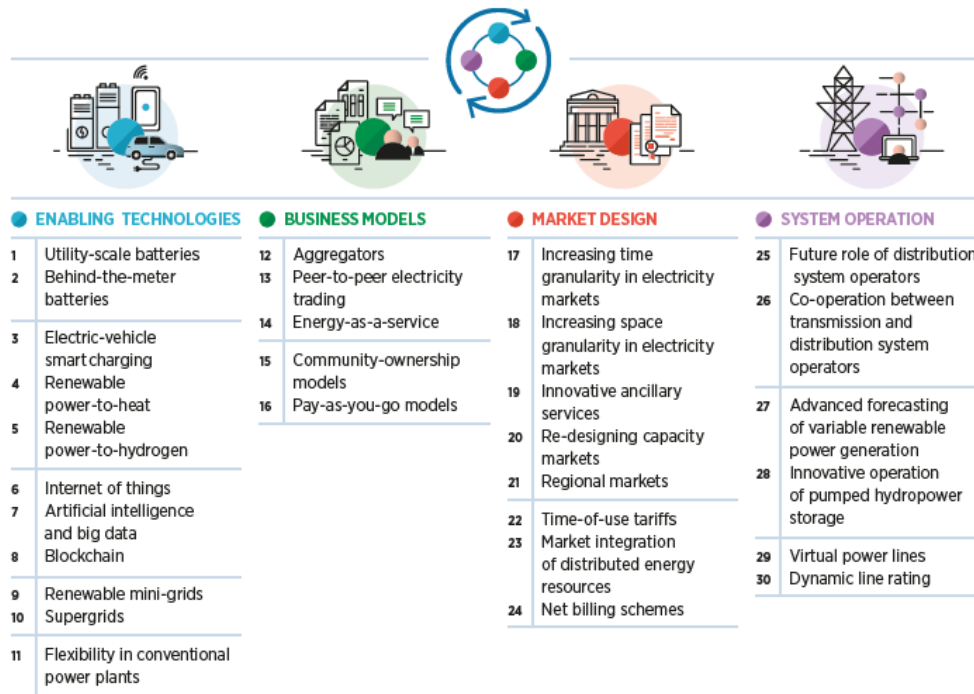






Ilustración 71. Panorama de las innovaciones en ERV

Fuente: (Agencia Internacional de las Energías Renovables - IRENA, 2019b)

El análisis también demuestra que están surgiendo innovaciones en cuatro dimensiones clave de los sistemas de energía del mundo:

- **Tecnologías habilitadoras:** tecnologías que desempeñan un papel clave para facilitar la integración de las energías renovables.
- **Modelos de negocios:** modelos innovadores que crean el caso de negocios para nuevos servicios, mejorando la flexibilidad del sistema e incentivando una mayor integración de las tecnologías de energía renovable.
- **Diseño de mercado:** nuevas estructuras de mercado y cambios en el marco regulatorio para fomentar la flexibilidad y los servicios de valor necesarios en un sistema de energía eléctrica basado en renovables, estimulando nuevas oportunidades de negocios.
- **Operación del sistema:** formas innovadoras de operar el sistema eléctrico, lo que permite la integración de mayores cuotas de generación de energía renovable variable.

Cuadro 13. Innovaciones y forma en que facilita la integración de la ERV en el sistema eléctrico

	OVERVIEW	INNOVATION BRIEFS
Enabling technologies 	<ul style="list-style-type: none"> Battery storage technologies, able to back up the variability of renewables and provide various services to the grid. 	<ol style="list-style-type: none"> Utility-scale batteries Behind-the-meter batteries
	<ul style="list-style-type: none"> Technologies that enable electrification of other sectors, opening doors to new markets for renewable generation as well as new ways to store the generation surplus. 	<ol style="list-style-type: none"> Electric-vehicle smart charging Renewable power-to-heat Renewable power-to-hydrogen
	<ul style="list-style-type: none"> Digital technologies that are introducing new applications in the power sector, changing the boundaries and dynamics of the industry and helping to optimise renewables assets. 	<ol style="list-style-type: none"> Internet of things Artificial intelligence and big data Blockchain
	<ul style="list-style-type: none"> New and smart grids, both large and small scale, that complement each other and enable new ways to manage VRE generation. 	<ol style="list-style-type: none"> Renewable mini-grids Supergrids
	<ul style="list-style-type: none"> Refurbishment of existing assets, to adapt to the new conditions and to the needs of the system. 	<ol style="list-style-type: none"> Flexibility in conventional power plants
Business models 	<ul style="list-style-type: none"> Business models that empower consumers, turning them into active participants. 	<ol style="list-style-type: none"> Aggregators Peer-to-peer electricity trading Energy-as-a-service
	<ul style="list-style-type: none"> Innovative schemes that enable renewable energy supply, in both off-grid and connected areas. 	<ol style="list-style-type: none"> Community-ownership models Pay-as-you-go models
Market design 	<ul style="list-style-type: none"> New regulations in the wholesale markets that encourage flexibility from market participants, better signal firming power supply's value, and properly remunerate their grid support services. 	<ol style="list-style-type: none"> Increasing time granularity in electricity markets Increasing space granularity in electricity markets Innovative ancillary services Re-designing capacity markets Regional markets
	<ul style="list-style-type: none"> Design and regulatory changes in the retail market that stimulate flexibility on the consumer / prosumer side. 	<ol style="list-style-type: none"> Time-of-use tariffs Market integration of distributed energy resources Net billing schemes
System operation 	<ul style="list-style-type: none"> Distributed generation deployment requires new ways of operating the distribution grid and market facilitation for distributed generation. 	<ol style="list-style-type: none"> Future role of distribution system operators Co-operation between transmission and distribution system operators
	<ul style="list-style-type: none"> New operation procedures that enhance electricity system flexibility. 	<ol style="list-style-type: none"> Advanced forecasting of variable renewable power generation Innovative operation of pumped hydropower storage
	<ul style="list-style-type: none"> New ways to operate the grid that reduce VRE curtailment due to grid congestion reducing the need to reinforce the grid. 	<ol style="list-style-type: none"> Virtual power lines Dynamic line rating

Fuente: (Agencia Internacional de las Energías Renovables - IRENA, 2019b)

6. Factores de cambio y mecanismos novedosos

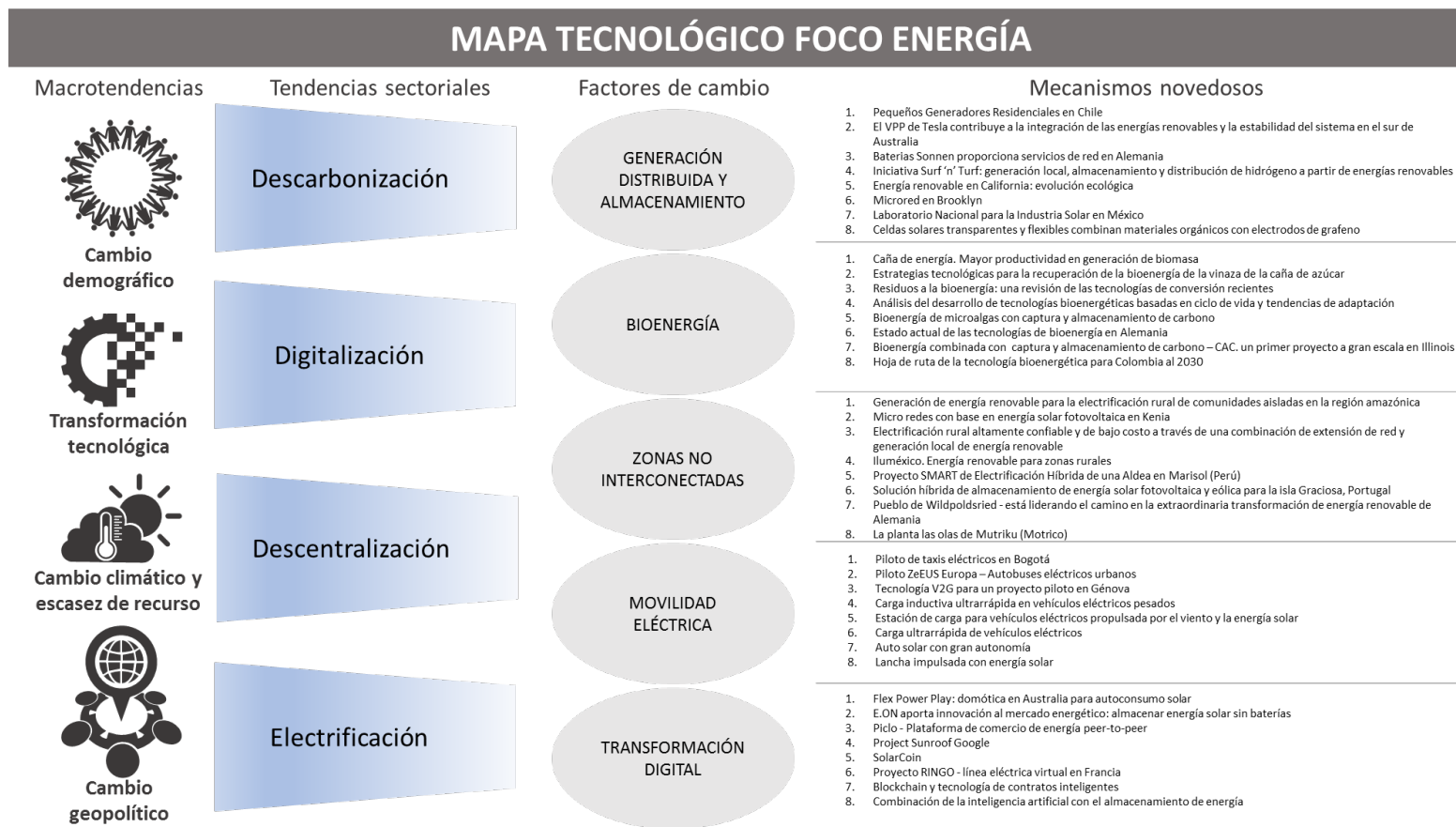
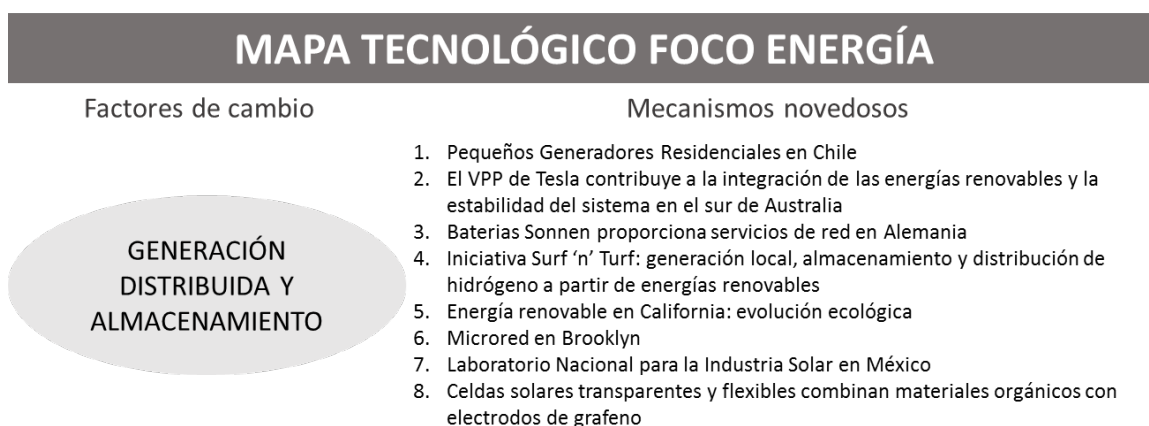


Ilustración 72. Mapa tecnológico del foco energía

Fuente: elaboración propia

6.1. Generación distribuida y almacenamiento



Cuadro 14. *Pequeños Generadores Residenciales en Chile*

NOMBRE MECANISMO	DEL	Pequeños Generadores Residenciales en Chile
AÑO		Chile
PAÍS		2014
DESCRIPCIÓN		<p>En la Ley 20.571, de Generación Distribuida, o Generación Ciudadana – o Ley de Netbilling, se han establecido procedimientos para la autogeneración de energía en base a Energías Renovables No Convencionales (ERNC) y Cogeneración Eficiente, los cuales han posibilitado a los usuarios vender sus excedentes a la distribuidora eléctrica a un precio regulado. Desde la introducción de la Ley 20.571 (Generación Distribuida - Netbilling) en 2014, se han instalado cerca de 11 MW.</p> <p>El desarrollo se ha concentrado, en número de proyectos, en la Región de Atacama con un 42%, mientras que en capacidad instalada se ha centrado en la Región Metropolitana, con un 31%</p> <p>La Región Metropolitana lidera la capacidad instalada. Sin embargo, durante el año 2016 y 2017 se han implementado un gran número de proyectos especialmente en la Región de Atacama, de Valparaíso y de Maule, en gran parte relacionado con los procesos de reconstrucción después de desastres naturales.</p>

NOMBRE
MECANISMO

DEL

Pequeños Generadores Residenciales en Chile

Con la excepción de un proyecto de Cogeneración Eficiente de 50 kW de potencia instalada, todos los sistemas de PGR declarados en el marco de la Ley 20.571 corresponden a Sistemas Fotovoltaicos, los cuales constituyen un 99,5% de la potencia total.

Del total de las instalaciones, cerca de 2,9 MW corresponden al **Programa de Techos Solares Públicos**, financiado por el Estado en un esfuerzo por “...contribuir a la maduración del mercado fotovoltaico para autoconsumo, a través de la adquisición, construcción y puesta en funcionamiento de sistemas fotovoltaicos en edificios públicos”. Adicionalmente, el Programa de Reconstrucción a través del Ministerio de Vivienda y Urbanismo, con el apoyo técnico del Ministerio de Energía ha asignado un subsidio a 2.668 familias de la Región de Atacama para la instalación de sistemas fotovoltaicos con el objetivo de impulsar dicha tecnología en viviendas con daños o reconstruidas por las catástrofes sufridas en el norte del país. Dicha iniciativa aumentará en cerca de 1,25 MW la capacidad instalada y, una vez finalizada la instalación, más de un 33% del total de las instalaciones habrá sido financiada por el estado.

Otro estímulo a la introducción de techos solares lo ha dado el programa “**Comuna Energética**”, el cual ha introducido, entre otras iniciativas que fomentan la generación distribuida, el concepto de aglomeración de demanda, a través del programa “**Techo 30+**” que fue iniciado en la comuna de Vitacura, y que se está replicando en varias partes del país en este momento, con el apoyo del Fondo de Inversión Estratégica del Gobierno.

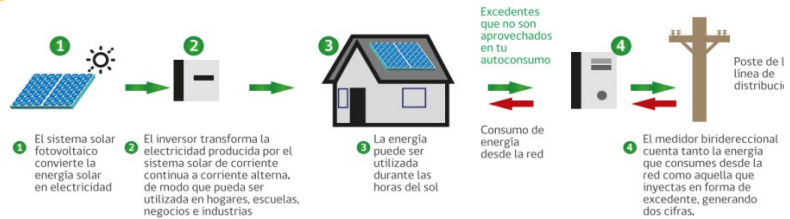
Este programa tiene como meta abastecer el 30% del consumo energético de la comuna con fuentes limpias y renovables a 2030- que impulsa la Instalación de paneles solares fotovoltaicos en techos residenciales a partir de la agregación de demanda y licitaciones privadas.

**NOMBRE
MECANISMO**

DEL

Pequeños Generadores Residenciales en Chile

Para ello la Fundación Chile identifica el territorio o comuna con potencial de demanda, llevan adelante el proceso de licitación con las empresas proveedoras de tecnología solar y negocian los permisos de inyección a la Red con la distribución eléctrica.



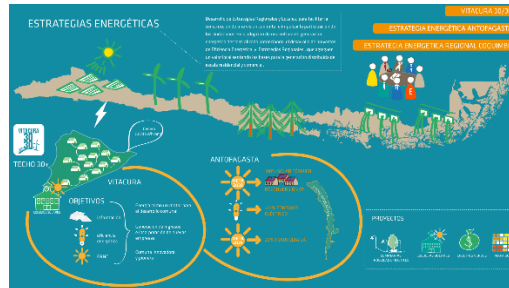
Ley para la Generación Distribuida (Ley 20.571). Ejemplo de funcionamiento de un sistema domiciliario fotovoltaico
Fuente: (Ministerio de Energía de Chile. División de energías renovables, 2017)

IMÁGENES



Ejemplo techos solares edificio público

Fuente: <http://www.minenergia.cl/techossolares/>



Techo 30+

Fuente: (Fundación Chile, s.f)

RECOMENDACIONES

Colombia tiene políticas y leyes (ejemplo: ley 1715 de 2014) que promueven el uso de las fuentes no convencionales de energía renovable (FNCER) y su integración al sistema eléctrico. Sin embargo, este tipo de casos como el chileno dan cuenta de lecciones aprendidas en otros países de la región latinoamericana, que potencialmente pueden ser consideradas en el departamento.

Claramente se refleja en los diferentes programas chilenos una intervención estatal en promover el uso energías

NOMBRE DEL MECANISMO	Pequeños Generadores Residenciales en Chile
	fotovoltaicas, facilitando el acceso a la energía en poblaciones vulnerables así como en la infraestructura pública, lo cual se puede dinamizar aún más en el Valle del Cauca. Importante rescatar que con ese tipo de iniciativas como la Techo 30+ se espera lograr precios estimados de energía fotovoltaica hasta un 25% más baratos que en el mercado, por tanto se podría considerar por parte de los actores del sistema eléctrico del departamento.
ENLACE DE CONSULTA	https://fch.cl/proyecto/sustentabilidad/techo-30/ http://futuroenergia.escenariosenergeticos.cl/wp-content/uploads/2018/06/Documento-base_31.05.18-1.pdf

Fuente: elaboración propia con base en (Escenarios Energéticos, 2018a); (Fundación Chile, s.f)

Cuadro 15. El VPP de Tesla contribuye a la integración de las energías renovables y la estabilidad del sistema en el sur de Australia

NOMBRE DEL MECANISMO	El VPP de Tesla contribuye a la integración de las energías renovables y la estabilidad del sistema en el sur de Australia
AÑO	2018
PAÍS	Australia
DESCRIPCIÓN	<p>Tesla propuso el desarrollo de un VPP de 250 MW, el más grande del mundo, para contribuir a estabilizar la infraestructura eléctrica del estado australiano y mejorar la seguridad y confiabilidad de la red en un área donde casi la mitad de la electricidad proviene de parques eólicos. La iniciativa comenzará con una prueba en 1.100 viviendas públicas.</p> <p>La tecnología involucra cuatro componentes clave:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se instalaron medidores inteligentes en cada hogar participante para ayudar a controlar la energía solar y la batería de la azotea, y para medir los flujos de energía; • Una red de sistemas solares fotovoltaicos en el techo instalados en viviendas públicas (sistema de paneles solares de 5 kW); • Almacenamiento de la batería instalada en una vivienda pública en el sur de Australia (batería Poweres 2 Tesla de 5 kW / 13.5 kWh); y • Un sistema informático para controlar el almacenamiento, el uso y la transferencia de energía renovable y almacenada a batería entre las casas y la

**NOMBRE DEL
MECANISMO**

El VPP de Tesla contribuye a la integración de las energías renovables y la estabilidad del sistema en el sur de Australia

red, para maximizar el valor para los clientes mientras se entregan servicios a la red cuando sea necesario.

El modelo de negocio es también una de las innovaciones. Los paneles y las baterías no tendrán cargo por adelantado para los hogares participantes. En su lugar, se financiará mediante la venta de electricidad y con fondos del gobierno. Los funcionarios otorgarán una subvención de AUD 2 millones (USD 1,6 millones), así como un préstamo de AUD 30 millones (USD 23,8 millones) de los Fondos de Tecnología Renovable del estado.

El impacto de una solución de este tipo sería considerable en términos de integración de energía renovable, con aproximadamente 130 MW de capacidad de generación solar fotovoltaica en el techo y 130 MW / 330 GWh de almacenamiento distribuido de baterías despachables. Esto se duplica aproximadamente si el despliegue se extiende a un número similar de clientes privados.

En términos de la flexibilidad agregada al sistema, la participación de 50.000 hogares en el programa agregaría 250 MW de capacidad máxima al sistema o, alternativamente, reduciría la demanda en la red central en 250 MW, liberando la capacidad de suministro a otros clientes.

En términos de reducción de costos, se estima que el precio mayorista en Australia Meridional se reducirá en alrededor de USD 3 / MWh para todos los clientes, con cada 50 MW adicionales de capacidad incorporados al sistema que de otra manera no estarían operando. Esto sugiere que si solo los clientes de vivienda pública participan en el acuerdo, la propuesta de Tesla podría reducir el precio mayorista en alrededor de AUD 8 / MWh, o aproximadamente AUD 90 millones por año, en todos los clientes del sur de Australia.

El ahorro sería aproximadamente el doble si el proyecto pudiera alcanzar su escala total de producción de 250 MW. Además, el gobierno también ha proporcionado estimaciones que muestran que podría reducir las facturas de electricidad de quienes se suscriben en un 30%.

El almacenamiento adicional, distribuido y despachable de la batería, que se agregará y administrará en un VPP, mejorará

<p>NOMBRE DEL MECANISMO</p>	<p>El VPP de Tesla contribuye a la integración de las energías renovables y la estabilidad del sistema en el sur de Australia</p>
	<p>la seguridad y la estabilidad del sistema. Por ejemplo, sobre la base del primer mes completo de transacciones en diciembre de 2018, la batería Tesla de 100 MW dio como resultado una reducción de alrededor del 75% en los costos que pagan los clientes por los servicios de control de frecuencia. Los resultados de VPP podrían ser similares (Frontier Economics en IRENA, 2019b)</p>
<p>IMÁGENES</p>	<div data-bbox="678 558 1305 911" data-label="Image"> </div> <p>Fuente: https://www.teslarati.com/tesla-virtual-power-plant-south-australia-second-phase/</p>
<p>RECOMENDACIONES</p>	<p>Es interesante esta iniciativa dado que demuestra la efectividad de integrar energía renovable al sistema, salvaguardado su seguridad y la estabilidad al contar con almacenamiento de energía provenientes de fuentes como el sol o el viento.</p> <p>Además este modelo demuestra una reducción en el costo de la energía, favoreciendo la economía de los hogares, no solo por la capacidad de los hogares de producir y almacenar su propia energía, sino porque la inversión inicial de la infraestructura requerida para ello es apalancada por terceros, facilitando la transición hacia un modelo de generación distribuida.</p>
<p>ENLACE DE CONSULTA</p>	<p>https://www.irena.org/publications/2019/Feb/Innovation-landscape-for-a-renewable-powered-future</p>

Fuente: elaboración propia con base en (Agencia Internacional de las Energías Renovables - IRENA, 2019b)

Cuadro 16. *Baterías Sonnen proporciona servicios de red en Alemania*

NOMBRE DEL MECANISMO	Baterías Sonnen ¹⁰ proporciona servicios de red en Alemania
AÑO	2015
PAÍS	Alemania
DESCRIPCIÓN	<p>El SonnenCommunity (comunidad de Sonnen) es un agregador en Alemania que consta de aproximadamente 10.000 clientes con almacenamiento de batería, generación de energía solar fotovoltaica o ambos. Lanzado en 2015, la comunidad de sonnen se utilizó principalmente para el intercambio entre pares dentro de la VPP (Central virtual en español); sin embargo, en el verano de 2017, el VPP estuvo disponible para la red eléctrica para proporcionar regulación de frecuencia. En comparación con otras alternativas, como el almacenamiento hidráulico por bombeo, este recurso de almacenamiento "virtual" distribuido puede reaccionar muy rápidamente (menos de un segundo), lo que lo convierte en un gran proveedor de servicios de frecuencia primaria.</p> <p>Una pequeña parte de este almacenamiento está disponible para la red eléctrica alemana. Por lo tanto, esto ayudaría a reducir la restricción del viento, al cargar las baterías de almacenamiento cuando hay un exceso de oferta. Esto reduce tanto la variabilidad en la generación renovable como los costosos requisitos de expansión de la red. Al recibir el pago de estos beneficios a través del mercado de respuesta de frecuencia, la comunidad de sonnen proporciona a los propietarios de baterías con electricidad "gratuita" a cambio. Dado que la batería solo se necesita esporádicamente, durante unos minutos a la semana, la disponibilidad, el rendimiento y la vida útil de la batería prácticamente no se ven afectados.</p> <p>En mayo de 2017, Sonnen se asoció con el operador de red alemán TenneT para lanzar el proyecto piloto Sonnen eServices. Este proyecto integró baterías en el sistema de energía a través de una solución blockchain (desarrollada por IBM). Las medidas de reenvío son necesarias en Alemania, donde la energía eólica producida en el norte no se puede transportar a los centros industriales en el sur del país. En este proyecto piloto, se pondrá a disposición una red de baterías solares residenciales para ayudar a reducir las limitaciones impuestas a la energía eólica en momentos de insuficiente</p>

¹⁰ Sonnen abrió sus puertas en 2010 con tan solo siete trabajadores y con una idea bien clara: crear unas baterías alternativas a la red eléctrica tradicional. Hoy en día, la empresa alemana ya cuenta con más de 300 empleados y ha vendido más de 12.000 de sus baterías en Alemania <https://muhimu.es/medio-ambiente/sonnen-electricidad-gratis/>.

**NOMBRE
MECANISMO**

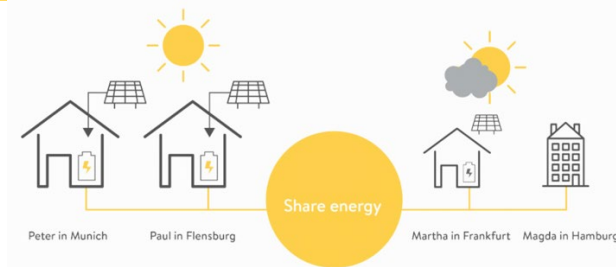
**DEL Baterías Sonnen¹⁰ proporciona servicios de red en
Alemania**

capacidad de transporte. En 2016, las medidas para gestionar la congestión de la red costaron a Alemania alrededor de 800 millones de euros, una gran parte de los cuales se destinaron a la reducción del viento (Gray Cells Energy en IRENA, 2019b).

El blockchain presenta al operador de TenneT con una vista del conjunto de flexibilidad disponible, listo para ser activado con solo presionar un botón. Después de esto, el blockchain registra la contribución de las baterías. La tecnología Blockchain podría ser un habilitador crucial para documentar, verificar y asegurar transacciones dentro de un futuro sistema de energía compuesto por millones de fuentes de energía pequeñas y descentralizadas, que incluyen tanto a consumidores como a consumidores.

La plataforma está diseñada para garantizar la verificabilidad y la transparencia de las transacciones realizadas por las baterías de pequeña escala. Simplifica la forma en que los proveedores de energía flexible distribuida localmente pueden proporcionar servicios para apoyar a los operadores de la red eléctrica en el futuro. También se está probando para garantizar que cumpla con los requisitos de TenneT para seguridad de datos, acceso restringido y privacidad (TenneT, en IRENA, 2019b).

IMÁGENES



La red colaborativa de Sonnen



La batería de Sonnen

Fuente: <https://muhimu.es/medio-ambiente/sonnen-electricidad-gratis/>

RECOMENDACIONES

Es importante considerar este tipo de desarrollos dado que demuestran la efectividad de la creación y el sostenimiento de

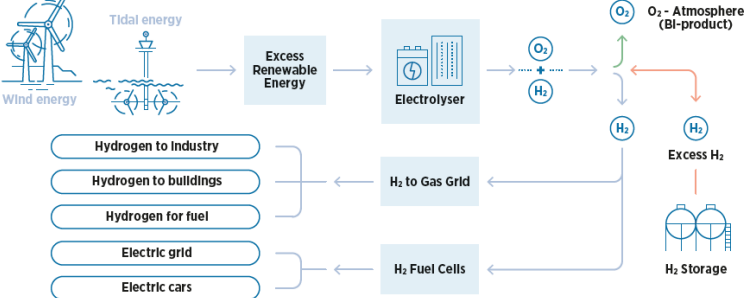

NOMBRE DEL MECANISMO	Baterías Sonnen¹⁰ proporciona servicios de red en Alemania
	<p>comunidades organizadas como mercados p2p (peer to peer / red entre iguales/red punto a punto)</p> <p>Al respecto aunque los usuarios, de forma individual, no equilibraban producción y consumo, todos en conjunto sí logran hacerlo sin ningún esfuerzo, con base en un concepto de integración de recursos y soportados en TIC para producir y compartir energía renovable asumiendo un nuevo rol dentro del sistema energético.</p> <p>Adicionalmente se observa cómo se democratiza el acceso a la energía, con este tipo de modelo lo cual puede ser empleado en zonas no interconectadas en el departamento mejorando su calidad de vida.</p>
ENLACE DE CONSULTA	<p>https://muhimu.es/medio-ambiente/sonnen-electricidad-gratis/</p> <p>https://www.irena.org/publications/2019/Feb/Innovation-landscape-for-a-renewable-powered-future</p>

Fuente: elaboración propia con base en (Agencia Internacional de las Energías Renovables - IRENA, 2019b); (Noguiera, 2017)

Cuadro 17. Iniciativa Surf 'n' Turf: generación local, almacenamiento y distribución de hidrógeno a partir de energías renovables

NOMBRE DEL MECANISMO	Iniciativa Surf 'n' Turf: generación local, almacenamiento y distribución de hidrógeno a partir de energías renovables.
AÑO	Reino Unido (Escocia)
PAÍS	2018
DESCRIPCIÓN	<p>La iniciativa Surf 'n' Turf utiliza la energía generada por la energía de las mareas y el viento producida en la isla de Eday¹¹, Orkney. Eday es el hogar de 150 personas que colectivamente poseen una turbina eólica de 900 kW que fue vulnerable a la restricción por varias razones, incluida la falta de infraestructura de red. Ahora, la iniciativa Surf 'n' Turf convierte el exceso de energía de viento y marea para producir hidrógeno a través de un electrolizador de 500 kW en Eday. En Kirkwall (la capital de Orkney) se están desarrollando sistemas para utilizar el hidrógeno producido, que se transporta desde Eday a través de barcos (Surf 'n' Turf Initiative en IRENA, 2019b). El hidrógeno se puede utilizar durante emergencias en industrias y hogares, o durante temporadas de escasez cuando la generación de energía renovable es baja.</p>


¹¹ Eday es una isla localizada en el archipiélago de las islas Órcadas, en Escocia.

NOMBRE MECANISMO	DEL Iniciativa Surf ‘n’ Turf: generación local, almacenamiento y distribución de hidrógeno a partir de energías renovables.
	<p>Más tarde, se agregó otro electrolizador de 1 MW en la isla de Shapinsay, que también transportaba hidrógeno a Kirkwall. Sobre esta base, se está iniciando el proyecto BIG HIT que se espera demuestre que las Islas Orcadas de Escocia tienen un modelo replicable y que el hidrógeno se puede utilizar como un medio local flexible para el almacenamiento de energía. (BIG HIT en IRENA, 2019b).</p>
IMÁGENES	 <p style="text-align: center;">Estructura de la iniciativa Surf ‘n’ Turf</p> <p style="text-align: center;">Fuente: (Agencia Internacional de las Energías Renovables - IRENA, 2019b)</p>  <p style="text-align: center;">Unidades de almacenamiento de hidrógeno junto al ferry local</p> <p style="text-align: center;">Fuente: http://www.interempresas.net/Energia/Articulos/197097-Energia-limpia-para-las-islas-escocesas-de-Orkney-con-Surf'n'Turf.html</p>
RECOMENDACIONES	<p>Se demuestra con este proyecto que hidrógeno es una alternativa real y limpia perfectamente utilizable. Por tanto su almacenamiento podría utilizarse para suplir la demanda de energía cuando ocurran eventos adversos que afecten el sistema de energía. En ese sentido el hidrogeno tiene múltiples propósitos que incluyen la producción de energía auxiliar, el calor para los barcos, el abastecimiento de combustible para una flota de vehículos livianos de rango extendido de hidrógeno.</p>
ENLACE CONSULTA	DE https://www.irena.org/publications/2019/Feb/Innovation-landscape-for-a-renewable-powered-future

Fuente: elaboración propia con base en (Agencia Internacional de las Energías Renovables - IRENA, 2019b)

Cuadro 18. *Energía renovable en California: evolución ecológica*

NOMBRE MECANISMO	DEL Energía renovable en California: evolución ecológica
AÑO	2002 - 2030
PAÍS	Estados Unidos
DESCRIPCIÓN	<p>Como parte de la solución de flexibilidad del sistema eléctrico, California ha promulgado políticas para lograr un objetivo de 1.325 GW de adquisición de almacenamiento para fines de 2020, en la red de transmisión y distribución y en el lado del cliente. Cuatro proyectos de almacenamiento de energía de Pacific Gas & Electric fueron aprobados por la Comisión de Servicios Públicos de California en noviembre de 2018, con un total de 567 MW / 2 270 megavatios hora (MWh) de almacenamiento (Bade en IRENA, 2019b), el mayor contrato de almacenamiento a nivel mundial hasta la fecha.</p> <p>De acuerdo con el programa con Renewable Portfolio Standard (RPS), el ambicioso programa con el cual el Estado gestiona su “go Green” (“evolución ecológica”), las fuentes renovables tenían que satisfacer el 50% del consumo eléctrico de California antes de 2030. Un resultado que ocasionaría un ahorro de 51.000 millones de dólares al año para los ciudadanos (de acuerdo con los datos de Strategen Consulting). Pero las compañías eléctricas presentes en el país van tan rápido que ya han sobrepasado la cantidad de energía generada con fuentes renovables planteada para 2016, equivalente al 25%, y en algunos casos superando el 30% o el 40%. A este ritmo, ya en 2020, el Estado podría utilizar energía sostenible por el 50% de sus necesidades, superando el objetivo requerido del 33%, e incluso podría alcanzar el objetivo del 100% de energía generada por fuentes renovables antes de 2045, el año emblemático de la “misión cumplida”.</p> <p>Eso supone un auténtico salto adelante. Para el 2010 las fuentes renovables representaban el 15% del total, mientras que ahora representan el 29% del mix eléctrico, impulsadas sobre todo por las energías solar (52%) y eólica (29%), de acuerdo con el gestor de la red California ISO. Y, a todo esto, se añaden una reducción constante de las emisiones, que se persigue desde 2008, y una innovación tecnológica significativa. Efectivamente, el informe del Renewable Portfolio Standard pone de manifiesto que el precio medio para comprar energía al por mayor de una central solar ha pasado de 135,90 dólares por megavatio/hora en 2008 a 29 dólares por megavatio/hora en 2016, lo que</p>

NOMBRE DEL MECANISMO	Energía renovable en California: evolución ecológica
	supone una disminución del 77%. Lo mismo ha ocurrido con la energía eólica, donde el precio ha pasado de unos 97 dólares a menos de 51 dólares, lo que supone una baja del 47%.
IMÁGENES	 <p data-bbox="873 699 1105 726">Fuente: (Enel, 2018)</p>
RECOMENDACIONES	<p data-bbox="597 726 1383 1020">Esta apuesta de California como un paraíso ecológico como ese denominado en algunas instancias, es una fiel evidencia de la intervención de las políticas públicas para direccionar el desarrollo del sector energético de manera sostenible beneficiando a los diferentes actores de la cadena, con apoyo de inversión privada para acelerar la integración de energía renovables al sistema eléctrico, la autosuficiencia energética y la disminución de huella de carbono.</p> <p data-bbox="597 1062 1383 1241">Demuestra que la generación distribuida y el almacenamiento de energía renovable son una tendencia emergente que está direccionando el sector, disminuyendo el costo de acceso a la energía renovable y garantizando el acceso continuo a este recurso.</p> <p data-bbox="597 1241 1383 1608">Al respecto en el Valle del Cauca ya se han dado algunos desarrollos con respecto al uso de la energía fotovoltaica en residencias y edificios bajo el concepto de generación distribuida, sin embargo, aún queda un largo trayecto por recorrer para lograr una eficiencia en la integración de los excedentes de energía renovable al sistema eléctrico y más aun con el tema del almacenamiento que aún es incipiente en el departamento. Por lo cual este caso de California sirve de referente, considerando lógicamente el contexto de cada región.</p>
ENLACE DE CONSULTA	<p data-bbox="597 1608 1383 1749"> https://www.enel.com/es/historias/a/2018/12/energia-renovable-california-innovacion-proteccion-ambiental https://www.irena.org/publications/2019/Feb/Innovation-landscape-for-a-renewable-powered-future </p>

Fuente: elaboración propia con base en (Enel, 2018); (Agencia Internacional de las Energías Renovables - IRENA, 2019b)

Cuadro 19. Microred en Brooklyn

NOMBRE DEL MECANISMO	DEL <i>Microred en Brooklyn</i>
AÑO	2017
PAÍS	Estados Unidos
DESCRIPCIÓN	<p>Brooklyn Microgrid, desarrollada por la start-up LO3 Energy con sede en Nueva York, es una microred con tecnología de cadena de bloques (Blockchain) que inicialmente pretende ser una “microrred virtual” que opera sobre los cables existentes y, eventualmente, incluirá la resistencia física. Los residentes y negocios que producen electricidad localmente pueden vender su excedente a una red que está conectada a otros participantes del vecindario. La microrred tiene la función de interconectar a los usuarios de una manera confiable, ya sea utilizando la red de red principal o utilizando una red comunitaria privada, si está disponible.</p> <p>Por lo tanto, la plataforma permite transacciones punto a punto (<i>peer-to-peer</i>) que aprovechen la cadena de bloques. El software registra y da cuenta de cada unidad de energía producida por los sistemas de energía de los miembros. Una aplicación de Smart Contracts hace que las unidades excedentes de energía estén disponibles en el mercado de TransActive Grid y sean compradas y vendidas por miembros de la comunidad local, con pagos a través de sus facturas de servicios públicos. La fijación de precios en estos contratos se basa en el mercado y se basa en la curva de oferta y demanda. Los vendedores disponen de una cantidad fluctuante de oferta, mientras que los productores fijan el precio de oferta y el comercio representa una coincidencia entre los dos. Los prosumidores (productores y consumidores) también pueden tratar con proveedores típicos si su oferta no es lo suficientemente alta para obtener energía local y limpia. La instalación actual cubre más de 50 participantes en Brooklyn.</p>
IMÁGENES	 <p>Fuente: https://www.smartgridsinfo.es/2017/01/26/brooklyn-microgrid-microrred-tecnologia-blockchain-energia-fotovoltaica</p>
RECOMENDACIONES	<p>En el Valle del Cauca se han dado adelantos en la implementación de recursos energéticos distribuidos, sin embargo, este tipo de iniciativas sirven de referentes para</p>

NOMBRE DEL MECANISMO	DEL <i>Microred en Brooklyn</i>
	implementar microredes en el departamento y con ello incrementar la energía generada de forma limpia y renovable en la comunidad por los vecinos, desarrollar una red de recursos energéticos distribuidos que mejorará la resiliencia y eficiencia de la red eléctrica, gestionar estos recursos energéticos distribuidos durante apagones por cortes de suministro eléctrico y situaciones de emergencia para proteger la comunidad y economía local, y crear incentivos financieros y modelos de negocio que potencien la inversión comunitaria en su energía del futuro, creando puestos de trabajo que incrementen la economía local.
ENLACE DE CONSULTA	https://www.smartgridsinfo.es/2017/01/26/brooklyn-microgrid-microrred-tecnologia-blockchain-energia-fotovoltaica https://www.irena.org/publications/2019/Feb/Innovation-landscape-for-a-renewable-powered-future

Fuente: elaboración propia con base en (Agencia Internacional de las Energías Renovables - IRENA, 2019b); (SMARTGRIDSINFO, 2017)

Cuadro 20. *Laboratorio Nacional para la Industria Solar en México*

NOMBRE DEL MECANISMO	DEL Laboratorio Nacional para la Industria Solar en México
AÑO	2019
PAÍS	México
DESCRIPCIÓN	<p>El nuevo Laboratorio Nacional para la Industria Solar es uno de los proyectos más ambiciosos a nivel nacional y este se encuentra actualmente en desarrollo por parte de Solarever Tecnología de América¹² en conjunto con varias universidades de México.</p> <p>El objetivo de este laboratorio de investigación de tecnología fotovoltaica se enfoca principalmente en el desarrollo de pruebas mecánicas y eléctricas de paneles solares, así como la creación de nuevos materiales, tecnología solar y aplicaciones para la Generación Solar Distribuida, por lo que pretenden consolidarlo como el mejor no sólo en México sino también en Latinoamérica.</p>

¹² Nota: Solarever es una empresa 100% mexicana y de clase mundial, líder en el desarrollo, fabricación y distribución de paneles solares que van desde proyectos residenciales hasta granjas solares. Sus instalaciones se encuentran en Tepeji del Río, Hidalgo. Recuperado de <https://energialimpiaparatodos.com/2019/05/13/cambios-ecologicos-mexico-solar-prensa/>

NOMBRE DEL MECANISMO	DEL Laboratorio Nacional para la Industria Solar en México
	<p>La propuesta del laboratorio también tiene como finalidad fortalecer y crear en conjunto con las universidades programas de estudios más sólidos para que los estudiantes adquieran mayor capacidad para desarrollar proyectos de investigación.</p> <p>En México cada vez más universidades como la Universidad Nacional Autónoma de México y otras instituciones están ofreciendo licenciaturas enfocadas en Energías y Energías Renovables, por ello, es trascendente comenzar a generar más datos prácticos para los alumnos, tener un sustento con tecnología de punta y generar nuevas aplicaciones industriales, sin olvidar que es necesario resolver las necesidades del mercado.</p>
IMÁGENES	 <p>https://solarever.com.mx/sobre-nosotros/</p>
RECOMENDACIONES	<p>Este tipo de desarrollos es un buen ejemplo de la integración de recursos y capacidades de la empresa privada y la academia en torno al crecimiento de nuevos proyectos solares con el fin de dar acelerar la curva de aprendizaje en este subsector, lo cual redundaría en un proceso de sustitución de importaciones de paneles solares, la generación de masa crítica de profesionales especializados y el aumento del uso de este tipo de energías en el departamento.</p>
ENLACE DE CONSULTA	<p>https://www.pv-magazine-mexico.com/2019/05/09/laboratorio-nacional-para-la-industria-solar-en-tepeji-del-rio/</p>

Fuente: elaboración propia con base en (PV Magazine, 2019)

Cuadro 21. *Celdas solares transparentes y flexibles combinan materiales orgánicos con electrodos de grafeno*

NOMBRE DEL MECANISMO	Celdas solares transparentes y flexibles combinan materiales orgánicos con electrodos de grafeno
AÑO	2017
PAÍS	Estados Unidos
DESCRIPCIÓN	<p>Un futuro en el que las células solares estén a nuestro alrededor: en ventanas y paredes, teléfonos celulares, computadoras portátiles y más podrá estar más próximo.</p> <p>Una nueva célula solar flexible y transparente desarrollada en MIT acerca un futuro en el que las células solares estén en el entorno: en ventanas y paredes, teléfonos celulares, computadoras portátiles</p> <p>El dispositivo combina materiales orgánicos (que contienen carbono) de bajo costo con electrodos de grafeno, un material flexible y transparente hecho de fuentes de carbono económicas y abundantes. Este avance en la tecnología solar fue posible gracias a un nuevo método para mover una capa de grafeno de un átomo de espesor a la célula solar, sin dañar los materiales orgánicos sensibles cercanos. Hasta ahora, los desarrolladores de células solares transparentes se han basado típicamente en electrodos caros y quebradizos que tienden a agrietarse cuando el dispositivo se flexiona. La capacidad de usar grafeno en su lugar está haciendo posible realmente flexible, de bajo costo.</p> <p>Los investigadores ahora están trabajando para mejorar la eficiencia de sus células solares orgánicas basadas en grafeno sin sacrificar la transparencia. (El aumento de la cantidad de área activa elevaría el PCE, pero la transparencia disminuiría). Según sus cálculos, el PCE teórico máximo alcanzable en su nivel actual de transparencia es del 10%. Ahora también están considerando cómo escalar mejor sus células solares en los dispositivos de gran área necesarios para cubrir ventanas y paredes enteras, donde podrían generar energía de manera eficiente y permanecer invisibles para el ojo humano.</p>

NOMBRE DEL MECANISMO	Celdas solares transparentes y flexibles combinan materiales orgánicos con electrodos de grafeno
IMÁGENES	 <p data-bbox="646 638 1344 758">En este dispositivo, la célula solar es la región transparente en el centro. Alrededor de sus bordes hay contactos metálicos donde se pueden conectar sondas durante las pruebas de rendimiento del dispositivo</p>
RECOMENDACIONES	<p data-bbox="597 764 1383 1014">Para el Valle del Cauca este tipo de tecnologías en un futuro próximo cuando logren un mayor grado de madurez y comercialización masiva podrían potencialmente ser empleadas en procura de aumentar el uso de energías fotovoltaicas en los hogares y edificios. Representan de este modo otras alternativas de captura energía solar, diferentes a las ya existentes en el departamento.</p>
ENLACE DE CONSULTA	<p data-bbox="597 1020 1357 1089">http://energy.mit.edu/news/transparent-flexible-solar-cells-combine-organic-materials-graphene-electrodes/</p>

Fuente: elaboración propia con base en (Instituto de Tecnología de Massachusetts, 2017)

6.2. Bioenergía

MAPA TECNOLÓGICO FOCO ENERGÍA

Factores de cambio

Mecanismos novedosos





BIOENERGÍA

1. Caña de energía. Mayor productividad en generación de biomasa
2. Estrategias tecnológicas para la recuperación de la bioenergía de la vinaza de la caña de azúcar
3. Residuos a la bioenergía: una revisión de las tecnologías de conversión recientes
4. Análisis del desarrollo de tecnologías bioenergéticas basadas en ciclo de vida y tendencias de adaptación
5. Bioenergía de microalgas con captura y almacenamiento de carbono
6. Estado actual de las tecnologías de bioenergía en Alemania
7. Bioenergía combinada con captura y almacenamiento de carbono – CAC. un primer proyecto a gran escala en Illinois
8. Hoja de ruta de la tecnología bioenergética para Colombia al 2030

Cuadro 22. *Caña de energía. Mayor productividad en generación de biomasa*

NOMBRE DEL MECANISMO	Caña de energía. Mayor productividad en generación de biomasa
AÑO	2019
PAÍS	Brasil
DESCRIPCIÓN	<p>Brasil fue el primer país en utilizar bioetanol en grandes volúmenes, aún en los años 70, para hacer frente a la crisis del petróleo. El desarrollo de vehículos propulsados por etanol incluyó el biocombustible definitivamente en la matriz energética brasileña, asegurando su demanda. Para aumentar la producción de etanol, se ha desarrollado una nueva variedad de caña, la caña energética, que potencialmente puede triplicar la productividad de la biomasa por hectárea y reducir los costos de producción.</p> <p>Como la mayor parte del azúcar producida por la energía de la caña es insoluble, se han instalado plantas de segunda generación en Brasil, y hoy en día la tecnología se encuentra en una fase de consolidación. Para aumentar la estabilidad del mercado de biocombustibles y para asistir a la Contribución determinada a nivel nacional en la COP21, Brasil creó RenovaBio, un programa mediante el cual los productores de biocombustibles reciben títulos financieros, los CBIO, en la proporción del volumen y la eficiencia de la producción de biocombustibles, y bajo la condición de respetar la legislación ambiental.</p> <p>Los distribuidores de combustibles tendrán la obligación de comprar CBIO para compensar las emisiones más allá de sus</p>

NOMBRE DEL MECANISMO	Caña de energía. Mayor productividad en generación de biomasa																								
	<p>mandatos, pero los CBIO también estarán disponibles para cualquier inversionista interesado, con un potencial significativo para una fuerte apreciación. Como resultado, la expectativa es tener un aumento sustancial en la producción sostenible de biocombustibles, principalmente etanol, que podría convertirse en un producto mundial para abastecer a los mercados internacionales en el mundo de la bioeconomía.</p> <p>Comparación entre caña de azúcar y caña de energía.</p> <table border="1" data-bbox="574 632 1328 890"> <thead> <tr> <th></th> <th>Sugarcane</th> <th>Energy Cane^b</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Fiber</td> <td>17.4%</td> <td>270%</td> </tr> <tr> <td>Total sugars</td> <td>12.6%</td> <td>8.5%</td> </tr> <tr> <td>Productivity (tonne/ha)^a</td> <td>92</td> <td>180</td> </tr> <tr> <td>Genetic gain (per year)</td> <td>2%</td> <td>5%</td> </tr> <tr> <td>Use of fertilizers</td> <td>High</td> <td>Medium</td> </tr> <tr> <td>Biotic and abiotic stress resistance</td> <td>Low</td> <td>Medium</td> </tr> <tr> <td>Number of harvests</td> <td>5</td> <td>10</td> </tr> </tbody> </table> <p>Fuente.: GranBio Inversiones S.A. en Grassi & G.A.G, (2019)</p> <p>Con respecto a la productividad, las variedades de caña de energía disponibles comercialmente, que aún tienen un alto potencial de ganancia genética a través de la reproducción (aproximadamente el 5% por año), ya son capaces de producir 2–3 veces más que la caña de azúcar, aproximadamente 180 t / ha, con un costo de producción que es la mitad que uno considerado para las variedades comerciales de caña de azúcar</p>		Sugarcane	Energy Cane ^b	Fiber	17.4%	270%	Total sugars	12.6%	8.5%	Productivity (tonne/ha) ^a	92	180	Genetic gain (per year)	2%	5%	Use of fertilizers	High	Medium	Biotic and abiotic stress resistance	Low	Medium	Number of harvests	5	10
	Sugarcane	Energy Cane ^b																							
Fiber	17.4%	270%																							
Total sugars	12.6%	8.5%																							
Productivity (tonne/ha) ^a	92	180																							
Genetic gain (per year)	2%	5%																							
Use of fertilizers	High	Medium																							
Biotic and abiotic stress resistance	Low	Medium																							
Number of harvests	5	10																							
IMÁGENES	<p>A </p> <p>B </p> <p>Comparación entre la caña de energía y la caña de azúcar.</p> <p>En A, 5 variedades de caña energética cultivadas lado a lado con una variedad superior de caña de azúcar (la cuarta, de izquierda a derecha), a los 7 meses de edad.</p> <p>En B, comparación del sistema de raíces de las plantas con aproximadamente 6 meses de crecimiento. A la izquierda, caña de azúcar. A la derecha, caña de energía.</p>																								
RECOMENDACIONES	Este tipo de iniciativas sirven de referentes para el sector agroindustrial de la caña del Valle del Cauca, toda vez que																								

NOMBRE DEL MECANISMO	Caña de energía. Mayor productividad en generación de biomasa
	representa una oportunidad de incrementar los volúmenes de producción de biomasa disponible y a su vez diversificar posiblemente los productos que resultan de su transformación.
ENLACE DE CONSULTA	https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926669018310586

Fuente: elaboración propia con base en (Grassi & G.A.G, 2019)

Cuadro 23. Estrategias tecnológicas para la recuperación de la bioenergía de la vinaza de la caña de azúcar

NOMBRE DEL MECANISMO	Diversificación de las estrategias tecnológicas para recuperar la bioenergía a partir de la digestión anaeróbica en dos fases de la vinaza de la caña de azúcar: un enfoque tecnoeconómico y ambiental integrado
AÑO	2018
PAÍS	Brasil
DESCRIPCIÓN	<p>Los aspectos técnicos, económicos y ambientales de la implementación de la digestión anaeróbica (EA) de dos fases, es decir, los sistemas metogénicos acidogénicos β, en las biorrefinerías de caña de azúcar para el tratamiento de la vinaza se evaluaron en este estudio en función de diferentes estrategias para utilizar el biogás rico en hidrógeno (biogás-H₂) generados a través de la acidogénesis</p> <p>La separación de fases mejoró en gran medida la bioenergía recuperada de la vinaza AD en comparación con los sistemas monofásicos (fase metanogénica exclusivamente). Los mejores resultados para generar energía eléctrica se observaron en las plantas de energía de ciclo combinado que utilizaron bioitano (10.8 MW β 5.5 MW para la cosecha y entre las cosechas, respectivamente), que es el biocombustible gaseoso de la mezcla de biogás H₂ con la corriente rica en metano de la fase metanogénica (biogás-CH₄).</p> <p>Además, los resultados de este estudio indicaron que la ampliación de los sistemas de AD de dos fases es económicamente viable para el tratamiento de la vinaza de caña de azúcar (valor actual neto $\frac{1}{4}$ USD 208.58e219.86 millones) porque se logró un rendimiento económico mejor o equivalente en comparación con el proceso de una sola fase. La optimización de la alcalinización de los reactores metanogénicos afectó fuertemente el rendimiento económico y ambiental del proceso, y se observaron mejores resultados con el uso de dosis bajas de hidróxido de sodio (4 g de NaOH kg⁻¹ DQO).</p>

NOMBRE DEL MECANISMO	Diversificación de las estrategias tecnológicas para recuperar la bioenergía a partir de la digestión anaeróbica en dos fases de la vinaza de la caña de azúcar: un enfoque tecnoeconómico y ambiental integrado
	<p>De este estudio se pueden extraer las siguientes conclusiones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • La biodigestión de la vinaza con separación de fases mejora en gran medida la generación de energía eléctrica (20e30% en comparación con los esquemas monofásicos) sin afectar la rentabilidad de la biorrefinería de caña de azúcar, dependiendo de la estrategia de alcalinización; • La optimización de la alcalinización de los sistemas metanogénicos caracteriza un factor determinante para mejorar el rendimiento económico y ambiental de las plantas de AD al reducir los costos operativos y los riesgos asociados a la toxicidad humana y la eutrofización del agua dulce; • La generación de energía eléctrica mejorada puede representar una opción más atractiva para las destilerías en comparación con la energía térmica, ya que más del 50% de la energía eléctrica exportada a la red podría lograrse en plantas de energía de AD con un ciclo combinado; y, • La implementación de plantas AD a gran escala para tratar la caña de azúcar vinaza debe facilitarse mediante el uso de mecanismos que estimulen sistemas más eficientes con respecto a la producción de energía eléctrica y las reducciones de la carga contaminante, como subsidios para reducir los costos de inversión y aumentar los ingresos a través de la bioenergía

NOMBRE DEL MECANISMO	Diversificación de las estrategias tecnológicas para recuperar la bioenergía a partir de la digestión anaeróbica en dos fases de la vinaza de la caña de azúcar: un enfoque tecnoeconómico y ambiental integrado
IMÁGENES	<p style="text-align: center;">Digestión anaeróbica (EA) de dos fases</p>
RECOMENDACIONES	<p>Este estudio podría ser gran interés para el sector agroindustrial de la caña para el aprovechamiento energético de la vinaza resultante de sus procesos productivos, al demostrar que la biodigestión en dos fases puede mejorar la producción de energía de vinaza en un 20-30% sin perjudicar la rentabilidad de la biorrefinería y podría llevar a pequeñas mejoras en el desempeño ambiental de la cadena de producción de etanol mediante el uso de una estrategia de alcalinización optimizada.</p>
ENLACE DE CONSULTA	https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960148118301393

Fuente: elaboración propia con base en (Fuess et al., 2018)

Cuadro 24. Residuos a la bioenergía: una revisión de las tecnologías de conversión recientes

NOMBRE DEL MECANISMO	Residuos a la bioenergía: una revisión de las tecnologías de conversión recientes
AÑO	2019
PAÍS	Malasia
DESCRIPCIÓN	El estudio se centra en las tecnologías de conversión para transformar los residuos y desechos de biomasa en

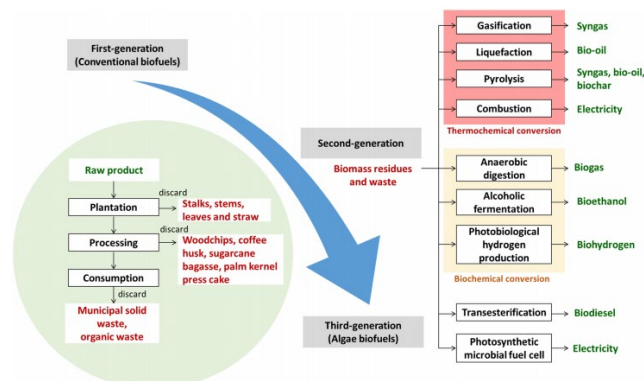
NOMBRE DEL MECANISMO DEL **Residuos a la bioenergía: una revisión de las tecnologías de conversión recientes**

biocombustibles, específicamente se abordan sus conceptos tecnológicos, opciones y perspectivas de implementación.

Se evalúan los desarrollos emergentes en las dos vías de conversión primarias, a saber, las técnicas de conversión termoquímica (es decir, gasificación, licuefacción y pirólisis) y bioquímica (es decir, digestión anaeróbica, fermentación alcohólica y producción fotobiológica de hidrógeno). Además, se discute la transesterificación, que parece ser la ruta más simple y económica para producir biodiesel en grandes cantidades. Por último, se revisan las estrategias para la conversión directa de residuos de biomasa y desechos a bioelectricidad, incluido el uso de la combustión y las celdas de combustible microbiano.

Se concluye que los residuos y desechos de biomasa se pueden convertir en combustibles para el transporte y bioelectricidad mediante técnicas de transesterificación, termoquímicas y bioquímicas. La elección de la tecnología de proceso depende del producto final deseado y de las materias primas. En general, la tecnología termoquímica que emplea calor térmico puede no ser sensible a la composición de los residuos de biomasa en comparación con las estrategias bioquímicas para la producción de biocombustibles. Sin embargo, la producción de biocombustibles a partir de residuos de biomasa todavía se considera más robusta en el manejo de materiales, el transporte y la tecnología de conversión, en comparación con los biocombustibles basados en cultivos alimentarios tradicionales. Aun así, los estudios de investigación en curso se dedican a llenar las insuficiencias de las tecnologías existentes y mejorar la eficiencia y la economía de las tecnologías de producción empleadas.

IMÁGENES

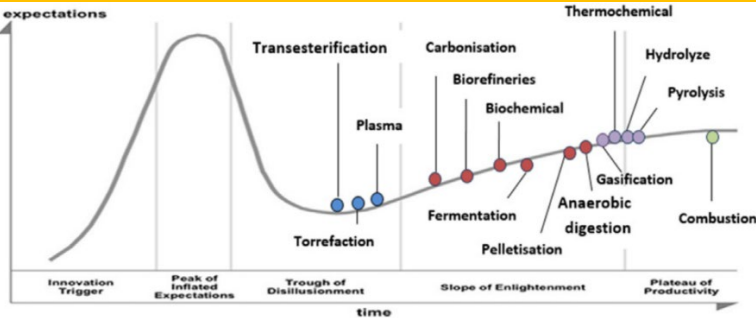


NOMBRE DEL MECANISMO	Residuos a la bioenergía: una revisión de las tecnologías de conversión recientes
	Diagrama del desarrollo de la generación de biocombustibles con aspectos destacados de los biocombustibles de segunda generación producidos por residuos y residuos de biomasa y sus vías de conversión para producir una amplia variedad de bioenergía
RECOMENDACIONES	Las industrias locales pueden retomar este tipo de estudio para reconocer tendencias en el uso de diferentes tipo de biomasas y las tecnologías asociadas para transformarlas en bioenergía, se destacan del estudio las siguientes biomasas que se están investigando a nivel mundial: astillas de pino, chips de eucalipto y cáscara de café, paja de arroz, microalgas (<i>Nannochloropsis</i> sp, <i>Chlorella</i> sp, <i>Chlamydomonas reinhardtii</i> CC124, <i>Chlorella vulgaris</i> , <i>Chlamydomonas mexicana</i>), co-cultivo de microalgas y bacterias, torta de jatrofa, café molido cargado con cobalto, astillas de madera de piñon y enebro, madera de haya, aceite de cocina reciclado, aceite de mango, maíz, aceite de girasol refinado, triacilglicerol entre otros.
ENLACE DE CONSULTA	https://bmcenergy.biomedcentral.com/track/pdf/10.1186/s42500-019-0004-7

Fuente: elaboración propia con base en (Lee et al., 2019)

Cuadro 25. Análisis del desarrollo de tecnologías bioenergéticas basadas en ciclo de vida y tendencias de adaptación

NOMBRE DEL MECANISMO	Análisis del desarrollo de tecnologías bioenergéticas basadas en ciclo de vida y tendencias de adaptación
AÑO	2018
PAÍS	Irán
DESCRIPCIÓN	Debido a la importancia de la utilización de fuentes de energía renovables y la importancia del nivel y la aceptación de las tecnologías relacionadas, esta investigación analizó la evolución de las tecnologías de bioenergía. En primer lugar, estudiaron diferentes tecnologías bioenergéticas. Posteriormente, mediante el uso de patentes registradas en EE.UU., y la UE, así como las tendencias y noticias de búsqueda de Google, determinaron la situación actual de cada tecnología en el ciclo de vida y los diagramas de adaptación.

NOMBRE DEL MECANISMO	Análisis del desarrollo de tecnologías bioenergéticas basadas en ciclo de vida y tendencias de adaptación
	<p>Finalmente, al combinar esos diagramas, extrajeron un diagrama Hype¹³ para tecnologías de bioenergía. El hallazgo muestra que:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Las tecnologías de Transesterificación, Torrefacción y Plasma se encuentran en la tercera fase del ciclo. • Las tecnologías de carbonización, biorrefinerías, bioquímica y fermentación se encuentran en la pendiente de cuarta fase. • Al borde de la cuarta y quinta fase, se encuentran las tecnologías de gasificación, termoquímica, hidrólisis y pirólisis. • La tecnología de combustión ha alcanzado la fase final del diagrama. <p>Entre las tecnologías señaladas, las tecnologías en la cuarta y quinta etapa son oportunidades atractivas para la inversión. Las interacciones entre diferentes tecnologías también deben ser consideradas. Por ejemplo, la torrefacción puede ser un tratamiento previo beneficioso para la biomasa convertida en gas de síntesis porque mejora la eficiencia de la gasificación, y la hidrólisis puede contribuir al uso de materia prima más barata en el proceso de fermentación.</p>
IMÁGENES	 <p>Diagrama de Hype para diferentes tecnologías bioenergéticas</p>
RECOMENDACIONES	<p>Este tipo de estudios refleja la apropiación por parte de la industria de las distintas tecnologías existentes para la generación de bioenergía a partir de biomasa, lo cual puede ser</p>

¹³ El diagrama Hype consta de 5 etapas. La primera etapa es el desencadenante de la innovación. Esta etapa incluye invención, innovación, investigación, desarrollo y publicidad a través de la cobertura de los medios. En la segunda fase, se alcanzará el pico de expectativas infladas. En esta etapa, muchos usuarios o empresas utilizarán nuevas tecnologías sin una estrategia específica. La tercera etapa se denomina desilusión. Dado que la tecnología no pudo satisfacer todas las expectativas durante el pico de expectativas, su popularidad disminuirá drásticamente. En la siguiente etapa, se revelará la aplicación de nueva tecnología para todas las personas y la popularidad de la tecnología aumentará gradualmente. En esta etapa, las empresas invertirán en la tecnología que conducirá a la formación de nueva generación de tecnología. La etapa final se conoce como meseta de la productividad. La tecnología alcanzará su posición real en el mercado con un crecimiento gradual en la fase anterior. Debido a la comercialización de la tecnología, la inversión en la nueva tecnología alcanzará el punto máximo

NOMBRE DEL MECANISMO	Análisis del desarrollo de tecnologías bioenergéticas basadas en ciclo de vida y tendencias de adaptación
	un referente de inversión para la industria local que ya genera bioenergía o aquella que quiere incursionar en este mercado, en tanto da cuenta del nivel de confiabilidad de las tecnologías existentes y la aplicación a nivel internacional.
ENLACE DE CONSULTA	https://www.sciencedirect-com.bd.univalle.edu.co/science/article/pii/S0960148118305561

Fuente: elaboración propia con base en (Aslani et al., 2018)

Cuadro 26. Bioenergía de microalgas con captura y almacenamiento de carbono

NOMBRE DEL MECANISMO	Bioenergía de microalgas con captura y almacenamiento de carbono (BECCS en inglés): un bioproceso sostenible emergente para reducir las emisiones de CO₂ y la producción de biocombustibles
AÑO	2019
PAÍS	Corea del Sur
DESCRIPCIÓN	<p>Las microalgas están ganando atención para salvar la mitigación del carbono y la producción de bioenergía. La biomasa de microalgas se considera un sustituto neutro de CO₂ para el combustible fósil que se obtiene a través de la transferencia neta de CO₂ a la biomasa. Tradicionalmente, el proceso de producción de biocombustibles utiliza biomasa lignocelulósica como materia prima. Recientemente, las microalgas aumentan como materia prima de bioenergía de tercera generación debido a su mayor atracción de CO₂ eficiencia de fijación, mayor productividad de la biomasa y procesos de tratamiento previo relativamente fáciles para varias extracciones de biocombustibles.</p> <p>Aunque el proceso comercial de microalgas CCS todavía está a escala piloto y los biocombustibles derivados de microalgas son inviables, un mayor desarrollo tecnológico en el cultivo de microalgas y la conversión de bioenergía permite la reducción efectiva de CO₂ y el desarrollo de energía sostenible simultáneamente.</p> <p>Recientemente las instalaciones más grandes de cultivo de microalgas se están construyendo en China, y representan hasta dos tercios de la biomasa global de microalgas (Chen et al., 2016). Estas instalaciones tienen una superficie de más de 200 ha y son capaces de producir (microalgas) hasta 3000 t / año. Para la comercialización de bioenergía derivada de algas, Indian Oil Corporation invirtió \$ 2.4 millones para la tecnología de producción de biomasa de algas de AlgaeTec en febrero de 2014.</p>

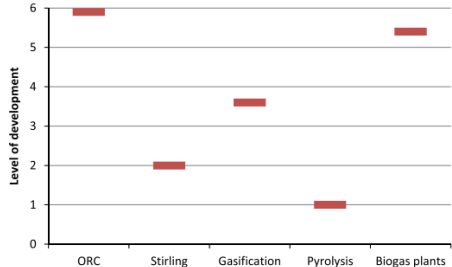
NOMBRE DEL MECANISMO	Bioenergía de microalgas con captura y almacenamiento de carbono (BECCS en inglés): un bioproceso sostenible emergente para reducir las emisiones de CO2 y la producción de biocombustibles
	<p>Reliance Industries Limited Company invirtió \$ 116 millones en compañías energéticas de algas, específicamente \$ 93.5 millones en Algenol y \$ 22.5 millones en Aurora Algae en 2013. Sapphire Company analizó y comparó la calidad del aceite de algas y el petróleo crudo convencional, y amplió el área de investigación actual para validar que el aceite de algas se puede refinar en industrias tradicionales y cumplir con todas las certificaciones de la Agencia de Protección Ambiental (EPA) bajo la Ley de Aire Limpio.</p> <p>La biomasa de microalgas podría suministrar varias fuentes de energía, incluyendo biogás, biohidrógeno, biodiesel, bioalcohol, biocombustible, combustible líquido y gas de síntesis a través de fermentaciones, licuefacción hidrotermal, pirólisis y gasificación. En comparación con la biomasa vegetal convencional, las microalgas se consideran la materia prima más potencial en el futuro para la generación de biocombustibles con varias características atractivas hacia la sostenibilidad. Estudios recientes han demostrado que la biomasa de microalgas será más prometedora cuando se cultive utilizando flujos de gases de combustión generados por varias industrias, para reducir la emisión de GEI. Sin embargo, se debe evaluar la optimización de los procesos ascendentes y descendentes, las propiedades de la biomasa que dependen del producto energético objetivo, el aumento de la eficiencia energética durante el cultivo y la operación del proceso, y la optimización del proceso de cultivo.</p>
IMÁGENES	 <p>http://www.algaenergy.es/noticias/algaenergy-y-yokogawa-firman-un-acuerdo-estrategico-para-impulsar-el-crecimiento-del-sector-biotecnologico-de-las-microalgas/</p>
RECOMENDACIONES	<p>El Valle del Cauca es líder a nivel nacional en cogeneración de bioenergía a partir del bagazo de la caña, sin embargo, con una visión de largo plazo es importante considerar alternativas de</p>

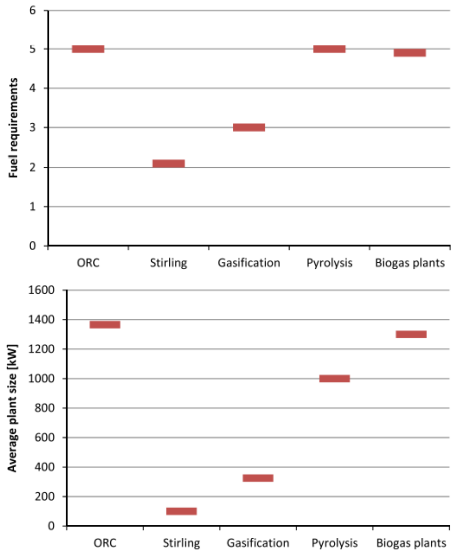
NOMBRE DEL MECANISMO	Bioenergía de microalgas con captura y almacenamiento de carbono (BECCS en inglés): un bioproceso sostenible emergente para reducir las emisiones de CO2 y la producción de biocombustibles
	biomasa para la generación de este tipo de energía. Tal como señala en el estudio el uso de microalgas, es un tipo de material vegetal que tiende a posicionarse como unas de las principales fuentes de bioenergía a nivel mundial, razón por la cual debe considerarse las implicaciones para la industria, el gobierno y la academia.
ENLACE DE CONSULTA	https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2589014X19301604

Fuente: elaboración propia con base en (Choi et al., 2019)

Cuadro 27. Estado actual de las tecnologías de bioenergía en Alemania

NOMBRE DEL MECANISMO	Estado actual de las tecnologías de bioenergía en Alemania
AÑO	2017
PAÍS	Alemania
DESCRIPCIÓN	<p>El documento contiene una descripción de las propiedades técnicas, económicas y ambientales de las principales tecnologías de bioenergía, con un enfoque especial en el sector bioenergético alemán.</p> <p>El estudio presenta un análisis de diferentes aplicaciones de bioenergía con respecto a sus especificaciones, rango de potencia / salida de calor y sus áreas de aplicación. A su vez se presenta un análisis detallado de las plantas de cogeneración descentralizadas y de biomasa.</p> <p>La visión general de las características individuales de las diferentes rutas de conversión de biomasa muestra que las plantas de biogás alcanzan altas eficiencias eléctricas, están disponibles con una amplia gama de capacidades y pertenecen a las tecnologías establecidas. Si bien los costos de inversión de las plantas de biogás son relativamente altos, la conversión de biomasa con digestión anaeróbica puede considerarse una de las opciones más prometedoras para un suministro de energía sostenible en Europa.</p> <p>A continuación los puntos fuertes y débiles de cada tecnología y su versatilidad:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Las plantas de cogeneración descentralizadas ofrecen el mejor compromiso entre eficiencia, distancias de transporte de combustible y posibilidades de

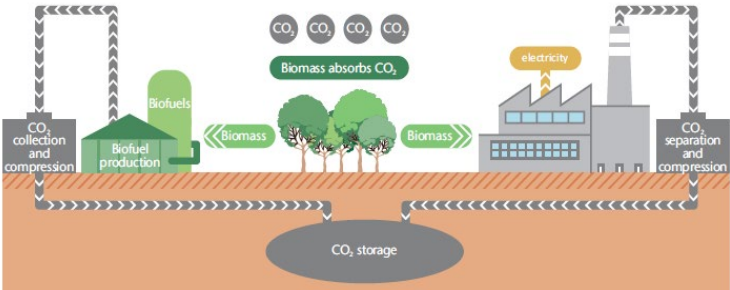
NOMBRE DEL MECANISMO	Estado actual de las tecnologías de bioenergía en Alemania												
	<p>implementación efectiva de tecnologías de bioenergía dentro de los nuevos conceptos de suministro de energía.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Las plantas de biogás y las plantas de ORC son las tecnologías de energía renovable basadas en biomasa mejor desarrolladas. Sin embargo, sus costos de inversión son relativamente altos. • Debido a su eficiencia eléctrica relativamente alta, las plantas de gasificación ofrecen una alternativa prometedora para futuros proyectos de bioenergía. Sin embargo, en aplicaciones a gran escala, la tecnología todavía sufre varios problemas no resueltos. • Los motores Stirling y las plantas de pirólisis aún no han alcanzado el nivel comercial de desarrollo. • La etapa de desarrollo de las tecnologías bioenergéticas individuales es el factor principal que determina las posibilidades de su implementación. Debido a la madurez de su desarrollo, las plantas de biogás y ciclo orgánico de Rankine (ORC en inglés) son las tecnologías más difundidas, aunque sus costos de inversión son los más altos. • Los resultados del análisis de rendimiento de una planta de cogeneración alimentada con biomasa han demostrado que incluso las tecnologías de bioenergía modernas aún ofrecen potencial para mejorar su eficiencia. • Las lecciones aprendidas de la implementación de los biocombustibles de primera generación han demostrado que los programas de apoyo para los biocombustibles de segunda generación deberían ser flexibles y su desarrollo debería equilibrarse con el desarrollo de otras fuentes de energía móviles alternativas. 												
IMÁGENES	 <table border="1"> <caption>Level of development for bioenergy technologies</caption> <thead> <tr> <th>Technology</th> <th>Level of development</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ORC</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>Stirling</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>Gasification</td> <td>3.5</td> </tr> <tr> <td>Pyrolysis</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Biogas plants</td> <td>5.5</td> </tr> </tbody> </table>	Technology	Level of development	ORC	6	Stirling	2	Gasification	3.5	Pyrolysis	1	Biogas plants	5.5
Technology	Level of development												
ORC	6												
Stirling	2												
Gasification	3.5												
Pyrolysis	1												
Biogas plants	5.5												

NOMBRE DEL MECANISMO	Estado actual de las tecnologías de bioenergía en Alemania																								
	 <table border="1"> <caption>Data for Fuel requirements chart</caption> <thead> <tr> <th>Technology</th> <th>Fuel requirements</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ORC</td> <td>~5.0</td> </tr> <tr> <td>Stirling</td> <td>~2.0</td> </tr> <tr> <td>Gasification</td> <td>~3.0</td> </tr> <tr> <td>Pyrolysis</td> <td>~5.0</td> </tr> <tr> <td>Biogas plants</td> <td>~5.0</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1"> <caption>Data for Average plant size [kW] chart</caption> <thead> <tr> <th>Technology</th> <th>Average plant size [kW]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ORC</td> <td>~1400</td> </tr> <tr> <td>Stirling</td> <td>~100</td> </tr> <tr> <td>Gasification</td> <td>~300</td> </tr> <tr> <td>Pyrolysis</td> <td>~1000</td> </tr> <tr> <td>Biogas plants</td> <td>~1300</td> </tr> </tbody> </table>	Technology	Fuel requirements	ORC	~5.0	Stirling	~2.0	Gasification	~3.0	Pyrolysis	~5.0	Biogas plants	~5.0	Technology	Average plant size [kW]	ORC	~1400	Stirling	~100	Gasification	~300	Pyrolysis	~1000	Biogas plants	~1300
Technology	Fuel requirements																								
ORC	~5.0																								
Stirling	~2.0																								
Gasification	~3.0																								
Pyrolysis	~5.0																								
Biogas plants	~5.0																								
Technology	Average plant size [kW]																								
ORC	~1400																								
Stirling	~100																								
Gasification	~300																								
Pyrolysis	~1000																								
Biogas plants	~1300																								
RECOMENDACIONES	<p>Para el Valle del Cauca con toda su experiencia en el tema de bioenergía, es de gran importancia analizar las experiencias prácticas a largo plazo de las plantas de biomasa existentes a nivel mundial para seleccionar soluciones y tecnologías adecuadas para los proyectos modernos de bioenergía que se quieran implementar en el departamento.</p>																								
ENLACE DE CONSULTA	<p>https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032117301089</p>																								

Fuente: elaboración propia con base en (Strzalka, Schneider, & Eicker, 2017)

Cuadro 28. Bioenergía combinada con captura y almacenamiento de carbono – CAC. un primer proyecto a gran escala en Illinois

NOMBRE DEL MECANISMO	Bioenergía combinada con captura y almacenamiento de carbono – CAC (<i>Carbon Capture and Storage - CCS</i>): un primer proyecto a gran escala en Illinois
AÑO	2017
PAÍS	Estados Unidos
DESCRIPCIÓN	<p>El proyecto Illinois Industrial CCS Project, propiedad y operado por la compañía Archer Daniels Midland en Decatur, Illinois, es el primer proyecto a gran escala que combina la captura y el almacenamiento de CO₂ con una materia prima bioenergética. La operación comenzó durante el primer semestre de 2017 (US DoE 2017) y el proyecto capturarán 1 MtCO₂ / año de la destilación del maíz en bioetanol. Luego, el CO₂ se comprime y deshidrata, luego de lo cual se inyecta, en el sitio, para el almacenamiento permanente en la formación de arenisca del Monte Simon a una profundidad de aproximadamente 2.1 kilómetros (km).</p>

NOMBRE DEL MECANISMO	Bioenergía combinada con captura y almacenamiento de carbono – CAC (<i>Carbon Capture and Storage - CCS</i>): un primer proyecto a gran escala en Illinois
	<p>El proyecto ha recibido USD 140 millones en apoyo de capital del Departamento de Energía de EE. UU., y también podrá reclamar créditos fiscales por el valor de USD 20 por tonelada de CO₂ almacenado. El nivel relativamente modesto de soporte (en comparación, por ejemplo, con las aplicaciones de generación de energía de CCS) destaca que, en las circunstancias adecuadas, la producción de etanol con CCS puede ser una aplicación de CCS de costo relativamente bajo. Los aspectos económicos favorables del proyecto se deben en parte a la inversión anterior en la caracterización del almacenamiento geológico, que se realizó como parte de un proyecto piloto, así como al hecho de que no se requiere transporte de CO₂. Los aspectos de este proyecto tienen el potencial de ser replicados en otras áreas de los Estados Unidos, con el mandato de bioetanol que actualmente respalda la producción de 50 mil millones de litros de etanol cada año.</p>
IMÁGENES	 <p>Esquema de Bioenergía con captura y almacenamiento de carbono (BECCS en inglés)</p> <p>Fuente: https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/Technology_Roadmap_Delivering_Sustainable_Bioenergy.pdf</p>
RECOMENDACIONES	<p>Es un tipo de tecnología que en el largo plazo podría emplearse en menor escala en el departamento del Valle del Cauca, toda vez representan un gran paso adelante para el avance de las tecnologías industriales de captura y almacenamiento de carbono en procura de disminuir la huella de carbono de las industrias.</p>
ENLACE DE CONSULTA	<p>https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/Technology_Roadmap_Delivering_Sustainable_Bioenergy.pdf</p>

Fuente: elaboración propia con base en (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico - Agencia Internacional de Energía, 2017)

Cuadro 29. Hoja de ruta de la tecnología bioenergética para Colombia al 2030

NOMBRE DEL MECANISMO Hoja de ruta de la tecnología bioenergética para Colombia al 2030

AÑO 2014

PAÍS Colombia

DESCRIPCIÓN La importancia de utilizar la bioenergía para reducir la dependencia del petróleo y las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), la diversificación de la cartera de energía y el apoyo al desarrollo rural se reconoce cada vez más en Colombia. En este contexto, esta hoja de ruta proporciona una visión a largo plazo y objetivos para implementar de manera sostenible las tecnologías de biocombustible y biomasa en Colombia hasta 2030. La hoja de ruta identifica las barreras para el despliegue de bioenergía y sugiere acciones específicas que deben realizar los interesados para cumplir los objetivos propuestos. Adopta una metodología de la Agencia Internacional de Energía para desarrollar planes de trabajo de tecnología y combina modelos detallados de energía con el asesoramiento experimentado de más de 30 expertos en bioenergía del gobierno, la academia, la industria y organizaciones no gubernamentales.

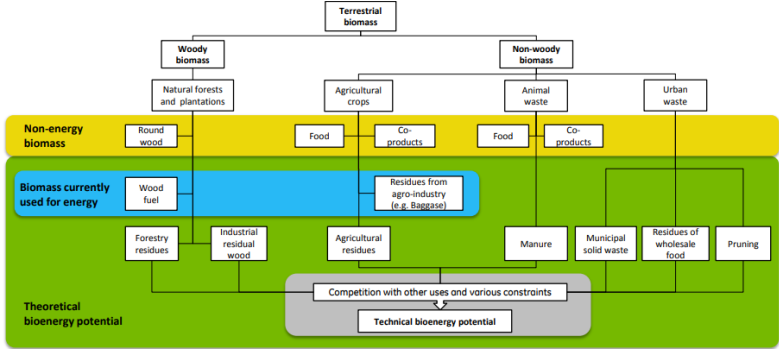
IMÁGENES



Hoja de ruta

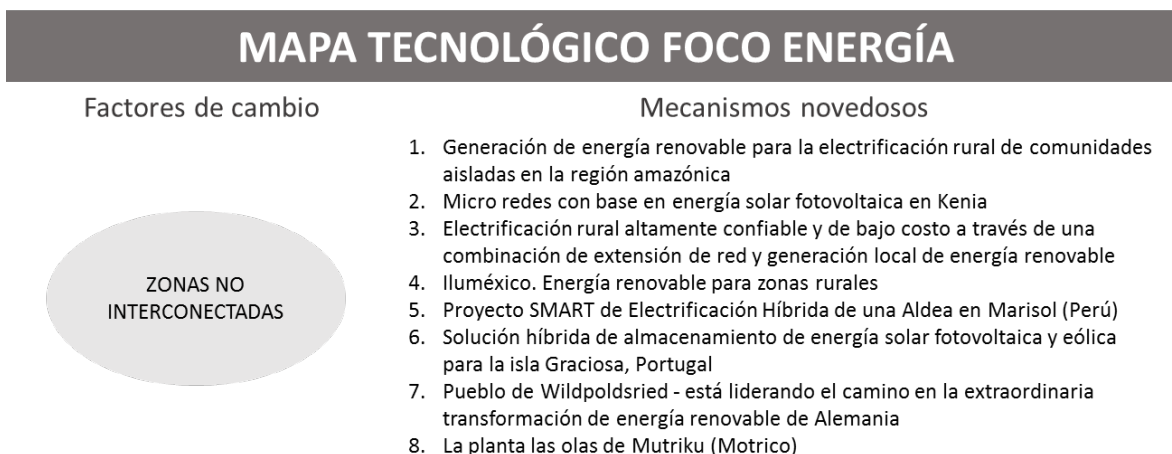
- Biodiesel**
 - Transesterification, vehicles able to run with blends > B10
- Bioethanol**
 - Continuous fermentation and distillation, FFVs
- Renewable diesel**
 - Hydrotreatment of vegetable oil
- Biomethane**
 - Biogas or syngas upgrading systems
- Power generation and CHP**
 - Direct combustion in CHP plants with condensing-extraction steam turbines
 - Biogas combustion in reciprocating engines
 - Co-firing in coal and natural gas power plants

Tecnologías para desplegar por área de tecnología bioenergética

NOMBRE DEL MECANISMO	Hoja de ruta de la tecnología bioenergética para Colombia al 2030
	 <p>Condiciones de frontera para estimar el potencial energético de la biomasa en Colombia</p>
RECOMENDACIONES	<p>Es un estudio referente para los actores del departamento relacionados directa o indirectamente con la generación de bioenergía toda vez que este representa plan para implementar tecnologías de biocombustible y biomasa sostenibles en Colombia para el período 2015-2030. Al respecto es importante considerar que los expertos acordaron las siguientes razones para apoyar el despliegue de tecnologías de bioenergía en Colombia: 1) para promover el desarrollo rural, 2) para mejorar la seguridad energética y 3) para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. Se consideran fundamentales cinco áreas de tecnología de bioenergía: a) bioetanol, b) biodiesel, c) diésel renovable, d) biometano y e) generación de energía basada en biomasa y calor y energía combinados (CHP).</p>
ENLACE DE CONSULTA	<p>https://www.energycommunity.org/documents/Bioenergy_technology_roadmap_for_Colombia.pdf</p>

Fuente: elaboración propia con base en (Gonzalez et al., 2014)

6.3. Zonas no interconectadas



Cuadro 30. *Generación de energía renovable para la electrificación rural de comunidades aisladas en la región amazónica*

NOMBRE DEL MECANISMO	DEL	Generación de energía renovable para la electrificación rural de comunidades aisladas en la región amazónica.
AÑO		2015
PAÍS		Brasil
DESCRIPCIÓN		<p>De 1999 a 2013, en un período de 14 años, los programas de electrificación rural llevaron el acceso a la electricidad a 16 millones de habitantes rurales en Brasil. Aproximadamente 155,000 hogares rurales permanecen sin acceso a la electricidad en la región amazónica, conformando comunidades muy aisladas que no pueden ser abastecidas por la expansión de la red existente. Para suministrar electricidad a estas comunidades, la generación fuera de la red a través del combustible diésel ha sido tradicionalmente la única opción considerada.</p> <p>La región amazónica tiene un enorme potencial en energía renovable, especialmente: hidráulica, biomasa y biocombustibles, solar y eólica en la costa. El gobierno brasileño ha comenzado a considerar el uso de estas fuentes locales renovables para la electrificación de comunidades aisladas. Se han desplegado varios proyectos experimentales, que suministran energía eléctrica a través de tecnologías de energía renovable apropiadas fuera de la red: hidroquinética, biomasa (combustión directa o gasificación), biocombustibles y aceites vegetales e híbridos (solar-viento-</p>

NOMBRE MECANISMO	DEL Generación de energía renovable para la electrificación rural de comunidades aisladas en la región amazónica.
	<p>diesel). Con respecto a estas tecnologías, en el estudio se evaluaron los proyectos más significativos realizados en la región. Al analizar los costos, los problemas técnicos y sociales, así como el rendimiento de estos sistemas, después de un período de evaluación de 10 años, el estudio muestra que algunas tecnologías de energía renovable han demostrado ser una opción más conveniente y económica que la generación de electricidad a través del diésel, en estas comunidades aisladas.</p> <p>Se destaca como uno de los principales del estudio que en comunidades aisladas, el uso de un sistema mixto de energía solar y eólica con el apoyo ocasional de un generador diésel, en lugar de usar solo un generador, aumenta la confiabilidad y reduce los costos operativos del sistema. La solución basada en la generación de diésel al 100% es económica y ambientalmente costosa. El combustible debe ser transportado por carretera o barcos a través de largas distancias, a menudo alcanzando precios exorbitantes. Y, por último, pero no menos importante, contribuye a la dependencia de la comunidad local en un suministro externo. A nivel mundial, el uso de energía solar y eólica para comunidades aisladas, en lugar de la conexión a la red, también contribuye a reducir la dependencia que tiene Brasil en las centrales hidroeléctricas y de gas, las dos fuentes en las que se basa la red de la nación.</p> <p>A su vez el uso de biomasa y biocombustibles tiene un gran potencial en esta región. En varios de los proyectos analizados, la generación de energía eléctrica a partir de residuos de biomasa ha logrado agregar valor al esquema de producción local, basado en la agricultura y la silvicultura.</p> <p>Las comunidades ubicadas en estas áreas rara vez pueden soportar el costo de capital de una pequeña hidroeléctrica o una unidad de horno de biomasa. En muchos de los proyectos analizados, una organización gubernamental externa ha pagado el costo del equipo y ha brindado apoyo técnico, dejando luego los costos de operación y mantenimiento a la comunidad. Este esquema ha demostrado ser sostenible para algunos proyectos que involucran hidro, biomasa y, en menor medida, sistemas híbridos.</p>

NOMBRE DEL MECANISMO	DEL Generación de energía renovable para la electrificación rural de comunidades aisladas en la región amazónica.
IMÁGENES	 <p>Panel solar fotovoltaico junto con un refugio de madera para baterías en una casa en la comunidad de São Francisco de Aiucá https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032115003457</p>
RECOMENDACIONES	<p>Este análisis de la región amazónica del Brasil da cuenta que la generación eléctrica a partir de fuentes locales renovables puede surgir como una verdadera forma de empoderar a las comunidades desfavorecidas, dándoles independencia energética en paralelo con los beneficios del acceso a la electricidad.</p> <p>Por lo cual se puede considerar una buena alternativa implementar en las zonas no interconectadas del departamento soluciones integrales de energía solar y de biomasa para suplir las necesidades del hogar y de las actividades productivas, dado que es muy costoso implementar las líneas de transmisión debido a problemas de distancia, dispersión y mantenimiento, siendo pertinente el uso de la generación distribuida como una solución posible.</p>
ENLACE DE CONSULTA	https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032115003457

Fuente: elaboración propia con base en (Sánchez, Torres, & Kalid, 2015)

Cuadro 31. Micro redes con base en energía solar fotovoltaica en Kenia

NOMBRE DEL MECANISMO	Micro redes con base en energía solar fotovoltaica en Kenia
AÑO	2012
PAÍS	Kenia
DESCRIPCIÓN	Powerhive África oriental Ltd. es la primera empresa privada en la historia de Kenia que recibe una concesión de servicios públicos para generar, distribuir y vender electricidad. “El gobierno de Kenia reconoce que el enfoque más rápido y menos costoso para llegar a 100% de acceso a la electricidad

NOMBRE DEL MECANISMO	Micro redes con base en energía solar fotovoltaica en Kenia
	<p>es permitir la inversión privada en infraestructura de generación distribuida”, explica Zachary Ayieko, director general de Powerhive África Oriental en un comunicado de la compañía.</p> <p>La empresa viene tendiendo redes en el país africano desde el año 2012, abasteciendo de energía limpia a poblaciones de unos 200 habitantes. Antes de este despliegue, solo un 23% de la población de Kenia tenía acceso a la electricidad; con este proyecto se pretende ofrecer energía limpia a más de 200.000 hogares.</p> <p>La empresa californiana Powerhive Inc, construyó en cuatro aldeas remotas de la provincia keniana de Kisii, un sistema de generación distribuida y localmente controlada cuya fuente es la energía solar fotovoltaica. Un proyecto para el que contó con First Solar Inc., un proveedor líder en el suministro de sistemas solares fotovoltaicos completos.</p> <p>Con Powerhive, los hogares y las empresas locales de las zonas rurales podrán comprar energía para poder llevar a cabo sus tareas, desde moler maíz, desarrollar la industria de incubación de pollos, poder tener peluquerías o cargar la baterías para sus aparatos móviles.</p> <p>La tecnología de Powerhive está basada en desarrollar microrredes y permitir que se puedan realizar operaciones para formar una nueva clase de consumidores. Les permitirá, de manera rentable, llegar a decenas de millones de personas en las aldeas rurales que no acceden a la red eléctrica nacional. Han conseguido un método rentable que unifica la mayoría de la facturación, las operaciones, el servicio al cliente, y el desarrollo a escala respetando las costumbres locales dentro de las áreas en las que opera la empresa.</p> <p>No es solo la instalación del equipo fotovoltaico ni de las redes de interconexión entre plantas fotovoltaicas. Powerhive además, incluye el monitoreo y control remoto de una plataforma situada en una nube virtual, además de instalar el medidor inteligente Asali y un asistente web para el análisis, reconocimiento, y Cartografía (SWARM).</p>

NOMBRE DEL MECANISMO	Micro redes con base en energía solar fotovoltaica en Kenia
IMÁGENES	 <p>http://www.powerhive.com/powerhive-minigrids-and-mobile-money-are-perfect-answers-for-africas-electricity-access-questions/</p>
RECOMENDACIONES	<p>Es importante señalar que el establecimiento de micro redes con base en energías renovables les permitiría a zonas no interconectadas del departamento contar con el servicio de energía de manera más segura, continua y potencialmente más barata. Con esto impactaría la vida cotidiana de la población así como las actividades productivas.</p>
ENLACE DE CONSULTA	<p>https://www.energynews.es/un-sistema-de-microrredes-de-energia-fotovoltaica-abastecera-de-electricidad-zonas-rurales-de-kenia/ https://www.bbva.com/wp-content/uploads/2016/10/bbva-ebook-Energias-Renovables-ok.pdf</p>

Fuente: elaboración propia con base en (BBVA - Energías Renovables, 2016); (EnergyNews, 2015)

Cuadro 32. Electrificación rural altamente confiable y de bajo costo a través de una combinación de extensión de red y generación local de energía renovable

NOMBRE DEL MECANISMO	Electrificación rural altamente confiable y de bajo costo a través de una combinación de extensión de red y generación local de energía renovable
AÑO	2018
PAÍS	India



NOMBRE DEL MECANISMO	Electrificación rural altamente confiable y de bajo costo a través de una combinación de extensión de red y generación local de energía renovable
DESCRIPCIÓN	<p>Los programas de electrificación rural existentes se centran principalmente en extender la red eléctrica central, proporcionando así un suministro intermitente y aumentando las pérdidas en la red eléctrica.</p> <p>En la literatura, la extensión de la red central se compara unilateralmente con una solución de micro-red independiente. En el modelo de electrificación rural presentado en este estudio, la extensión de la red central se complementa con la generación y el almacenamiento de energía renovable local. La "confiabilidad de la red eléctrica central", la "confiabilidad esperada del suministro eléctrico en la aldea" y las "pérdidas" también se presentan como parámetros de diseño importantes. La utilidad y relevancia del modelo propuesto se ilustró a través de 20 casos de prueba. Para Kanjikuzhi, un pueblo indio, la energía renovable adicional puede reducir el costo promedio de la electricidad en un 26%, disminuir las interrupciones de energía en un 40% y disminuir las pérdidas de la red en un 62.5%, en comparación con una simple extensión de la red eléctrica central.</p> <p>Como principales conclusiones del estudio se encuentran</p> <ul style="list-style-type: none"> • Los resultados de 20 simulaciones confirmaron que la combinación de una extensión de la red central con la generación adicional de energía renovable es el método de electrificación más rentable en la mayoría de los casos (17/20). • Estas soluciones tuvieron un costo de electricidad reducido en un 27% en promedio en comparación con una extensión pura de la red eléctrica central. Sin embargo, las microrredes independientes ofrecían la alternativa más barata cuando la demanda era baja, el pueblo estaba lejos de la red y cuando la confiabilidad esperada de suministro para el pueblo era baja. • Este resultado se puede usar para diseñar estrategias de electrificación rural en dos pasos: proporcionar un suministro limitado utilizando una microrred de red lo antes posible, mientras se espera para conectarse a la red eléctrica central una vez que se extiende hasta la aldea. Se encontró que el impacto del "nivel de confiabilidad de la red central" era significativo cuando era bajo (más de 1 h de interrupción por día) y cuando el pueblo esperaba una mejor calidad de

NOMBRE DEL MECANISMO	DEL	Electrificación rural altamente confiable y de bajo costo a través de una combinación de extensión de red y generación local de energía renovable																																																																																																																																								
	<p>suministro. En estos casos, la generación y el almacenamiento locales mejoraron la confiabilidad en la microrred de manera rentable. Se descubrió que la generación local reduce drásticamente las pérdidas de T&D.</p> <ul style="list-style-type: none"> El costo de la energía eólica, hidroeléctrica y solar ha alcanzado la paridad de la red en numerosos lugares; La reducción de las pérdidas se suma a los beneficios de la generación de energía renovable a pequeña escala. La instalación de energía renovable en aldeas remotas también ha sido muy positiva por sus efectos sociales y contribuye a restablecer el dinamismo en las zonas rurales. 																																																																																																																																									
IMÁGENES	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2"></th> <th>Electricity generated (+) or consumed (-) in the main grid</th> <th>Electricity transfer in the microgrid</th> <th colspan="2">Losses in the main grid</th> <th colspan="2">Losses in the microgrid</th> <th>Total losses</th> </tr> <tr> <th colspan="2"></th> <th>kWh/d</th> <th>kWh/d</th> <th>kWh/d</th> <th>(%)</th> <th>kWh/d</th> <th>(%)</th> <th>(%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">Only Grid</td> <td>From grid to household</td> <td>(+) 3300</td> <td>3000</td> <td>529</td> <td>15</td> <td>237</td> <td>7.9</td> <td>23.2</td> </tr> <tr> <td>From wind turbine to households</td> <td></td> <td>703</td> <td></td> <td></td> <td>7.9</td> <td>1.1</td> <td>16.8</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">23% Wind generation</td> <td>From Grid to households</td> <td>(+) 2676</td> <td>2275</td> <td>401</td> <td>15</td> <td>159</td> <td>7.0</td> <td></td> </tr> <tr> <td>From wind turbine to households</td> <td></td> <td>1406</td> <td></td> <td></td> <td>31.7</td> <td>2.7</td> <td>13.2</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">47% Wind generation</td> <td>From wind turbine to grid</td> <td>(-) 142</td> <td>153</td> <td>11</td> <td>7</td> <td>2</td> <td>1.3</td> <td></td> </tr> <tr> <td>From grid to household</td> <td>(+) 2018</td> <td>1715</td> <td>303</td> <td>15</td> <td>124</td> <td>7.2</td> <td></td> </tr> <tr> <td rowspan="2">67% wind generation</td> <td>From Wind turbine to households</td> <td></td> <td>1462</td> <td></td> <td></td> <td>36</td> <td>2.4</td> <td>12.5</td> </tr> <tr> <td>From grid to households</td> <td>(+) 1815</td> <td>1543</td> <td>272</td> <td>15</td> <td>110</td> <td>7.1</td> <td></td> </tr> <tr> <td rowspan="2">77% (30% Wind, 48% Hydro)</td> <td>From wind turbine to grid</td> <td>(-) 521</td> <td>560</td> <td>39</td> <td>7</td> <td>24</td> <td>4.3</td> <td></td> </tr> <tr> <td>From hydro to grid</td> <td>(-) 223</td> <td>240</td> <td>17</td> <td>7</td> <td>0.5</td> <td>0.2</td> <td>8.7</td> </tr> <tr> <td rowspan="2"></td> <td>From hydro to households</td> <td>3448</td> <td>1167</td> <td></td> <td></td> <td>46</td> <td>3.9</td> <td></td> </tr> <tr> <td>From Wind to grid</td> <td>(-) 42</td> <td>45</td> <td>3</td> <td>7</td> <td>1</td> <td>2.2</td> <td></td> </tr> <tr> <td rowspan="2"></td> <td>From Wind turbine to households</td> <td></td> <td>835</td> <td></td> <td></td> <td>11</td> <td>1.4</td> <td></td> </tr> <tr> <td>From grid to households</td> <td>(+) 1161</td> <td>987</td> <td>174</td> <td>15</td> <td>66</td> <td>6.7</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>Cálculos de pérdidas para varios porcentajes de generación de energía renovable en la microrred</p> <p>https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2210670717307655</p>			Electricity generated (+) or consumed (-) in the main grid	Electricity transfer in the microgrid	Losses in the main grid		Losses in the microgrid		Total losses			kWh/d	kWh/d	kWh/d	(%)	kWh/d	(%)	(%)	Only Grid	From grid to household	(+) 3300	3000	529	15	237	7.9	23.2	From wind turbine to households		703			7.9	1.1	16.8	23% Wind generation	From Grid to households	(+) 2676	2275	401	15	159	7.0		From wind turbine to households		1406			31.7	2.7	13.2	47% Wind generation	From wind turbine to grid	(-) 142	153	11	7	2	1.3		From grid to household	(+) 2018	1715	303	15	124	7.2		67% wind generation	From Wind turbine to households		1462			36	2.4	12.5	From grid to households	(+) 1815	1543	272	15	110	7.1		77% (30% Wind, 48% Hydro)	From wind turbine to grid	(-) 521	560	39	7	24	4.3		From hydro to grid	(-) 223	240	17	7	0.5	0.2	8.7		From hydro to households	3448	1167			46	3.9		From Wind to grid	(-) 42	45	3	7	1	2.2			From Wind turbine to households		835			11	1.4		From grid to households	(+) 1161	987	174	15	66	6.7	
		Electricity generated (+) or consumed (-) in the main grid	Electricity transfer in the microgrid	Losses in the main grid		Losses in the microgrid		Total losses																																																																																																																																		
		kWh/d	kWh/d	kWh/d	(%)	kWh/d	(%)	(%)																																																																																																																																		
Only Grid	From grid to household	(+) 3300	3000	529	15	237	7.9	23.2																																																																																																																																		
	From wind turbine to households		703			7.9	1.1	16.8																																																																																																																																		
23% Wind generation	From Grid to households	(+) 2676	2275	401	15	159	7.0																																																																																																																																			
	From wind turbine to households		1406			31.7	2.7	13.2																																																																																																																																		
47% Wind generation	From wind turbine to grid	(-) 142	153	11	7	2	1.3																																																																																																																																			
	From grid to household	(+) 2018	1715	303	15	124	7.2																																																																																																																																			
67% wind generation	From Wind turbine to households		1462			36	2.4	12.5																																																																																																																																		
	From grid to households	(+) 1815	1543	272	15	110	7.1																																																																																																																																			
77% (30% Wind, 48% Hydro)	From wind turbine to grid	(-) 521	560	39	7	24	4.3																																																																																																																																			
	From hydro to grid	(-) 223	240	17	7	0.5	0.2	8.7																																																																																																																																		
	From hydro to households	3448	1167			46	3.9																																																																																																																																			
	From Wind to grid	(-) 42	45	3	7	1	2.2																																																																																																																																			
	From Wind turbine to households		835			11	1.4																																																																																																																																			
	From grid to households	(+) 1161	987	174	15	66	6.7																																																																																																																																			
RECOMENDACIONES	<p>Este tipo de estudios demuestran la importancia de propiciar en el departamento una generación distribuida en las zonas no interconectadas al sistema. Además es un estudio que resulta interesante porque demuestra la efectividad de integrar las energías renovables descentralizadas con el sistema eléctrico. Este estudio debe considerar dado que da pautas para configurar nuevas regulaciones a favor de la generación local de energía renovable en áreas rurales.</p>																																																																																																																																									
ENLACE DE CONSULTA	<p>https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2210670717307655</p>																																																																																																																																									

Fuente: elaboración propia con base en (Robert & Gopalan, 2018)

Cuadro 33. *Iluméxico. Energía renovable para zonas rurales*

NOMBRE DEL MECANISMO	Iluméxico. Energía renovable para zonas rurales
AÑO	2010
PAÍS	México
DESCRIPCIÓN	<p>Iluméxico es una empresa basada en una investigación científica realizada por jóvenes ingenieros de la Universidad Nacional Autónoma de México y la Universidad Iberoamericana.</p> <p>La misión de la empresa es brindar acceso a energía limpia y confiable, catalizando el crecimiento de familias mexicanas sin acceso a electricidad.</p> <p>Estas familias se encuentran en los lugares más remotos y de difícil acceso del país; por lo que extender la red eléctrica convencional es una solución costosa y complicada.</p> <p>Los equipos de iluminación y electrificación de Iluméxico tienen diversas capacidades. Por ejemplo, proveen energía necesaria para alimentar desde dos focos para vivienda rural, hasta un mayor suministro para centros de cómputo en escuelas rurales. Permiten, a través de sus diversos modelos, el servicio de iluminación, equipo de comunicación y acceso a información (con la televisión, el radio y el celular); así como mejoras en salud con el uso de licuadoras. Además, actualmente se desarrollan aplicaciones para refrigeradores solares, iluminación pública y energía para negocios.</p> <p>El trabajo de Iluméxico es diseñar y manufacturar controladores de carga que sirven para integrar equipos de energía fotovoltaica autónomos (es decir, un administrador o controlador para consumo de energía en celdas solares).</p> <p>A través de algoritmos matemáticos, estos equipos regulan el nivel de iluminación para administrar mejor el consumo de la energía almacenada; esto permite al usuario modular la intensidad de su iluminación (de modo manual) y proporcionar un máximo aprovechamiento de la energía para garantizar la iluminación durante toda la noche (en su forma automática).</p> <p>Los equipos solares están programados para que los usuarios de las comunidades rurales los manejen en forma accesible. La innovación no sólo está en la tecnología, sino también en la metodología del trabajo porque incluye capacitación,</p>

NOMBRE DEL MECANISMO	Iluméxico. Energía renovable para zonas rurales
	<p>talleres, mecanismos de coparticipación comunitaria y adaptación a la tecnología. Todo ello permite que se tenga un alto impacto social, económico y ambiental.</p> <p>Entre las instituciones gubernamentales que han apoyado el trabajo de investigación del ingeniero Wiechers Banuet y del equipo de Iluméxico está el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, Conacyt, a través de los fondos PROINNOVA e INNOVAPYME.</p>
IMÁGENES	 <p>https://ilumexico.mx/inicio/loquehacemos/</p>  <p>https://ilumexico.mx/inicio/sobre-nosotros/</p> <p>Controlador inteligente Prometeo, administra la energía captada por el sol durante el día y enciende las lámparas de LEDs ya sea de manera manual o automática, cuando llega la noche</p> <p>http://www.cienciamx.com/index.php/tecnologia/energia/67-con-energias-renovables-llevan-luz-a-zonas-rurales</p>
RECOMENDACIONES	<p>Es relevante mostrar esta tipo de experiencia dado que demuestra cómo una iniciativa de origen académico puede</p>

NOMBRE DEL MECANISMO	Iluméxico. Energía renovable para zonas rurales
	<p>transformarse en un iniciativa empresarial con apoyo de recursos públicos y con impacto en una problemática de acceso a energía de poblaciones vulnerables, siendo un buen modelo para seguir en el departamento del Valle del Cauca.</p> <p>De otra parte el método de trabajo evidenciado supera el alcance tecnológico y articula temas sociales al suministro de energía en zonas no interconectadas. Por tanto, no se limita a proveer una tecnología sino a facilitar el uso y apropiación por parte de la comunidad, siendo esto vital para el funcionamiento sostenible de estos sistemas de energías renovables soportados en las TIC en zonas no interconectadas en el departamento del Valle del Cauca.</p>
ENLACE DE CONSULTA	<p>https://ilumexico.mx/inicio/loquehacemos/ http://www.cienciamx.com/index.php/tecnologia/energia/67-con-energias-renovables-llevan-luz-a-zonas-rurales</p>

Fuente: elaboración propia con base en (Iluméxico, 2019); (cienciamx noticias, s.f)

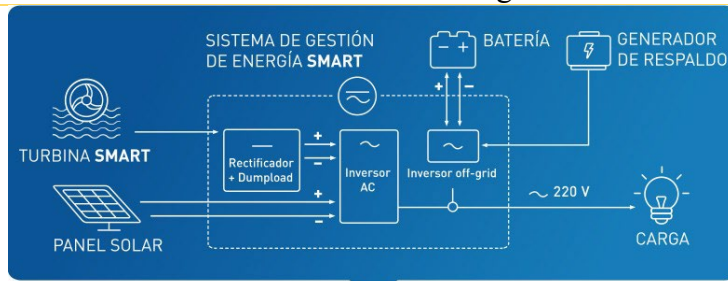
Cuadro 34. Proyecto SMART de Electrificación Híbrida de una Aldea en Marisol (Perú)

NOMBRE DEL MECANISMO	Proyecto SMART de Electrificación Híbrida de una Aldea en Marisol, Perú
AÑO	2011
PAÍS	Perú
DESCRIPCIÓN	<p>Fue un proyecto ejecutado en conjunto con el Gobierno local de San Martín (Perú), Comité de Electrificación Marisol y GIZ (Perú) y la empresa alemana Smart Hydro Power</p> <p>Marisol se encuentra en la Amazonía peruana, en el Departamento de San Martín a orillas del río Alto Huayabamba y es una comunidad rural típica con un modelo de negocio. El pueblo está conformado por aproximadamente 60 familias que trabajan en las plantaciones de cacao. Cuentan con una escuela, iglesias y un sencillo taller utilizado principalmente como carpintería. Antes de la instalación del Sistema Híbrido SMART, la comunidad contaba con un acceso a la electricidad limitado a un par de horas al día, gracias a un generador diésel.</p> <p>Tecnología utilizada:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sistema Híbrido SMART (turbina hidrocínética+ fotovoltaica + generador de respaldo)

NOMBRE DEL MECANISMO Proyecto SMART de Electrificación Híbrida de una Aldea en Marisol, Perú

- 24 baterías de 2 voltios conectadas en serie a una tensión total de 48 voltios y conectadas al sistema de gestión de energía SMART
- El rendimiento máximo del sistema de energía solar está por encima de 1.2 kW
- El Costo LCOE es de aproximadamente 0,30 US\$/kWh

Estas turbinas para ríos y canales permiten la introducción de un suministro de carga base, una solución completa de energía renovable a la mejor relación coste-beneficio posible. Esta tecnología patentada está estandarizada y es fácilmente ampliable. Aunque calificados como “verdes“, estos productos están posicionados como la mejor alternativa para la electrificación descentralizada a lo largo de los ríos.



Solución integral

IMÁGENES



<https://www.smart-hydro.de/es/proyectos-energias-renovables/electrificacion-hibrida-de-una-aldea-peru/>

RECOMENDACIONES


Este tipo de soluciones tecnológicas amigables con el medio ambiente, sostenibles y de bajo costo pueden resultar de gran relevancia para el aprovisionamiento de energía en zonas no interconectadas del departamento, donde el despliegue de una infraestructura tradicional puede resultar costoso.

ENLACE DE CONSULTA

<https://www.smart-hydro.de/es/proyectos-energias-renovables/electrificacion-hibrida-de-una-aldea-peru/>

Fuente: elaboración propia con base en (SMART HYDRO POWER, 2017)

Cuadro 35. *Solución híbrida de almacenamiento de energía solar fotovoltaica y eólica para la isla Graciosa, Portugal*

NOMBRE DEL MECANISMO	DEL Solución híbrida de almacenamiento de energía solar fotovoltaica y eólica para la isla Graciosa, Portugal
AÑO	2015
PAÍS	Portugal
DESCRIPCIÓN	<p>Graciosa, una isla portuguesa, tradicionalmente ha cumplido con sus requerimientos de energía a través de las importaciones de combustibles fósiles y la generación basada en diésel. Sin embargo, la nueva planta de energía renovable híbrida de Graciosa, que incluye una planta de energía solar fotovoltaica de 1 MW, una planta eólica de 4,5 MW y un sistema de almacenamiento de baterías de 6 MW / 3,2 MWh, ha ayudado a reducir la dependencia de la isla en el combustible fósil importado al tiempo que reduce su gas de efecto invernadero emisiones.</p> <p>La energía generada del proyecto se venderá a la empresa local de servicios públicos, EDA. El proyecto también utiliza el software Greensmith Energy Management System (GEMS), que optimiza la generación de energía en función de diversos factores, como el pronóstico del tiempo, los patrones de carga, etc. Se espera que el consumo de energía renovable en la isla aumente del 15% al 65% del total El consumo de energía al tiempo que elimina la necesidad de alrededor de 17.000 litros de diesel al mes. Actualmente, la planta puede satisfacer el 70% de la demanda local (Anteroine en IRENA, 2019b).</p>
IMÁGENES	 <p>https://www.endesa.com/es/proyectos/a201701-la-graciosa-isla-energia-inteligente.html</p>
RECOMENDACIONES	<p>Es importante considerar este tipo de desarrollos para evidenciar el rol activo que pueden tener los usuarios, los comercializadores y los distribuidores en la eficiencia del sistema energético (fiabilidad del suministro energético) generando una integración de energía renovable.</p> <p>Adicionalmente se demuestra una gran innovación eléctrica potencialmente replicable en la zona costera del departamento del Valle del Cauca, donde se puede generar un sistema autosuficiente en el que los usuarios podrán generar,</p>

NOMBRE DEL MECANISMO	Solución híbrida de almacenamiento de energía solar fotovoltaica y eólica para la isla Graciosa, Portugal
	almacenar y distribuir su propia energía limpia de origen renovable, sustituyendo el uso de diésel.
ENLACE DE CONSULTA	https://www.irena.org/publications/2019/Feb/Innovation-landscape-for-a-renewable-powered-future https://www.endesa.com/es/proyectos/a201701-la-graciosa-isla-energia-inteligente.html

Fuente: elaboración propia con base en (Agencia Internacional de las Energías Renovables - IRENA, 2019b); (Endesa, 2017)

Cuadro 36. Pueblo de Wildpoldsried - está liderando el camino en la extraordinaria transformación de energía renovable de Alemania

NOMBRE DEL MECANISMO	Pueblo de Wildpoldsried - está liderando el camino en la extraordinaria transformación de energía renovable de Alemania
AÑO	1999
PAÍS	Alemania
DESCRIPCIÓN	<p>Wildpoldsried es una pequeña aldea en Baviera, sur de Alemania, con unos 2.600 habitantes principalmente dedicados a la ganadería lechera.</p> <p>En 1999 la pequeña ciudad bávara de Wildpoldsried decidió acoger las energías renovables. El gobierno local hizo una consulta que llamó Liderazgo de Innovación para Wildpoldsried (WIR-2020, por sus siglas en alemán) en el que se le preguntó a la ciudadanía qué proyectos visualizaban para el año 2020. WIR-2020 contempla tres áreas: 1) Energía renovable y ahorro; 2) Construcción ecológica con materiales ecológicos; y 3) Protección del agua y recursos acuíferos.</p> <p>Hoy en día, produce varias veces la energía que consume y se ha convertido en un campo de pruebas para futuras tecnologías de redes inteligentes, como señala Laurie Guevara-Stone.</p> <p>El pueblo ha invertido en una gama holística de proyectos de energía renovable que incluyen 4,983 kWp de energía fotovoltaica, cinco instalaciones de biogás, 11 aerogeneradores, un sistema hidroeléctrico, varios sistemas de calefacción de biomasa municipales y residenciales y 2,100 m² de sistemas de energía solar térmica. Como resultado, la aldea ha ido más allá de la independencia energética, y ahora produce un 500% más de energía de la que necesita y se beneficia de las ventas del excedente de energía a la red.</p>

NOMBRE DEL MECANISMO	DEL Pueblo de Wildpoldsried - está liderando el camino en la extraordinaria transformación de energía renovable de Alemania
	<p>Si bien esto se celebra como un gran éxito en muchos círculos, no está exento de desafíos, incluido el modo de integrar un excedente local tan grande de energía renovable en la red general al tiempo que se mantiene la estabilidad de la red. Por eso para el año 2010, AÜW eligió a Wildpoldsried como el sitio para un experimento de red inteligente. Mientras tanto, Siemens estaba buscando un operador de red para probar sus nuevas tecnologías de red inteligente. Los dos se unieron y lanzaron un proyecto de \$ 6 millones llamado IRENE - Integración de Energía Regenerativa y Movilidad Eléctrica. La clave de la red inteligente es un sistema de automatización autoorganizable llamado SOEASY, que equilibra la oferta y la demanda para mantener la red estable.</p> <p>El fenómeno de Wildpoldsried sucede en el marco de la política de transformación energética en Alemania conocida como Energiewende, revolución energética, para reducir la dependencia de hidrocarburos y completamente abandonar la energía nuclear.</p>
IMÁGENES	 <p>https://www.bbc.com/mundo/noticias-36789562</p>
RECOMENDACIONES	<p>Este tipo de apuestas por la implementación de energías renovables son importantes dado que demuestran una visión holística del desarrollo energético de una región que no solo impacta este subsector sino las condiciones de vida de la población, por lo tanto potencialmente se podría considerar cimentar las bases de un plan amplio de energías renovables de fuentes no convencionales a largo plazo para el departamento iniciando por las zonas más vulnerables donde actualmente no se cuenta con el servicio de energía, para obtener victorias tempranas.</p>
ENLACE DE CONSULTA	<p>https://energytransition.org/2014/11/wildpoldsried-testing-ground-for-smart-grid/ https://www.bbc.com/mundo/noticias-36789562</p>

Fuente: elaboración propia con base en (Energiewende Team, 2014); (BBC Mundo, 2016)

Cuadro 37. La planta las olas de Mutriku (Motrico)

NOMBRE DEL MECANISMO	La planta las olas de Mutriku (Motrico)
AÑO	2011
PAÍS	España
DESCRIPCIÓN	<p>El Gobierno Vasco, a través del Ente Vasco de la Energía, ha realizado una apuesta clara por las energías renovables marinas ya que la costa vasca es un emplazamiento óptimo para el desarrollo y ensayo de dispositivos de generación undimotriz y cuenta con una base tecnológica e industrial para posicionarse como un centro de competencia mundial para estas energías.</p> <p>La Planta de ensayo y generación de energía de olas de Mutriku (Motrico)¹⁴ fue inaugurada en julio 2011. La Planta utiliza la tecnología de columna de agua oscilante para generar energía por lo que, cuando la ola llega, el agua entra en la cámara y comprime el aire del interior, que sale a presión por el orificio superior. A su paso impulsa la turbina que, a su vez, hace girar el alternador que produce la energía eléctrica. Cuando la ola se retira succiona aire a través del mismo orificio y vuelve a impulsar la turbina generando nuevamente energía eléctrica. La Planta cuenta con 16 turbinas y en total tiene una potencia instalada de 296 kW.</p> <p>Además de producir energía, esta planta ofrece una oportunidad única para el ensayo de nuevos conceptos de turbinas de aire, estrategias de control y equipamiento auxiliar. Para ello pone a disposición de los desarrolladores las siguientes instalaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cámara de aire fijada al dique • Apertura circular de 750 mm de diámetro que conecta la cámara de aire con la turbina. • Conexión a la red de distribución local • Disponibilidad de datos de sensores: presión y nivel de agua dentro de la cámara, humedad y temperatura ambiental en la galería. <p>En el estudio titulado "Electricity production, capacity factor, and plant efficiency index at the Mutriku wave farm (2014-2016)" los investigadores se centraron en el estudio y análisis de los datos operacionales facilitados por el Ente Vasco de la Energía, que es quien gestiona la planta.</p> <p>Al respecto se destaca que a pesar de que la planta no cuenta con una amplia producción energética, una de las principales ventajas de la Central Undimotriz de Mutriku es la posibilidad</p>

¹⁴ Es un municipio de la provincia de Guipúzcoa, País Vasco

NOMBRE DEL MECANISMO	La planta las olas de Mutriku (Motrico)
	de poder probar prototipos en condiciones reales. Algo que acelera el proceso de desarrollo de cualquier proyecto que esté en vías de investigación y que contribuye al desarrollo de la energía marina a nivel mundial.
IMÁGENES	 <p data-bbox="724 743 1222 772">https://www.eve.eus/Actuaciones/Marina.aspx</p>
RECOMENDACIONES	<p data-bbox="561 772 1385 989">En el Valle del Cauca sería interesante considerar estas fuentes de energía mareomotriz y/o undimotriz para la región de Buenaventura toda vez que cuenta con una gran fuente como lo es el océano pacífico, que potencialmente se podría aprovechar para tal fin, considerando previamente los temas ambientales, culturales y el costo de inversión y de operación.</p> <p data-bbox="561 989 1385 1171">Este desarrollo en el país Vasco como se reflejó es una planta experimental, con algunas falencias de operación y rendimiento, sin embargo, se postula como una gran plataforma para el aprendizaje sobre aprovechamiento de la energía de las olas para generar electricidad.</p>
ENLACE DE CONSULTA	<p data-bbox="561 1171 1385 1247">https://elpais.com/ccaa/2014/11/22/paisvasco/1416676449_012869.html</p> <p data-bbox="561 1247 1161 1283">https://www.eve.eus/Actuaciones/Marina.aspx</p> <p data-bbox="561 1283 1385 1352">https://www.diariorenovables.com/2017/12/central-undimotriz-de-mutriku-analisis-datos-produccion-problemas.html</p>

Fuente: elaboración propia con base en (Ormazabal, 2014); (Agencia Energética del Gobierno Vasco, 2016); (Fernandez, 2017)

6.4. Movilidad eléctrica

MAPA TECNOLÓGICO FOCO ENERGÍA

Factores de cambio

Mecanismos novedosos

MOVILIDAD
ELÉCTRICA

1. Piloto de taxis eléctricos en Bogotá
2. Piloto ZeEUS Europa – Autobuses eléctricos urbanos
3. Tecnología V2G para un proyecto piloto en Génova
4. Carga inductiva ultrarrápida en vehículos eléctricos pesados
5. Estación de carga para vehículos eléctricos propulsada por el viento y la energía solar
6. Carga ultrarrápida de vehículos eléctricos
7. Auto solar con gran autonomía
8. Lancha impulsada con energía solar

Cuadro 38. *Piloto de taxis eléctricos en Bogotá*

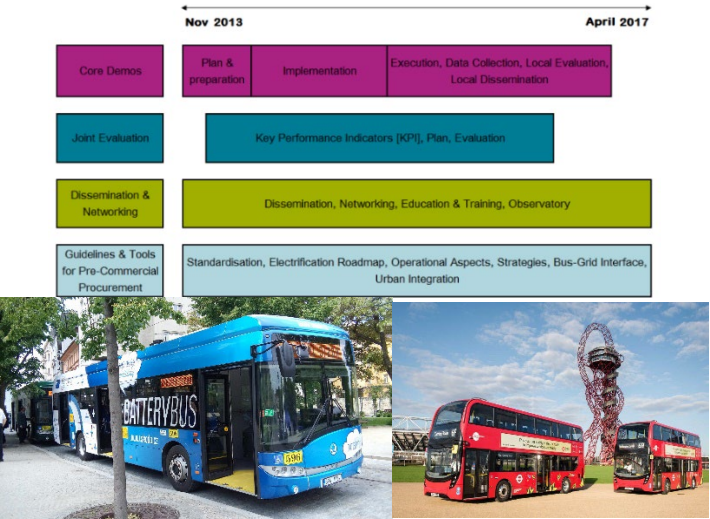
NOMBRE DEL MECANISMO	Piloto de taxis eléctricos en Bogotá
AÑO	2013
PAÍS	Colombia
DESCRIPCIÓN	<p>Consiste en la operación de un piloto de taxis con motores de tracción eléctrica (eTaxis), alimentados por baterías internas recargables en la ciudad de Bogotá. Fue autorizada mediante el Decreto 677 de 2011, con el cual la Administración Distrital expresó la necesidad de desarrollar instrumentos y herramientas que sustenten y favorezcan la posterior formulación de una política de movilidad eléctrica, dando pasos firmes en la modernización y adopción de tecnologías ecoeficientes en el transporte de Bogotá.</p> <p>El objetivo principal es acelerar la implementación de Vehículos Eléctricos en flotas con el mayor kilometraje recorrido en el país. El Piloto de e-Taxis es la primera flota eléctrica en Colombia en servicio público</p> <p>El Distrito Capital, en cabeza de las Secretarías de Ambiente y de Movilidad, ha desarrollado el papel de coordinador, gestor y facilitador para la ejecución de acciones por parte del sector privado, que converjan en el inicio de la operación piloto de taxis eléctricos. Esto no sería posible sin la participación y esfuerzo de entidades como CODENSA, Fundación Clinton, Organización C40, IDR, Praco Didacol, BYD y las empresas de Taxis, que hasta el momento son Taxatélite, Taxis Teleclub, Taxi Roxi Internacional y Radio Taxi Aeropuerto.</p>

NOMBRE DEL MECANISMO	Piloto de taxis eléctricos en Bogotá
	<p>Las principales cifras del piloto son:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 37 vehículos cero emisiones • 34 puntos de carga en 5 ubicaciones • Más de 10 millones de km recorridos • Transporte eficiente para Colombia • Más de 2,500 CO2 TONS evitadas <p>La autonomía que tienen estos vehículos es de 250 kilómetros, cifra cercana al rodamiento de un taxi de combustión en un turno largo de trabajo. Estos 250 kilómetros se obtienen con la carga completa de la batería (100%), que tardará dos horas en cargarse si está vacía; preferiblemente se hará en horas de la noche, lo que depende del taxista. Se tiene la posibilidad de que con una hora adicional de recarga en el transcurso del día, se pueda obtener autonomía adicional de hasta 100 kilómetros más.</p> <p>Las tarifas de servicio son las mismas que aplican para un taxi de combustión en Bogotá.</p>
IMÁGENES	 <p>Flota de e-taxis</p>
RECOMENDACIONES	<p>Santiago de Cali cuenta con una flota de buses eléctricos en el sistema de transporte masivo dando cuenta de la apuesta de la ciudad por implementar tecnologías amigables con el medio ambiente en el transporte público.</p> <p>Este tipo de iniciativas como los taxis eléctricos podrían potencialmente ser implementadas en todo el departamento para mejorar la calidad del aire, ya que estos vehículos no generan emisiones directas; reducir las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (causantes del cambio climático); y disminuir los residuos de aceites lubricantes usados (peligrosos).</p> <p>Por tanto se integrarían iniciativas para que el transporte del servicio público paulatinamente migre a vehículos eléctricos sustituyendo en el mediano y largo plazo la flota de vehículos de combustión.</p>
ENLACE DE CONSULTA	<p>http://ambientebogota.gov.co/web/taxis-electricos-en-bogota/ventajas-beneficios-y-sostenibilidad-de-un-etaxi http://www.andi.com.co/Uploads/LucioRubio.pdf</p>

Fuente: elaboración propia con base en (Alcaldía de Bogotá - Secretaría Distrital de Ambiente , 2013); (Grupo Enel - Codensa, 2018)

Cuadro 39. *Piloto ZeEUS Europa – Autobuses eléctricos urbanos*

NOMBRE MECANISMO	DEL Piloto ZeEUS Europa – Autobuses eléctricos urbanos
AÑO	2013
PAÍS	Europa
DESCRIPCIÓN	<p>El programa sirve para probar soluciones eléctricas a través de demostraciones operativas en vivo en autobuses de alta capacidad y facilitar la captación de autobuses eléctricos en el mercado en Europa.</p> <p>ZeEUS, el sistema de autobuses urbanos de cero emisiones, pretende ser la principal actividad de la UE para extender la solución totalmente eléctrica a la parte central de la red de autobuses urbanos. Encaja en el contexto del objetivo de la Comisión Europea de crear un sistema de transporte competitivo y sostenible.</p> <p>Para lograr su misión, ZeEUS está probando tecnologías innovadoras de buses eléctricos con diferentes soluciones de infraestructura de carga en diez sitios de demostración en toda Europa (Barcelona, Bonn, Cagliari, Londres, Münster, París, Plzen, Randstad, Estocolmo y Varsovia). Gracias a las variadas características geográficas y topográficas, las demostraciones de ZeEUS validan la viabilidad económica, ambiental y social de las soluciones eléctricas.</p> <p>El consorcio ZeEUS representa a todo el espectro de partes interesadas: autoridades y operadores de transporte público, fabricantes de autobuses, proveedores de la industria, proveedores de energía, asociaciones nacionales e internacionales, centros de investigación y consultorías.</p> <p>Además, el proyecto ZeEUS sigue de cerca el desarrollo de sistemas de autobuses eléctricos en todo el mundo a través del Observatorio ZeEUS. Las demostraciones observadas y monitoreadas seleccionadas contribuyen directamente a algunas de las actividades centrales y los resultados estratégicos de ZeEUS.</p> <p>Objetivos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Extender la solución totalmente eléctrica a la parte central de la red de autobuses urbanos compuesta por autobuses de alta capacidad • Evaluar la viabilidad económica, ambiental y social de los sistemas de autobuses urbanos eléctricos a través de escenarios operativos en vivo en toda Europa.

NOMBRE DEL MECANISMO	Piloto ZeEUS Europa – Autobuses eléctricos urbanos
	<ul style="list-style-type: none"> • Facilitar la captación de autobuses eléctricos en el mercado en Europa con herramientas y acciones de soporte dedicadas • Apoyar a los responsables de la toma de decisiones con directrices y herramientas sobre "si", "cómo" y "cuándo" para introducir autobuses eléctricos. <p>El proyecto tiene un presupuesto total de € 22,5 millones con € 13,5 millones provisto por la Dirección General de Movilidad y Transporte de la Comisión Europea a través del Programa FP7.</p>
IMÁGENES	<p style="text-align: center;">Schedule</p>  <p style="text-align: center;">https://zeus.eu/about-zeus/vision</p>
RECOMENDACIONES	<p>Es un proyecto demostrativo referente para el departamento del Valle del Cauca toda vez que representa una plataforma de aprendizaje sobre casos de aplicación de sistemas eléctricos de transporte, de las cuales potencialmente se pueden retomar lecciones aprendidas sobre los componentes económicos, ambientales, sociales y tecnológicos de los sistemas de autobuses urbanos eléctricos</p>
ENLACE DE CONSULTA	<p>https://zeus.eu/about-zeus/vision</p>

Fuente: elaboración propia con base en (ZeEUS, 2013)

Cuadro 40. Tecnología V2G para un proyecto piloto en Génova

NOMBRE DEL MECANISMO	Tecnología V2G (Vehículo a la red) para un proyecto piloto en Génova
AÑO	2017
PAÍS	Italia
DESCRIPCIÓN	<p>Génova es la primera ciudad italiana que cuenta con instalaciones de recarga de vehículos eléctricos con capacidad para volcar energía a la red, lo que se conoce como tecnología V2G. Estas instalaciones son fruto de un acuerdo entre Enel Energía, Nissan Italia y el Instituto Italiano de Tecnología (IIT), que han iniciado un proyecto piloto de carsharing eléctricos corporativos con cargadores V2G en la sede de IIT.</p> <p>Las columnas de recarga que han sido instaladas, por el momento funcionarán unidireccionalmente para cargar los vehículos a la espera de que se defina un marco regulatorio para V2G en Italia. Pero, una vez entren en funcionamiento, esta tecnología permitirá que los coches eléctricos sean capaces de almacenar energía que no utilicen y descargarla a la red.</p> <p>Para el desarrollo de este piloto, Nissan ha cedido a IIT dos vehículos Leaf 100% eléctricos y una plataforma de gestión de aplicaciones. Por su parte, Enel ha instalado dos estaciones de carga V2G.</p>
IMÁGENES	 <p>Inauguración de las instalaciones de recarga eléctrica con capacidad V2G en la sede del Instituto Italiano de Tecnología (IIT), en Génova, como parte del proyecto piloto</p>
RECOMENDACIONES	<p>Este tipo de desarrollos son de importancia para la región toda vez que demuestran el uso de la energía eléctrica mediante un modelo de economía circular, donde los vehículos eléctricos no solo son receptores de energía sino que a su vez potencialmente podrían recircular la energía no empleada al red de suministro. Este tipo de tecnologías implican una serie de medidas de regulación e inversión en infraestructura que se deberán superar para estar a la vanguardia en modelo de</p>

NOMBRE DEL MECANISMO	DEL	Tecnología V2G (Vehículo a la red) para un proyecto piloto en Génova
		<p>economía circular en el sector energético en el Valle del Cauca.</p> <p>Esto supone beneficios directos al usuario del vehículo eléctrico que pueden ser desde los económicos, al ahorro energético, gracias al hecho de poder elegir los horarios de recarga de su vehículo, o introducir a su coche como fuente de energía, lo que supondrá que la red eléctrica bonificaría este aporte de electricidad.</p>
ENLACE DE CONSULTA		https://www.esmartcity.es/2017/05/10/tecnologia-v2g-para-proyecto-piloto-genova

Fuente: elaboración propia con base en (eSMAR, 2017)

Cuadro 41. Carga inductiva ultrarrápida en vehículos eléctricos pesados

NOMBRE DEL MECANISMO	Carga inductiva ultrarrápida en vehículos eléctricos pesados
AÑO	2018
PAÍS	España
DESCRIPCIÓN	<p>El Centro de Investigación de Recursos y Consumos Energéticos (CIRCE) ha desarrollado el primer sistema capaz de transferir potencia de forma inalámbrica a 300 kW, lo que supone triplicar la capacidad alcanzada dos años atrás en el proyecto UNPLUGGED.</p> <p>Con este avance se abre la puerta a la carga inductiva ultrarrápida de vehículos eléctricos pesados, permitiendo realizar la carga de estos vehículos con una reducción del tiempo del 60% respecto a los sistemas actuales y sin la necesidad de conectar ningún cable. Además, el sistema mejora la usabilidad al conductor y tiene un mínimo impacto en las infraestructuras y mobiliario urbanos al estar soterrado.</p> <p>Este nuevo logro se ha obtenido en el marco del proyecto europeo NIWE, financiado por la Comisión Europea a través del programa Horizonte2020 durante el periodo 2013- 2018.</p> <p>El funcionamiento se basa en la circulación de corriente eléctrica entre dos bobinas – una en el suelo y otra en el propio vehículo-, generando un campo magnético que permite que al situarse un vehículo encima de la misma, este comience a cargarse sin que sean precisos cables ni conexiones. El sistema, al estar soterrado, provoca un impacto visual mínimo en la imagen de la ciudad y facilita enormemente la usabilidad por parte de los consumidores.</p>

NOMBRE DEL MECANISMO	Carga inductiva ultrarrápida en vehículos eléctricos pesados
	<p>La carga por inducción cuenta con un enorme campo de aplicación, desde los sistemas para transporte público, empresas de reparto, viviendas privadas hasta el entorno industrial, donde este tipo de carga facilita el automatismo de los procesos, aportando un elemento más estable y robusto que un entramado de cables conductores.</p>
IMÁGENES	 <p>https://www.esmartcity.es/2018/10/29/circe-crea-sistema-inalambrico-transferir-energia-posibilita-carga-ultrarrapida-vehiculos-pesados</p>
RECOMENDACIONES	<p>Santiago de Cali cuenta con una flota de buses eléctricos en el sistema de transporte masivo dando cuenta de la apuesta de la ciudad por implementar tecnologías amigables con el medio ambiente en el transporte público.</p> <p>Potencialmente este tipo de tecnología podrían implementarse en la ciudad en procura de hacer más eficiente la recarga de vehículos eléctricos. De igual forma esto requerirá de inversiones en infraestructura, vehículos con otro tipo de tecnología, regulaciones, etc. Sin embargo, constituye una tendencia emergente que deberá monitorearse para su apropiación futura.</p>
ENLACE DE CONSULTA	<p>https://www.esmartcity.es/2018/10/29/circe-crea-sistema-inalambrico-transferir-energia-posibilita-carga-ultrarrapida-vehiculos-pesados</p>

Fuente: elaboración propia con base en (eSMARTCITY, 2018)

Cuadro 42. Estación de carga para vehículos eléctricos propulsada por el viento y la energía solar

NOMBRE DEL MECANISMO	Estación de carga para vehículos eléctricos propulsada por el viento y la energía solar
AÑO	2015
PAÍS	Argentina
DESCRIPCIÓN	<p>ECO SERVICIO”, es una estación de carga para vehículos eléctricos propulsados por el viento y la energía solar para una movilidad más sostenible. Equipado con paneles fotovoltaicos de última generación y pequeñas turbinas de viento de <u>Windstream Technologies</u>.</p> <p>La instalación llamada “ECO SERVICIO”, es una estación de carga de energía eólica/solar, desarrollada por la empresa argentina SurlandTech, como apoyo a las iniciativas del vehículo eléctrico en las ciudades.</p> <p>La estación de carga se basa en los modelos de autonomía energética desarrollados por la compañía italiana Giulio Barbieri, un fabricante de los puertos de aluminio que integran paneles solares en los vehículos.</p> <p>Entre sus numerosas ventajas, al sumar sinérgicamente dos fuentes de energía renovable, se resalta que se trata de un sistema “portátil” customizable. Esto no significa que se mueva de un lugar a otro, sino que una marquesina como esta puede ser construida en menos de un día, ya que no requiere base o cimientos.</p> <p>Los componentes eléctricos centralizados contribuyen también a la velocidad de la instalación. Cuenta con un cargador estándar de nivel 2 de 30 amperios. “HYBRID” es resistente al agua y ha sido probado para soportar los efectos de viento y nieve .</p> <p>Los clientes pueden elegir entre una gama de colores, junto con la opción de luces LED y pantalla LCD o paneles rígidos para publicidades.</p> <p>Soluciones como “HYBRID” tienen el potencial de hacer los vehículos eléctricos más populares, ayudando a mitigar las emisiones producidas de CO2 al medio ambiente.</p>

NOMBRE DEL MECANISMO	DEL	Estación de carga para vehículos eléctricos impulsada por el viento y la energía solar
IMÁGENES		 http://surlandtech.com/portfolio/vehiculos-estacion-de-carga-hybrid/
RECOMENDACIONES		Como si bien se señala esta tecnología representa una alternativa para la carga de vehículos eléctricos que potencialmente podría tener aplicación en el Valle del Cauca, dado que ya se encuentran vehículos eléctricos circulando y existen estaciones de carga. Además los actores del departamento le han apostado a las energías solares, por lo que sería interesante también aplicar estas tecnologías a la movilidad eléctrica.
ENLACE DE CONSULTA		http://surlandtech.com/portfolio/vehiculos-estacion-de-carga-hybrid/

Fuente: elaboración propia con base en (SurlandTech, 2015)

Cuadro 43. Carga ultrarrápida de vehículos eléctricos

NOMBRE DEL MECANISMO	DEL	Inversiones en carga ultrarrápida de vehículos eléctricos
AÑO		2018
PAÍS		Estados Unidos
DESCRIPCIÓN		<p>Los vehículos eléctricos enfrentan importantes desafíos relacionados con la batería: rango de manejo, costo de la batería, peso y tiempo de recarga. Si bien el rango, el costo y el peso han mejorado significativamente en los últimos años, el tiempo de carga sigue siendo un obstáculo importante para acelerar la adopción global de EV.</p> <p>Al respecto la firma BP ha anunciado la inversión de 20 millones de dólares en StoreDot, compañía líder en innovación de baterías y materiales. En un momento en que el número de vehículos eléctricos está creciendo a gran velocidad, BP trabaja junto a toda la cadena de suministro para apoyar el desarrollo de las tecnologías e infraestructuras requeridas. Entre ellas, la carga ultrarrápida será clave a la</p>

NOMBRE DEL MECANISMO	Inversiones en carga ultrarrápida de vehículos eléctricos
	<p>hora de impulsar la adopción de vehículos eléctricos en todo el mundo.</p> <p>StoreDot ha desarrollado una tecnología de batería basada en iones de litio que permite la carga ultrarrápida en productos industriales y móviles. Con el uso de esta tecnología, StoreDot también está desarrollando una nueva clase de batería de coche eléctrico que hará posible una experiencia de carga comparable a la de repostar con combustible un vehículo tradicional. En este sentido, StoreDot espera tener a la venta sus primeras baterías de carga ultrarrápida para dispositivos móviles en 2019.</p> <p>La batería de nueva generación que se carga completamente en 5 minutos brinda un alcance de 300 millas. StoreDot está desarrollando un nuevo tipo de batería para autos eléctricos que consta de compuestos orgánicos patentados, basados en los materiales innovadores utilizados en su batería flash para dispositivos móviles. La batería del flash EV permitirá una experiencia de carga que es muy similar a cargar combustible en un automóvil de gasolina.</p>
IMÁGENES	 <p>The image block contains two visual elements. The top one is a 3D cutaway diagram of a car, showing the internal battery pack located in the chassis. The bottom one is a photograph of a physical battery pack assembly, showing several individual battery cells mounted on a metal frame.</p> <p>https://www.store-dot.com/business-units</p>
RECOMENDACIONES	<p>En el largo plazo este tipo de baterías innovadoras serían ideales considerarlas para los autobuses del Sistema de Transporte Masivo, para lograr mayor eficiencia en el abastecimiento de energía</p>
ENLACE DE CONSULTA	<p>https://www.bp.com/es_es/spain/prensa/notas-de-prensa/2018/bp-invierte-en-innovacion-carga-ultrarrapida-vehiculos-electricos.html</p>

Fuente: elaboración propia con base en (BP, 2018); (StoreDot, 2018)

Cuadro 44. Auto solar con gran autonomía

NOMBRE DEL MECANISMO	Auto solar con gran autonomía
AÑO	2019
PAÍS	Holanda
DESCRIPCIÓN	<p>La empresa tecnológica Lightyear, fundada en 2016, acaba de presentar el coche solar de largo recorrido “One”. De momento, es un prototipo, pero la compañía holandesa asegura haber recibido un centenar de reservas firmes de este ejemplar, cuya autonomía alcanza los 725 kilómetros (calculada en base al ciclo WLTP) y su precio ronda los 150.000 euros. La marca tiene previsto entregar las primeras unidades en 2021.</p> <p>El auto, con una longitud de unos cinco metros, monta paneles solares a lo largo del techo y el capó. En total son 5 metros cuadrados de células solares integradas en un vidrio de seguridad tan resistente que adulto podría caminar sobre ellas sin romperlas ni provocar abolladuras. Estas placas captan la energía solar para convertirla en la electricidad que mueve los motores equipados en cada una de las ruedas.</p>
IMÁGENES	 <p>https://newdawn.lightyear.one/</p>
RECOMENDACIONES	<p>Este tipo de tecnología para la movilidad son evidencia del nivel de sofisticación y desarrollo tecnológico de la industria automotriz internacional por reinventar sus modelos para vehículos eléctricos. Sin lugar a duda este tipo de vehículos es una alternativa para superar la falta de opciones de carga, las cuales siguen siendo las principales preocupaciones que tienen las personas al plantearse usar los eléctricos. Lógicamente el costo de acceso es alto en el corto plazo, pero eventualmente en el largo</p>

NOMBRE DEL MECANISMO	Auto solar con gran autonomía
	plazo cuando este tipo de tecnología tenga un mayor grado de madurez en el mercado podrán masificarse, siendo una opción optima de movilidad amigable con el medio ambiente.
ENLACE DE CONSULTA	https://www.lavanguardia.com/motor/eco/20190625/463117933753/lightyear-one-coche-solar-autonomia-725-km-llegara-2021.html

Fuente: elaboración propia con base en (La Vanguardia, 2019)

Cuadro 45. Lancha impulsada con energía solar

NOMBRE DEL MECANISMO	Lancha impulsada con energía solar
AÑO	2018
PAÍS	Argentina
DESCRIPCIÓN	<p>Para el año 2018 en navegó por primera vez una lancha impulsada con energía fotovoltaica en Campana (Argentina)</p> <p>Esta embarcación es el resultado de un trabajo conjunto realizado por empresas, asociaciones de bien público, organizaciones no gubernamentales y escuelas, que cuenta con el aval del Organismo Provincial para el Desarrollo Sostenible (OPDS). A través del Programa “Diseño y Optimización de la Economía Circular en Campana”, en el que colabora la Unión Industrial de la Provincia de Buenos Aires (UIPBA), la autoridad ambiental bonaerense fomenta tanto los emprendimientos de energías limpias como la reutilización y reciclaje de los desechos industriales y su puesta en valor en el mercado.</p> <p>La dimensión de la nave es de 8,38 metros de eslora, con capacidad de hasta 15 pasajeros, la cual se impulsa con energía renovable. Su funcionamiento es similar al de un auto eléctrico: emplea la energía eléctrica almacenada en baterías recargables y, durante el viaje, sus paneles solares se recargan.</p> <p>Los estudiantes de la Escuela Técnica Roberto Rocca son los encargados de montar el sistema eléctrico de estas estructuras, dotándolas de luces de seguridad y terminal USB para la carga de celulares, todo alimentado vía paneles solares.</p>

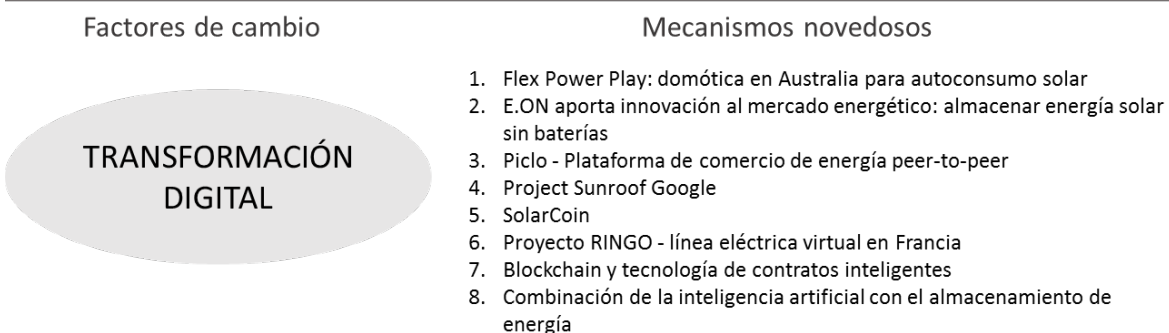
NOMBRE DEL MECANISMO	Lancha impulsada con energía solar
	<p>También se instalaron muelles flotantes construidos con pallets de madera reciclados.</p> <p>Asimismo, al proyecto se sumaron los alumnos de las escuelas técnicas N°4 de Zárate y N° 1 de Campana, que trabajan en la distribución eléctrica interna de la lancha y el armado de las baterías, y la ONG “Honrar la vida”, integrada por jóvenes con problemas de adicción en recuperación, que participa en la construcción de los muelles flotantes.</p> <p>Una vez en el agua, la lancha solar será administrada por la asociación civil “Isleños Unidos II”. Para eso, Prefectura Naval Argentina capacitará a sus operadores y certificará al vehículo antes de su puesta en operaciones. Junto con el Municipio de Campana, se analiza la posibilidad de dotar a la embarcación de un sistema de seguimiento satelital y videovigilancia a bordo.</p>
IMÁGENES	 <p>https://www.clarin.com/tecnologia/diciembre-comienza-navegar-primera-lancha-impulsada-energia-solar-pais_0_YsweL9wYc.html</p>
RECOMENDACIONES	<p>Este tipo de vehículo tendría un gran potencial de utilización en la zona costera del departamento facilitando la navegación de la comunidad para realizar labores productiva, comerciales o de turismo. Además es una evidencia tangible del uso integrado de energías renovables al servicio del transporte además de integrar el uso de productos reciclados.</p>

NOMBRE DEL MECANISMO	Lancha impulsada con energía solar
ENLACE DE CONSULTA	https://www.clarin.com/tecnologia/diciembre-comienza-navegar-primera-lancha-impulsada-energia-solar-pais_0_YsweL9wYc.html

Fuente: elaboración propia con base en (Clarín, 2018)

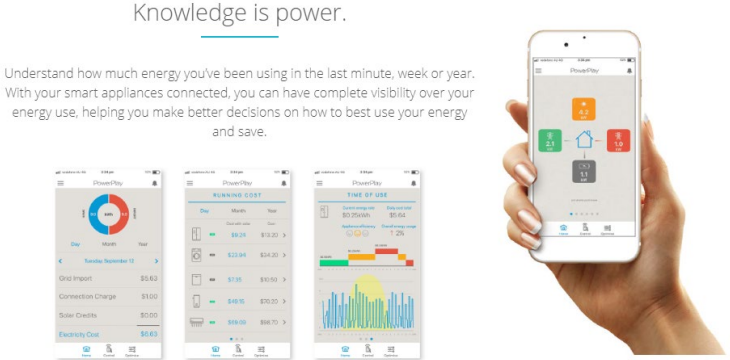
6.5. Transformación digital

MAPA TECNOLÓGICO FOCO ENERGÍA



Cuadro 46. Flex Power Play: domótica en Australia para autoconsumo solar

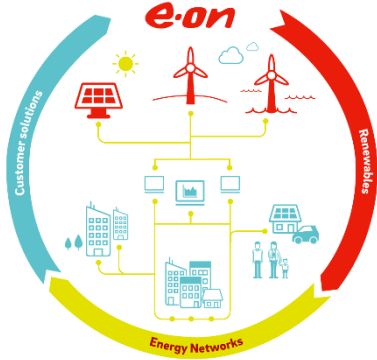
NOMBRE DEL MECANISMO	Flex Power Play: domótica en Australia para autoconsumo solar
AÑO	2017
PAÍS	Australia
DESCRIPCIÓN	<p>Los edificios inteligentes son, en última instancia, todo sobre la energía utilizada en el momento correcto en el lugar correcto. Flex PowerPlay, una plataforma inteligente de energía para el hogar lanzada en 2017 en Australia consta de tres elementos: paneles solares, una batería doméstica y un sistema de monitoreo. La aplicación Energy permite a los usuarios simplemente cambiar entre aparatos y controlar automáticamente las cargas de energía, ayudando a controlar la energía y sus costos. Las soluciones de optimización como esta serán esenciales para que los usuarios aprovechen al máximo su sistema solar y reduzcan las facturas de electricidad.</p> <p>Los usuarios pueden monitorear su generación de energía y usarla en tiempo real en un teléfono inteligente, computadora portátil o tableta. PowerPlay, que funciona con dispositivos habilitados con tecnología inteligente, puede programarse</p>

NOMBRE DEL MECANISMO	Flex Power Play: domótica en Australia para autoconsumo solar
	para encender las luces cuando cae la oscuridad y volver a apagarse cuando regresa la luz del día. Los usuarios también pueden controlar de forma remota el aire acondicionado, la televisión y los sistemas de sonido. La plataforma no solo muestra la cantidad exacta de generación de energía en tiempo real, sino que también permite a los consumidores optimizar automáticamente el consumo.
IMÁGENES	<p>Knowledge is power.</p> <p>Understand how much energy you've been using in the last minute, week or year. With your smart appliances connected, you can have complete visibility over your energy use, helping you make better decisions on how to best use your energy and save.</p>  <p>https://www.hellopowerplay.com/</p>
RECOMENDACIONES	Este tipo de tecnología aplicada a los edificios públicos y privados del departamento facilitarían ahorros en el consumo de energía y un mayor control por parte del usuario en su consumo.
ENLACE DE CONSULTA	https://www.irena.org/publications/2019/Feb/Innovation-landscape-for-a-renewable-powered-future

Fuente: elaboración propia con base en (Agencia Internacional de las Energías Renovables - IRENA, 2019b)

Cuadro 47. E.ON aporta innovación al mercado energético: almacenar energía solar sin baterías

NOMBRE DEL MECANISMO	E.ON aporta innovación al mercado energético: almacenar energía solar sin baterías
AÑO	2018
PAÍS	Alemania, Italia
DESCRIPCIÓN	<p>E.ON es la primera compañía en ofrecer a sus clientes la opción de almacenar su propia energía solar sin la batería habitual. A partir de ahora, los propietarios de sistemas fotovoltaicos pueden alimentar su energía directamente a E.ON SolarCloud sin ningún límite. Se puede acceder a esta cuenta de electricidad virtual no solo para la demanda de energía en el hogar, sino también en otros lugares. E.ON será el primero en ofrecer esta innovación de producto en los mercados de energía en Alemania y en los próximos meses en Italia.</p> <p>E.ON ha estado ofreciendo una solución en la nube desde hace un año, pero hasta ahora solo ha estado disponible junto</p>

NOMBRE DEL MECANISMO	E.ON aporta innovación al mercado energético: almacenar energía solar sin baterías
	<p>con el sistema de almacenamiento de batería E.ON Aura. En este caso, su propia energía solar no se carga en la nube hasta que el tanque de almacenamiento del aura esté completamente lleno. El nuevo sistema es mucho más simple y cómodo. Los clientes ahorran los costos de compra e instalación de un dispositivo de almacenamiento físico y no tienen ningún esfuerzo de mantenimiento. Por encima de todo, los clientes tienen la oportunidad de ahorrar un saldo de crédito de electricidad para el invierno en condiciones favorables y de suministrarse energía solar desde su propio sistema fotovoltaico. No hay más pérdidas de eficiencia.</p> <p>Con E.ON SolarCloud, E.ON apunta a un gran potencial de mercado. Solo en el mercado alemán, hay más de 1.6 millones de operadores de sistemas solares en la actualidad. Según E.ON y en base a los datos de la cooperación de Sunroof entre E.ON y Google, hay otros 10 millones de techos en Alemania que son adecuados para la instalación de sistemas fotovoltaicos.</p>
IMÁGENES	 <p>El diagrama muestra un ciclo de energía con el logo E.ON en la parte superior. Un arco azul a la izquierda está etiquetado como 'Customer solutions', un arco rojo a la derecha como 'Renewables' y un arco verde en la parte inferior como 'Energy Networks'. El centro del diagrama contiene iconos de paneles solares, turbinas eólicas, edificios, una fábrica y un coche eléctrico, todos conectados por líneas que representan la red de energía.</p> <p>https://www.eon.com/en/about-us/profile.html</p>
RECOMENDACIONES	<p>Para los actores del departamento del Valle del Cauca este tipo de desarrollos tecnológicos serían muy atractivos implementarlos en el mediano plazo toda vez que minimizan los costos de almacenamiento de energía provenientes de fuentes renovables.</p>
ENLACE DE CONSULTA	<p>https://www.eon.com/en/about-us/media/press-release/2018/eon-brings-innovation-to-the-energy-market-storing-solar-power-without-batteries.html</p>

Fuente: elaboración propia con base en (E.ON, 2018)

Cuadro 48. Piclo - Plataforma de comercio de energía peer-to-peer

NOMBRE DEL MECANISMO	Piclo - Plataforma de comercio de energía peer-to-peer
AÑO	2015

NOMBRE DEL MECANISMO	Piclo - Plataforma de comercio de energía peer-to-peer
PAÍS	Reino Unido
DESCRIPCIÓN	<p>Piclo lanzado en el 2015 es un mercado de energía en línea revolucionario que está democratizando el acceso a los mercados locales de energía. Piclo está reduciendo las barreras para individuos, comunidades y empresas con paneles solares y baterías para intercambiar entre pares y proporcionar servicios de equilibrio a la red eléctrica local. Como resultado, Piclo está ayudando a resolver una de las barreras más grandes que enfrenta el sistema energético mundial actual: cómo conectar más renovables y vehículos eléctricos a la red sin sacrificar el costo, la eficiencia o la capacidad de recuperación.</p> <p>Piclo es un servicio de emparejamiento para los mercados locales de energía. Así como Airbnb compara a los clientes con los alquileres a corto plazo más relevantes, Piclo compara a los clientes con la energía producida por los paneles solares de sus vecinos. Piclo también permite que los operadores de redes de distribución (DNO) participen al presentar ofertas por "flexibilidad de la demanda" en las partes congestionadas de su red y recompensar a los clientes en consecuencia. El sistema eléctrico es muy complejo con múltiples actores y necesidades diferentes; Piclo ayuda a simplificar y estandarizar todas las oportunidades comerciales locales, ya sean peer-to-peer o directamente con el DNO.</p>
IMÁGENES	 <p>http://mission-innovation.net/our-work/ideas-and-innovators/mission-innovation-solutions/piclo-peer-to-peer-energy-trading-platform/</p>
RECOMENDACIONES	<p>Para el departamento estos son fundamentales en el mediano y largo plazo dado que la tecnología de mercado peer-to-peer elimina las barreras a un sistema de energía descarbonizado y descentralizado. Proporciona un medio escalable para conectar todo a la red sin comprometer el costo, la recompensa o la capacidad de recuperación.</p>

NOMBRE DEL MECANISMO	Piclo - Plataforma de comercio de energía peer-to-peer
	Esta tecnología tiene el potencial de interrumpir los mecanismos de mercado centralizados y manuales diseñados para las compañías de energía tradicionales y los comerciantes, y reemplazarlos con mecanismos de negociación distribuidos y algorítmicos que desbloquean la participación directa de los clientes.
ENLACE DE CONSULTA	http://mission-innovation.net/our-work/ideas-and-innovators/mission-innovation-solutions/piclo-peer-to-peer-energy-trading-platform/

Fuente: elaboración propia con base en (Mission Innovation, 2015)

Cuadro 49. Project Sunroof Google


NOMBRE DEL MECANISMO	Project Sunroof Google
AÑO	2015
PAÍS	Estados Unidos
DESCRIPCIÓN	<p>A medida que el precio de la instalación de la energía solar se ha vuelto menos costoso, más propietarios de viviendas están recurriendo a ella como una posible opción para reducir su factura de energía.</p> <p>Project Sunroof pone en uso los datos expansivos de Google en los recursos de mapeo y computación, ayudando a calcular el mejor plan solar para el usuario.</p> <p>Funcionamiento</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cuando ingresa su dirección, Project Sunroof busca la casa en Google Maps y combina esa información con otras bases de datos para crear un análisis personalizado del techo. • Project Sunroof recomienda un tamaño de instalación para generar cerca del 100% del uso de electricidad, según el tamaño del techo, la cantidad de sol que llega al techo y su factura de electricidad. • Project Sunroof usa los datos actuales de precios de la industria solar para ejecutar los números de arrendamiento, tomar un préstamo o comprar paneles solares para su casa para ayudarlo a elegir lo mejor para usted.

<p>IMÁGENES</p>	 <p>https://www.google.com/get/sunroof/about/</p> <p>http://www.solarpowereurope.org/wp-content/uploads/2018/09/Digitalisation_and_Solar_report_SolarPower_Europe_MEDIUM_RES.pdf</p>
<p>RECOMENDACIONES</p>	<p>Con la apertura de este servicio de Google probablemente en el departamento del Valle del Cauca, se facilitaría la compra de paneles solares en viviendas toda vez que resulta ser una herramienta web práctica para reconocer la necesidad de energía solar y estimar un costo aproximado de la inversión a realizar, sin incurrir en procesos complejos para saberlo.</p>
<p>ENLACE DE CONSULTA</p>	<p>https://www.google.com/get/sunroof/about/</p>

Fuente: elaboración propia con base en (Google Project Sunroof, 2015)

Cuadro 50. SolarCoin

NOMBRE DEL MECANISMO	SolarCoin
AÑO	2014
PAÍS	Global (46 países)
DESCRIPCIÓN	<p>SolarCoin es una iniciativa internacional y comunitaria que promueve el desarrollo de la energía solar y el autoconsumo utilizando una de las tecnologías más disruptivas que han surgido en los últimos años: blockchain.</p> <p>SolarCoin es como un programa de Airmile y cualquier productor de energía solar puede conectar sus paneles solares a la red de SolarCoin registrando su instalación solar en el sitio web de SolarCoin, recibiendo 1 Slr (es decir, SolarCoin, §) por cada MWh de energía solar producida.</p>

NOMBRE DEL MECANISMO	SolarCoin
	<p>Blockchain, la tecnología detrás de Bitcoin y otras monedas digitales, es un libro de contabilidad descentralizado que permite a los participantes comunicar y validar datos y transacciones monetarias en un mismo registro, disponible de igual a igual para todos los participantes en la red. Esto puede aplicarse también a la energía solar.</p> <p>SolarCoin utiliza la tecnología blockchain para generar un registro descentralizado, incorruptible y auditable de la energía solar producida por cualquier propietario de energía solar en adición a los subsidios respaldados por el gobierno.</p> <p>SolarCoin ya está presente en 46 países y ha sido recompensado a más de 2,130,000 MWh de producción de energía solar a modo de prueba, utilizando las API de SolarCoin y SolarCoinraspberrypi3 disponibles para todas las plataformas de monitoreo, EPC, inversores y dataloggers. El objetivo del proyecto SolarCoin es iniciar la transición energética a escala global.</p>
IMÁGENES	 <p>https://solarcoin.org/</p>
RECOMENDACIONES	<p>Esto representa una oportunidad de comercializar los excedentes de energía fotovoltaica en el departamento a través del uso de criptomonedas, conectando a un gran número de usuarios en una misma red. Son referentes de modelos que potencialmente se pueden adaptar al contexto local.</p>
ENLACE DE CONSULTA	<p>http://www.solarpowereurope.org/wp-content/uploads/2018/09/Digitalisation_and_Solar_report_Solar_Power_Europe_MEDIUM_RES.pdf</p>

Fuente: elaboración propia con base en (Solar Power Europe, 2018)

Cuadro 51. Proyecto RINGO - línea eléctrica virtual en Francia

NOMBRE DEL MECANISMO	Proyecto RINGO - línea eléctrica virtual en Francia
AÑO	2020

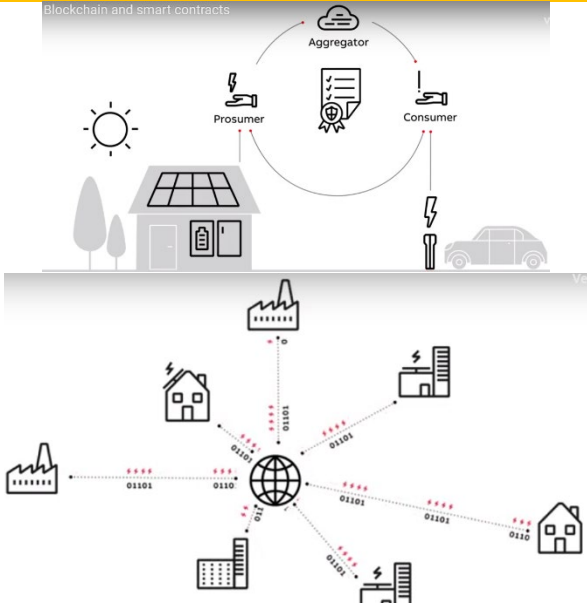
NOMBRE DEL MECANISMO	Proyecto RINGO - línea eléctrica virtual en Francia
PAÍS	Francia
DESCRIPCIÓN	<p>La línea eléctrica virtual diseñada por la empresa de servicios públicos francesa RTE, llamada Proyecto Ringo, entrará en servicio en 2020 por un período de prueba de tres años. El proyecto utilizará sistemas de almacenamiento de energía para aliviar la congestión en lugar de construir líneas eléctricas adicionales. El concepto se basa en soluciones de inteligencia artificial para ayudar al proceso de despacho y para optimizar la gestión de la corriente eléctrica en la red.</p> <p>Debido a que el operador de la red no puede interrumpir el mercado al inyectar electricidad a la red, se diseñó un sistema de almacenamiento y recuperación de baterías simultáneo para operar en tres ubicaciones de la red. Estos sistemas de almacenamiento de batería se colocarán donde las líneas están congestionadas y absorberán grandes cantidades de recursos de VRE. La capacidad de la batería en cada sitio será de 12 MW / 24 MWh.</p> <p>El proyecto prevé que, de 2020 a 2023, las baterías serán operadas únicamente por RTE como líneas eléctricas virtuales</p>
IMÁGENES	 <p>Fuente: https://renewablesnow.com/news/frances-rte-unveils-virtual-power-lines-project-560962/</p>
RECOMENDACIONES	<p>Potencialmente en un mediano plazo este tipo de desarrollo se podrían implementar en el departamento, dando un salto cualitativo en el almacenamiento de energía y el uso de la TIC. Los beneficios tan como lo señala el proyecto es que las baterías ubicadas a ambos lados de una parte congestionada del punto de la red pueden proporcionar almacenamiento de</p>

NOMBRE DEL MECANISMO	Proyecto RINGO - línea eléctrica virtual en Francia
	energía de respaldo durante un evento de contingencia para aliviar la sobrecarga térmica. Estas líneas de transmisión virtual difieren o evitan la necesidad de actualizar las líneas de transmisión física. Se puede usar una cantidad relativamente modesta de almacenamiento para atender la pequeña porción de la demanda máxima que excederá la capacidad de la línea de transmisión. Esto reduciría la reducción de la generación de VRE debido a la congestión de la red.
ENLACE DE CONSULTA	https://www.irena.org/publications/2019/Feb/Innovation-landscape-for-a-renewable-powered-future

Fuente: elaboración propia con base en (Agencia Internacional de las Energías Renovables - IRENA, 2019b)

Cuadro 52. Blockchain y tecnología de contratos inteligentes

NOMBRE DEL MECANISMO	Blockchain y tecnología de contratos inteligentes
AÑO	2019
PAÍS	Suiza
DESCRIPCIÓN	<p>Con el creciente movimiento de consumidores, el crecimiento de la digitalización y la demanda de energías renovables, los modelos tradicionales de energía centralizada están buscando nuevos intercambios de energía revolucionarios.</p> <p>Como respuesta, el líder pionero en tecnología ABB ha estado colaborando con la empresa de servicios líder italiana Evolvere, utilizando la tecnología de blockchain desarrollada previamente con su socio Prosume, para ayudar a entregar transacciones de energía de igual a igual de forma transparente y segura.</p> <p>Descentraliza la forma en que se realizan y administran las transacciones mediante la adopción de un enfoque de igual a igual, confiable y seguro, que reduce la complejidad y los costos para los clientes (servicios públicos, agregadores y la comunidad energética en general). También ofrece una alta eficiencia para los consumidores y proveedores, lo que permite una ejecución rápida y un pago automático para el mantenimiento y otros servicios.</p>

NOMBRE DEL MECANISMO	Blockchain y tecnología de contratos inteligentes
IMÁGENES	 <p>https://new.abb.com/news/detail/23707/abb-and-evolvere-pilot-brings-residential-blockchain-technology-ever-closer</p>
RECOMENDACIONES	<p>En el largo plazo y con la expansión de generación distribuida en el Valle del Cauca, estas tecnologías emergentes tendrán gran pertinencia, dado que el Blockchain se utiliza para almacenar, verificar y mantener transacciones de igual a igual. También tiene un enorme potencial para interrumpir el sector energético, ofreciendo una alternativa de transacción viable a los modelos tradicionales.</p>
ENLACE DE CONSULTA	<p>https://new.abb.com/news/detail/23707/abb-and-evolvere-pilot-brings-residential-blockchain-technology-ever-closer</p>

Fuente: elaboración propia con base en (ABB, 2019)

Cuadro 53. Combinación de la inteligencia artificial con el almacenamiento de energía

NOMBRE DEL MECANISMO	Combinación de la inteligencia artificial con el almacenamiento de energía
AÑO	2017
PAÍS	Estados Unidos
DESCRIPCIÓN	<p>STEM, un proveedor de servicios de energía con sede en EE. UU., ayuda a los clientes comerciales e industriales a reducir sus facturas de energía al utilizar la energía almacenada en sus baterías durante los períodos de mayor demanda. La compañía combina el almacenamiento de la batería con un sistema de análisis basado en la nube para identificar el mejor momento para extraer energía del almacenamiento de la batería (Colthorpe en IRENA, 2019b). STEM utiliza tecnología de inteligencia artificial para mantener un nivel</p>

NOMBRE DEL MECANISMO	Combinación de la inteligencia artificial con el almacenamiento de energía
	<p>constante de uso de energía, lo que ayuda a las empresas a controlar sus cargos por demanda (Pickerel en IRENA, 2019b).</p> <ul style="list-style-type: none"> • Attena La primera IA del mundo para almacenamiento de energía y plantas de energía virtual El valor del almacenamiento de energía radica en los cerebros detrás de las baterías y la red que forman. Athena™ utiliza big data y aprendizaje automático para optimizar el tiempo de uso de la energía con ultra velocidad y precisión. Ella vincula las instalaciones en una red poderosa que puede formar instantáneamente plantas de energía virtuales para generar valor para todos los miembros. • Athena™ continuamente recopila y analiza datos a una velocidad de 400 megabytes por minuto para tomar las decisiones más inteligentes sobre cuándo comprar energía. • Al desviar automáticamente el uso de energía de los tiempos más caros, Athena™ está ahorrando un total de \$ 8 millones por año a través de la base de clientes comerciales de Stem. • Athena™ alimenta la red de sistemas de almacenamiento de energía más grande y confiable del mundo. Juntos, los sistemas de Stem forman plantas de energía virtuales que generan ingresos para los clientes al tiempo que admiten una red más confiable y sostenible.
IMÁGENES	
RECOMENDACIONES	
ENLACE DE CONSULTA	https://www.stem.com/athena/

Fuente: elaboración propia con base en (STEM, 2017); (Agencia Internacional de las Energías Renovables - IRENA, 2019b)

Bibliografía

- ABB. (15 de 05 de 2019). *ABB and Evolvere pilot brings residential blockchain technology ever closer*. Recuperado el 25 de 06 de 2019, de NEW.ABB: <https://new.abb.com/news/detail/23707/abb-and-evolvere-pilot-brings-residential-blockchain-technology-ever-closer>
- Agencia Energética del Gobierno Vasco. (2016). *Energías Marinas*. Recuperado el 24 de 06 de 2019, de Agencia Energética del Gobierno Vasco: <https://www.eve.eus/Actuaciones/Marina.aspx>
- Agencia Internacional de las Energías Renovables - IRENA. (2017). *REthinking Energy 2017*. Obtenido de https://www.irena.org/documentdownloads/publications/irena_rethinking_energy_2017.pdf
- Agencia Internacional de las Energías Renovables - IRENA. (2018). *Colombia Power System Flexibility Assesment. IRENA Flextool Case Study*. Obtenido de https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2018/Nov/IRENA_FlexTool_Columbia_2018.pdf?la=en&hash=635D87180E0CE287F8AA19357D471D6B74FC5DBA
- Agencia Internacional de las Energías Renovables - IRENA. (2019). Recuperado el 27 de 05 de 2019, de Agencia Internacional de las Energías Renovables - IRENA: <https://www.irena.org/Statistics/View-Data-by-Topic/Capacity-and-Generation/Technologies>
- Agencia Internacional de las Energías Renovables - IRENA. (2019). *Global Energy Transformation. A roadmap to 2050*. Obtenido de <https://www.irena.org/publications/2019/Apr/Global-energy-transformation-A-roadmap-to-2050-2019Edition>
- Agencia Internacional de las Energías Renovables - IRENA. (2019a). *A New World. The Geopolitics of the Energy Transformation*. Obtenido de <https://www.irena.org/publications/2019/Jan/A-New-World-The-Geopolitics-of-the-Energy-Transformation>
- Agencia Internacional de las Energías Renovables - IRENA. (2019b). *INNOVATION LANDSCAPE FOR A RENEWABLE-POWERED FUTURE: SOLUTIONS TO INTEGRATE VARIABLE RENEWABLES*. Obtenido de <https://www.irena.org/publications/2019/Feb/Innovation-landscape-for-a-renewable-powered-future>
- Alcaldía de Bogotá - Secretaría Distrital de Ambiente . (2013). *QUÉ SON LOS TAXIS ELÉCTRICOS*. Obtenido de Alcaldía de Bogotá - Secretaría Distrital de Ambiente :

<http://ambientebogota.gov.co/web/taxis-electricos-en-bogota/ventajas-beneficios-y-sostenibilidad-de-un-etaxi>

- Aslani et al., A. (noviembre de 2018). Analysis of bioenergy technologies development based on life cycle and adaptation trends. *Renewable Energy*, 127, 1076-1086. doi:<https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.05.035>
- Asociación de Cultivadores de Caña de Azúcar de Colombia - Asocaña. (2018). *Oportunidades de cogeneración en Colombia*. Obtenido de <http://www.andi.com.co/Uploads/18%20Johan%20Mart%C3%ADnez.pdf>
- Banco Interamericano de Desarrollo. (2016). *Smart Grids Colombia. Visión 2030. Parte I. Antecedentes y Marco Conceptual de Análisis, Evaluación y Recomendaciones para la Implementación de Redes Inteligentes en Colombia*. Obtenido de http://www1.upme.gov.co/DemandaEnergetica/Smart%20Grids%20Colombia%20Visi%C3%B3n%202030/1_Parte1_Proyecto_BID_Smart_Grids.pdf
- BBC Mundo. (14 de 07 de 2016). *Wildpoldsried, el visionario pueblo que produce 5 veces más energía de la que necesita (y vende el resto)*. Recuperado el 24 de 06 de 2019, de BBC: <https://www.bbc.com/mundo/noticias-36789562>
- BBVA - Energías Renovables. (2016). *ENERGÍAS RENOVABLES. CLAVES, DATOS, HISTORIA Y EVOLUCIÓN DE LAS FUENTES LIMPIAS*. Obtenido de <https://www.bbva.com/wp-content/uploads/2016/10/bbva-ebook-Energias-Renovables-ok.pdf>
- Bloomberg*. (09 de 04 de 2019). Obtenido de <https://www.bloomberg.com/graphics/infographics/global-megacities-by-2030.html>
- BP. (28 de 05 de 2018). *BP invierte en innovación para la carga ultrarrápida de vehículos eléctricos*. Recuperado el 25 de 06 de 2019, de BP: https://www.bp.com/es_es/spain/prensa/notas-de-prensa/2018/bp-invierte-en-innovacion-carga-ultrarrapida-vehiculos-electricos.html
- Cámara de Comercio de Cali - Banco de Desarrollo de América Latina. (2015). *Iniciativa Cluster de Bioenergía*. Obtenido de <https://redclustercolombia.com/assets/multimedia/CCC-Carlos-Andr-s-P-rez---BIOENERG-A.pdf>
- Cámara de Comercio de Cali. (2018). *El Poder de la Bioenergía en la Competitividad del Valle del Cauca*. Obtenido de <https://www.ccc.org.co/inc/uploads/2018/05/BI-ON2018-Esteban-Piedrahita-VF.pdf>
- Cámara de Comercio de Cali*. (04 de 26 de 2019). Obtenido de <https://www.ccc.org.co/programas-y-servicios-empresariales/plataforma-cluster/bioenergia/>

- Cámara de Comercio de Cali. (2019). *Al Bagazo, Mucho Caso (Enfoque Competitivo. Informe #113)*. Obtenido de <https://www.ccc.org.co/inc/uploads/2019/05/Valle-de-Bionegocios.pdf>
- Caracol Radio. (12 de 03 de 2019). *En Cali, se construirá la primera granja solar universitaria*. Recuperado el 27 de 05 de 2019, de Caracol Radio: https://caracol.com.co/emisora/2019/03/12/cali/1552391618_627187.html
- CELSIA. (2017). *Empezó a generar energía Celsia Solar Yumbo, primera granja fotovoltaica de Colombia*. Recuperado el 27 de 05 de 2019, de CELSIA: <https://www.celsia.com/es/sala-prensa/empez243-a-generar-energ237a-celsia-solar-yumbo-primera-granja-fotovoltaica-de-colombia>
- CELSIA. (2019). *CELSIA - Energía Solar*. Recuperado el 27 de 05 de 2019, de CELSIA: <https://www.celsia.com/es/energia-solar>
- Choi et al., Y. .. (2019). Microalgae Bioenergy with Carbon Capture and Storage (BECCS): An emerging sustainable bioprocess for reduced CO2 emission and biofuel production. *Bioresource Technology Reports*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.biteb.2019.100270>
- cienciamx noticias. (s.f). *Con energías renovables llevan luz a zonas rurales*. Recuperado el 24 de 06 de 2019, de cienciamx noticias: <http://www.cienciamx.com/index.php/tecnologia/energia/67-con-energias-renovables-llevan-luz-a-zonas-rurales>
- Clarín. (14 de 11 de 2018). *En diciembre comienza a navegar la primera lancha impulsada con energía solar del país*. Recuperado el 25 de 06 de 2019, de Clarín Tecnología: https://www.clarin.com/tecnologia/diciembre-comienza-navegar-primera-lancha-impulsada-energia-solar-pais_0_YsweL9wYc.html
- Comisión de Regulación de Energía y Gas - CREG. (2016). *Evolución del sector energético en Colombia*.
- Departamento Nacional de Planeación - Enersinc. (2017a). *Energy Supply Situation in Colombia (Programa Misión Crecimiento Verde)*. Obtenido de <https://www.dnp.gov.co/Crecimiento-Verde/Documents/ejes-tematicos/Energia/MCV%20-%20Energy%20Supply%20Situation%20vf.pdf>
- Departamento Nacional de Planeación - Enersinc. (2017b). *Taller de Misión Crecimiento Verde. Documento de contexto. Síntesis de los entregables No 1 y 2 del estudio en Desarrollo de Enersic para la Misión Crecimiento Verde*. Obtenido de <https://www.dnp.gov.co/Crecimiento-Verde/Documents/ejes-tematicos/Energia/MCV%20-%20Resumen%20Taller%20MCV%2020171123.pdf>
- Derivex. (2010). *Caracterización del mercado eléctrico colombiano*. Obtenido de <http://www.derivex.com.co/Capacitaciones/Memorias%20de%20Capacitaciones/Ca>

racterizaci%C3%B3n%20del%20Mercado%20El%C3%A9ctrico%20Colombiano.pdf

- Diario Occidente. (25 de 04 de 2019). *De regreso al mercado de los generadores*. Recuperado el 27 de 05 de 2019, de Diario Occidente: <https://occidente.co/calide-regreso-al-mercado-de-los-generadores/>
- E.ON. (30 de 01 de 2018). *E.ON brings innovation to the energy market: storing solar power without batteries*. Recuperado el 26 de 06 de 2019, de E.ON: <https://www.eon.com/en/about-us/media/press-release/2018/eon-brings-innovation-to-the-energy-market-storing-solar-power-without-batteries.html>
- El Espectador. (28 de 11 de 2017). *Empresa francesa dice que granjas solares son alternativa energética para Colombia*. Recuperado el 27 de 05 de 2019, de El Espectador: <https://www.elespectador.com/economia/empresa-francesa-dice-que-granjas-solares-son-alternativa-energetica-para-colombia-articulo-725615>
- El País. (24 de 04 de 2017). *La energía solar enciende el progreso en Buenaventura*. Recuperado el 25 de 06 de 2019, de <https://www.elpais.com.co/valle/la-energia-solar-enciende-el-progreso-en-buenaventura.html>
- El País. (27 de 05 de 2019). *109 buses eléctricos reforzarán la flota del MÍO en el 2020*. Obtenido de El País: <https://www.elpais.com.co/calicon-109-buses-electricos-se-reforzara-la-flota-del-mio-en-el-2020.html>
- Empresas Municipales de Cali - EMCALI. (s.f.). Recuperado el 27 de 05 de 2019, de EMCALI: <https://www.emcali.com.co/web/energia/autogeneracion>
- Empresas Municipales de Cali - EMCALI. (01 de 02 de 2019). *EMCALI pone en marcha su proyecto de movilidad eléctrica en la ciudad*. Obtenido de EMCALI: <https://www.emcali.com.co/sala-prensa/-/noticias/402115>
- Endesa. (enero de 2017). *La Graciosa, la isla de energía inteligente*. Recuperado el 23 de 06 de 2019, de Endesa: <https://www.endesa.com/es/proyectos/a201701-la-graciosa-isla-energia-inteligente.html>
- Enel. (18 de 12 de 2018). *Energía renovable: California es el paraíso ecológico*. Recuperado el 23 de 06 de 2019, de Enel: <https://www.enel.com/es/historias/a/2018/12/energia-renovable-california-innovacion-proteccion-ambiental>
- Energiewende Team. (13 de 11 de 2014). *A small town in Germany becomes a testing ground for a smart grid*. Recuperado el 24 de 06 de 2019, de Energy Transition. The Global Energiewende: <https://energytransition.org/2014/11/wildpoldsried-testing-ground-for-smart-grid/>
- EnergyNews. (06 de 05 de 2015). *Un sistema de microrredes de energía fotovoltaica abastecerá de electricidad zonas rurales de Kenia*. Recuperado el 24 de 06 de 2019,

- de EnergyNews: <https://www.energynews.es/un-sistema-de-microrredes-de-energia-fotovoltaica-abastecera-de-electricidad-zonas-rurales-de-kenia/>
- Escenarios Energéticos. (2018). *Futuro de la Energía en Chile*. Obtenido de <http://futuroenergia.escenariosenergeticos.cl/wp-content/uploads/2018/09/futuro.pdf>
- Escenarios Energéticos. (2018a). *Futuro de la Energía en Chile: Factores de Cambio y Tendencias. Documento base*. Obtenido de http://futuroenergia.escenariosenergeticos.cl/wp-content/uploads/2018/06/Documento-base_31.05.18-1.pdf
- eSMAR. (10 de 05 de 2017). *Tecnología V2G para un proyecto piloto en Génova*. Recuperado el 25 de 06 de 2019, de <https://www.esmartcity.es/2017/05/10/tecnologia-v2g-para-proyecto-piloto-genova>
- eSMARTCITY. (29 de 10 de 2018). *CIRCE crea un sistema inalámbrico para transferir energía que posibilita la carga ultrarrápida en vehículos pesados*. Obtenido de eSMARTCITY: <https://www.esmartcity.es/2018/10/29/circe-crea-sistema-inalambrico-transferir-energia-posibilita-carga-ultrarrapida-vehiculos-pesados>
- Fernandez, S. (18 de 12 de 2017). *Analizamos los datos de la Central Undimotriz de Mutriku. Producción, factor de capacidad, problemas...* Recuperado el 24 de 06 de 2019, de Diario Renovables: <https://www.diariorenovables.com/2017/12/central-undimotriz-de-mutriku-analisis-datos-produccion-problemas.html>
- Frankfurt School - Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). (2017). *GCF Readiness. Componente 4: Análisis Sectorial ENERGÍA*. Obtenido de <https://www.asobancaria.com/wp-content/uploads/2017/03/Diagn%C3%B3stico-Sectorial-Energ%C3%ADa-Pilotos-de-Innovaci%C3%B3n-Financiera.pdf>
- Fuess et al., L. T. (Julio de 2018). Diversifying the technological strategies for recovering bioenergy from the two-phase anaerobic digestion of sugarcane vinasse: An integrated techno-economic and environmental approach. *Renewable Energy*, 122, 674-687. doi:<https://doi-org.bd.univalle.edu.co/10.1016/j.renene.2018.02.003>
- Fundación Chile. (s.f). *Techo 30+*. Recuperado el 24 de 06 de 2019, de FCH -FUNDACIÓN CHILE: <https://fch.cl/proyecto/sustentabilidad/techo-30/>
- Ghemawat, P. (2006). *Estrategia y el panorama empresarial*. Madrid: Pearson.
- Gonzalez et al., M. A. (2014). *Bioenergy technology roadmap for Colombia*. Obtenido de https://www.energycommunity.org/documents/Bioenergy_technology_roadmap_for_Colombia.pdf
- Google Project Sunroof. (2015). *Project Sunroof*. Obtenido de Google: <https://www.google.com/get/sunroof>

- Grassi, M., & G.A.G, P. (2019). Energy-cane and RenovaBio: Brazilian vectors to boost the development of Biofuels. *Industrial Crops & Products*, 129, 201-205. doi:<https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.12.006>
- Grupo de Energía de Bogotá. (09 de 04 de 2019). Obtenido de <https://www.grupoenergiabogota.com/eeb/index.php/transmision-de-electricidad/sector-energetico-en-colombia>
- Grupo Enel - Codensa. (2018). *e-Mobility: Sostenibilidad Pura*. Obtenido de <http://www.andi.com.co/Uploads/LucioRubio.pdf>
- Iluméxico. (2019). *Lo que hacemos*. Recuperado el 24 de 06 de 2019, de Iluméxico: <https://ilumexico.mx/inicio/loquehacemos/>
- Instituto de Tecnología de Massachusetts. (15 de 06 de 2017). *Transparent, flexible solar cells combine organic materials, graphene electrodes*. Recuperado el 25 de 06 de 2019, de MIT Energy Initiative: <http://energy.mit.edu/news/transparent-flexible-solar-cells-combine-organic-materials-graphene-electrodes/>
- La Vanguardia. (25 de 06 de 2019). *Lightyear One, el primer coche solar con una autonomía de 725 km llegará en 2021*. Obtenido de La Vanguardia: <https://www.lavanguardia.com/motor/eco/20190625/463117933753/lightyear-one-coche-solar-autonomia-725-km-llegara-2021.html>
- Lee et al., S. Y. (09 de 04 de 2019). Waste to bioenergy: a review on the recent conversion technologies. *BMC Energy*, 1-22. doi:<https://doi.org/10.1186/s42500-019-0004-7>
- Medina Vasquez, J., & Ortegón, E. (2006). *Manual de prospectiva y decisión estratégica: bases teóricas e instrumentos para América Latina y el Caribe*. Santiago de Chile: Cepal. Obtenido de <https://www.cepal.org/ilpes/publicaciones/xml/3/27693/manual51.pdf>
- Miles, I. (2010). The development of technology foresight: A review.
- Ministerio de Educación Nacional. (2017). *Marco Nacional de Cualificaciones Colombia. Subsector Eléctrico: Eslabones de Generación y Distribución*. Obtenido de https://www.mineducacion.gov.co/1759/articles-362824_recurso.pdf
- Ministerio de Energía de Chile. División de energías renovables. (2017). *Ley de Generación Distribuida (Ley 20,571)*. Obtenido de http://www.sec.cl/pls/portal/docs/PAGE/SEC2005/ELECTRICIDAD_SEC/ERN/GENERACION_DISTRIBUIDA/DOCUMENTACION/TAB6121713/1%20PRESENTACION%20LEY%2020571.PDF
- Ministerio de Minas y Energía. (07 de 04 de 2019). Obtenido de <https://www.minenergia.gov.co/descripcion>
- Mission Innovation. (2015). *PICLO PEER-TO-PEER ENERGY TRADING PLATFORM*. Recuperado el 25 de 06 de 2019, de Mission Innovation: [195](http://mission-</p>
</div>
<div data-bbox=)

innovation.net/our-work/ideas-and-innovators/mission-innovation-solutions/piclo-peer-to-peer-energy-trading-platform/

Noguiera, R. (10 de 01 de 2017). *SONNEN, EL “TESLA ALEMÁN” QUE REVOLUCIONA LA ECONOMÍA COLABORATIVA CON ELECTRICIDAD GRATIS*. Recuperado el 23 de 06 de 2019, de Muhimu: <https://muhimu.es/medio-ambiente/sonnen-electricidad-gratis/>

Norme UNE 166006. (2018). *Gestión de la I+D+i: Sistema de vigilancia e inteligencia*. AENOR, Normalización española. Obtenido de <https://www.aenor.com/normas-y-libros/buscador-de-normas/une?c=N0059973>

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico - Agencia Internacional de Energía. (2017). *Digitalization & Energy*. Obtenido de <https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/DigitalizationandEnergy3.pdf>

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico - Agencia Internacional de Energía. (2017). *Technology Roadmap. Delivering Sustainable Bioenergy*. Obtenido de https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/Technology_Roadmap_Delivering_Sustainable_Bioenergy.pdf

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico - Agencia Internacional de Energía. (2018). *World Energy Outlook 2018. Resumen Ejecutivo*. Obtenido de <https://webstore.iea.org/download/summary/190?filename=spanish-weo-2018-es.pdf>

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico - Agencia Internacional de Energía. (2019). *World Energy Balances. Complete energy balances for over 150 countries and regions*. Recuperado el 05 de 13 de 2019, de International Energy Agency: <https://www.iea.org/statistics/balances/>

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico - Agencia Internacional de Energía y Eurostat. (2007). *Manual de estadísticas energéticas*. Obtenido de https://www.iea.org/stats/docs/statistics_manual_spanish.pdf

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico - OCDE. (2016). *OECD Science, Technology and Innovation Outlook 2016*. Obtenido de https://www.ewi-vlaanderen.be/sites/default/files/bestanden/oecd_science_technology_and_innovation_outlook_2016.pdf

Ormazabal, M. (23 de 11 de 2014). *La central de olas de Mutriku obtiene 36.000 euros por venta de electricidad*. Recuperado el 24 de 06 de 2019, de EL PAÍS: https://elpais.com/ccaa/2014/11/22/paisvasco/1416676449_012869.html

Ortíz, F. (2018). Presentación: Rutas de Sofisticación y Competitividad. Santiago de Cali.

- Palop, Fernando , F., & Vicente, J. (1999). *Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Competitiva. Su potencial para la empresa española.* . Madrid: Serie Estudios Cotec. Número 15. Fundación COTEC.
- PriceWaterhouseCoopers. (2015). *La transición del sector energético. XIV Encuesta Mundial del Sector Eléctrico y de Energía.* Obtenido de <https://www.pwc.es/es/publicaciones/energia/assets/xiv-encuesta-mundial-energia-resumen-ejecutivo.pdf>
- PriceWaterhouseCoopers. (2016). *Cinco Megatendencias y sus posibles implicaciones.* Obtenido de <https://www.pwc.com/co/es/publicaciones/megatendencias-2016.pdf>
- PriceWaterhouseCoopers. (2018). *Megatendencias. Las 5 tendencias globales que están cambiando la forma como vivimos y hacemos negocios.* Obtenido de https://www.pwc.com/ve/es/publicaciones/assets/PublicacionesNew/Boletines/Boletin_Megatendencias_2018.pdf
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo PNUD. (2016). *Objetivos de Desarrollo Sostenible.* Obtenido de PNUD: <https://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals.html>
- PV Magazine. (9 de 05 de 2019). *Laboratorio Nacional para la Industria Solar en Tepeji del Río.* Recuperado el 24 de 06 de 2019, de PV Magazine - México: <https://www.pv-magazine-mexico.com/2019/05/09/laboratorio-nacional-para-la-industria-solar-en-tepeji-del-rio/>
- Revista Dinero. (12 de 11 de 2017). *Granja solar del Valle del Cauca genera tanta energía como el consumo de 236 hogares.* Recuperado el 27 de 05 de 2019, de Revista Dinero: <https://www.dinero.com/empresas/articulo/green-yellow-y-su-granja-solar-en-palmira-valle-del-cauca/253167>
- Robert, F. C., & Gopalan, S. (Octubre de 2018). Low cost, highly reliable rural electrification through a combination of grid extension and local renewable energy generation. *Sustainable Cities and Society*, 42, 344-354. doi:<https://doi.org/10.1016/j.scs.2018.02.010>
- Sánchez, A. S., Torres, E. A., & Kalid, R. A. (Septiembre de 2015). Renewable energy generation for the rural electrification of isolated communities in the Amazon Region. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 49, 278-290. doi:<https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.04.075>
- Sánchez, J., Medina, J., & León, A. (2007). Publicación internacional de patentes por organizaciones inventores de origen colombiano. *Cuaderno de economía*, 26(47). Obtenido de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-47722007000200010
- SMART HYDRO POWER. (2017). *Proyecto SMART de Electrificación Híbrida de una Aldea en Marisol, Perú.* Recuperado el 24 de 06 de 2019, de SMART HYDRO

- POWER: <https://www.smart-hydro.de/es/proyectos-energias-renovables/electrificacion-hibrida-de-una-aldea-peru/>
- SMARTGRIDSINFO. (26 de 01 de 2017). *Brooklyn Microgrid, una microrred con tecnología Blockchain y energía fotovoltaica*. Recuperado el 24 de 06 de 2019, de SMARTGRIDSINFO: <https://www.smartgridsinfo.es/2017/01/26/brooklyn-microgrid-microrred-tecnologia-blockchain-energia-fotovoltaica>
- Solar Power Europe. (2018). *Digitalisation & Solar Task Force Report*. Obtenido de http://www.solarpowereurope.org/wp-content/uploads/2018/09/Digitalisation_and_Solar_report_SolarPower_Europe_MEDIUM_RES.pdf
- STEM. (2017). *Introducing athena powered by stem*. Recuperado el 26 de 06 de 2019, de STEM Energy Superintelligence: <https://www.stem.com/athena/>
- StoreDot. (2018). *EV Flash Battery for EV*. Recuperado el 25 de 06 de 2019, de StoreDot: <https://www.store-dot.com/business-units>
- Strzalka, R., Schneider, D., & Eicker, U. (2017). Current status of bioenergy technologies in Germany. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 72, 801–820. doi:<https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.01.091>
- Superintendencia de Industria y Comercio. (2011). *Análisis descriptivo y estructural del sector de Energía en Colombia*. Obtenido de <https://docplayer.es/15008774-Estudios-de-mercado-analisis-descriptivo-y-estructural-del-sector-de-energia-en-colombia.html>
- SurlandTech. (2015). *VEHÍCULOS: ESTACIÓN DE CARGA HYBRID*. Recuperado el 25 de 06 de 2019, de SurlandTech: <http://surlandtech.com/portfolio/vehiculos-estacion-de-carga-hybrid/>
- (s.f.). *Technology Roadmap. Delivering Sustainable Bioenergy*.
- Unidad de Planeación Minero Energética - UPME. (2019b). *Señales de expansión en relación con las FNCER y conexiones (Conferencia en el III Encuentro Internacional de Energías Renovables)*. Obtenido de <https://drive.google.com/file/d/1D9BZm5arI0r6wEymNI5ufNUBT3OBQ1L3/view>
- Universidad Autónoma de Occidente - UAO. (08 de 05 de 2015). *El Sistema Solar Fotovoltaico de mayor potencia instalado en una institución educativa en Colombia*. Recuperado el 27 de 05 de 2019, de UAO: <https://www.uao.edu.co/noticias/sistema-solar-fotovoltaico-uao>
- Universidad Autónoma de Occidente - UAO. (17 de 03 de 2017). *Inició segunda fase del Sistema Solar Fotovoltaico*. Recuperado el 27 de 05 de 2019, de UAO: <https://www.uao.edu.co/noticias/inicio-segunda-fase-del-sistema-solar-fotovoltaico>

- Universidad de San Buenaventura Cali. (2019). *USBCali le dice Hola al sol - única universidad con granja solar*. Recuperado el 27 de 05 de 2019, de USBCali: <https://www.usbcali.edu.co/node/5831>
- Vezzoli, C., Ceschin, F., Osanjo, L., M'Rithaa, M., Moalosi, R., Nakazibwe, V., & Diehl, J. (2018). *Designing Sustainable Energy for All Sustainable Product-Service System Design Applied to Distributed Renewable Energy*. Cham, Suiza: Springer.
- World Energy Council. (2019). *World Energy. Issues Monitor 2019*. Obtenido de <https://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2019/02/1.-World-Energy-Issues-Monitor-2019-Interactive-Full-Report.pdf>
- World Energy Council y Oliver Wyman. (2018). *World Energy. Trilemma Index 2018*. Obtenido de <https://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2018/10/World-Energy-Trilemma-Index-2018.pdf>
- XM. (2007). *Mercados de energía de los físico a lo financiero*. Obtenido de <http://www.xm.com.co/BoletinXM/Documents/Uniandes-Presentacion%20Pablo%20Corredor%20XM%20v2007.pdf>
- XM. (2019). *Incorporación de Fuentes Renovables No Convencionales al Sistema Eléctrico Colombiano (Conferencia en el marco)*. Obtenido de https://drive.google.com/file/d/1QbxpRdef2eZEydlGUq_cxwfdHP4fSo4H/view
- ZeEUS. (2013). *Vision Zero Emission Urban Bus System*. Recuperado el 25 de 06 de 2019, de <https://zeeus.eu/about-zeeus/vision>

Anexo. Consulta a expertos

Cuadro 54. Pregunta 1. Identificación de problemáticas

Describa brevemente cinco problemáticas relacionadas con el desarrollo / diversificación de las energías renovables no convencionales en el departamento del Valle del Cauca (pueden ser desde la perspectiva de la oferta o la demanda).	
No	Respuestas
1	Falta de inversión que permita desarrollar en el departamento alternativas para la diversificación de la matriz eléctrica en zonas interconectadas.
2	Poca inversión en proyectos que le permitan a las zonas no interconectadas del departamento dejar de depender de combustible diésel
3	Poco conocimiento en energías renovables en el departamento
4	Falta de recursos para investigación que permitan el desarrollo de energías renovables en el departamento
5	No hay tratamiento diferencial que compense características de la generación y los mayores costos de generación
6	Muchos cargos a la generación que reducen la rentabilidad: Transferencias Ley 99, Sobretasa seguridad, cargos por respaldo de red.
7	Difícil generación de bonos verdes
8	No hay incentivo para la compra de energía verde
9	Dependencia de los combustibles fósiles
10	Creciente oferta/demanda de biodiesel y bioetanol, lo cual no es renovable y no reduce sustancialmente las emisiones de CO ₂
11	Infraestructura para interconexión de redes y microrredes en zonas vulnerables
12	No se siguen los modelos energéticos de países con economías sobresalientes donde apuestan a la energía solar
13	No existe un apoyo suficiente para desarrollar nuevos materiales para aprovechar la energía solar, esto hace que nuestras investigaciones sean más apreciadas en el exterior
14	Costo de la tecnología para las energías renovables
15	"Costo económico" de las energías convencionales
16	Desconocimiento de cogeneración
17	Vientos con velocidades bajas
18	Poca motivación en escalamiento de biomasa residual sector pecuario
19	Mal diseño de proyectos
20	Falta de apoyo gubernamental
21	Falta de capacitación de comunidades
22	Desconocimiento de las ventajas en las comunidades
23	Falta trabajo en equipo
24	Monocultivo
25	Desestimulo a producción de energéticos comerciales de Biomosas residuales
26	No acompañamiento estatal a la investigación de recursos y proyectos energéticos renovables y sustentables
27	Desvinculación de equipos de trabajo Universidad- Estado-Industria
28	Se requiere estímulo a la eficiencia energética a todo nivel
29	Poca o nula participación activa de la demanda
30	Poca cobertura de tecnologías de información y comunicación digital - AMI
31	Monopolio de los grandes generadores de energía a partir de fuentes convencionales
32	Altos costos de inversión en tecnologías foráneas
33	Análisis del problema energético desde una o dos perspectivas: técnica y económica.
34	Costos
35	Calidad técnica de las instalaciones
36	Calidad y certificación de los equipos

Describa brevemente cinco problemáticas relacionadas con el desarrollo / diversificación de las energías renovables no convencionales en el departamento del Valle del Cauca (pueden ser desde la perspectiva de la oferta o la demanda).

37	Capacitación de las empresas diseñadoras e instaladoras
38	Barreras de entrada para la conexión por parte del OR
39	Incentivos enfocados a deducir renta sobre proyectos grandes y en grandes empresas más no para el usuario regulado
40	Poca inversión estatal en zonas no interconectadas
41	Poca sostenibilidad de proyectos para mantenibilidad
42	Alto nivel de cobertura más costos elevados de inversión de entrada de las ERNC

Fuente: Elaboración propia con base en consulta tipo Delphi foco de energía en el Valle del Cauca

Cuadro 55. Pregunta 2. Casos de éxito para la identificación de posibles soluciones de problemáticas

Por favor indique posibles casos de éxito (ciudades, regiones, países, centros de investigación, desarrollo e innovación, universidades, empresas, tecnologías emergentes, políticas públicas, etc.) a nivel nacional o internacional, que sirvan de referentes para el departamento en búsqueda de hallar soluciones a las problemáticas identificadas anteriormente

No	Respuestas
1	Reino Unido, Corea, China y Australia: desarrollo de energías renovables acuáticas.
2	Reino Unido: desarrollo de biomasa.
3	Regulación española, subastas en otros países que diferencian tipos de tecnologías
4	Gobierno de la región de Baviera en Alemania, donde diferentes universidades poseen toda la infraestructura para el desarrollo de novedosas celdas solares y así se crean empresas de base tecnológica muy dinámicas con el apoyo del gobierno de Baviera y el sector privado. Todo esto ha hecho que Alemania sea uno de los países pioneros en esta área importando conocimiento, tecnología y capital humano.
5	Israel, España, algunas regiones de Estados Unidos y Alemania.
6	Casos en la Universidad Autónoma de Occidente con la sede propia, con comunidades, etc.
7	Sistemas de Producción AGROECOLOGICA, no utilizan agroquímicos de síntesis y por tanto no usan energía (tanto de producción, como de transporte de agroquímicos de síntesis). Estos sistemas productivos preservan cultura agropecuaria, cultura medioambiental, cultura social y tiene un alto grado de soberanía energética.
8	Micro-red de Huatacondo (Chile)
9	Parque Tecnológico de Guatiguará de la Universidad Industrial de Santander (Colombia).
10	El sistema fotovoltaico de la Universidad Autónoma de Occidente de Cali, liderado por el grupo de investigación en energías – GIEN
11	Micro frisa en Chile
12	Proyecto Fortum de smart grid en Estocolmo
13	NREL USA

Fuente: Elaboración propia con base en consulta tipo Delphi foco de energía en el Valle del Cauca

Cuadro 56. Pregunta 3. Identificación de oportunidades

Mencione brevemente cinco oportunidades relacionadas con el desarrollo / diversificación de las energías renovables no convencionales para el Valle del Cauca al 2032 (pueden ser desde la perspectiva de la oferta o la demanda)

No	Respuestas
1	Buenaventura y el Pacífico en energías renovables acuáticas y eólica.
2	Zonas agrícolas producción de energía a partir de la biomasa
3	Energía solar en todo el departamento
4	Sistemas de transporte masivo basado en energías renovables
5	El departamento puede ser autosuficiente con una alta participación de energía renovable convencional y no convencional
6	Amplia disponibilidad de biomasa

Mencione brevemente cinco oportunidades relacionadas con el desarrollo / diversificación de las energías renovables no convencionales para el Valle del Cauca al 2032 (pueden ser desde la perspectiva de la oferta o la demanda)

7	Cuencas hidrográficas que pueden ser reforestadas y generar tanto energía en PCH como bonos verdes
8	Amplio tejido empresarial que puede tener una producción más verde
9	Desarrollo de moléculas útiles para implementar en celdas solares
10	Fabricación de dispositivos totalmente colombianos o vallecaucanos que abran un marco de competitividad
11	Ubicar al Valle del Cauca como una región líder en generación de energía eléctrica
12	Generación de energía eléctrica limpia y ambientalmente amigable
13	Fortalecimiento de las capacidades de investigación e innovación de la región
14	Mejor aprovechamiento con biodigestores en el sector rural y suburbano
15	Aprovechamiento masivo de la energía solar
16	Aprovechamiento de la energía eólica para conversión mecánica y aplicaciones de bajo consumo eléctrico
17	Educación ambiental
18	Cogeneración con la industria
19	Recursos
20	Precios actuales
21	Personal
22	Disposición
23	Conocimiento del sector productivo
24	Apoyar la Eficiencia Energética en los sistemas de ciudad y rurales
25	Desarrollar energía marina
26	Promover (desmontando monocultivos) sistemas de producción Agroecológica
27	Empoderamiento del usuario - Participación activa de la demanda
28	Reducción de costos de expansión de redes eléctricas con gestión de demanda activa
29	Digitalización y expansión de Infraestructura de Medición Avanzada - AMI
30	Generación de valor para los usuarios a través de modelos de negocio
31	Desarrollo de una nueva fuente de negocios y empleo a través de empresas contratistas
32	Desarrollo de la investigación en las instituciones de educación superior
33	Posibilidad de independencia energética
34	Incremento de cobertura con proyectos de energía renovable
35	Respuesta a la demanda para bajar precio de bolsa y mejorar consumo
36	Diversificación de la matriz energética con generación distribuida
37	Profundización de generación con biomasa
38	Disminución de demanda por autogeneración

Fuente: Elaboración propia con base en consulta tipo Delphi foco de energía en el Valle del Cauca

Cuadro 57. Pregunta 4. Casos de éxito referentes para el aprovechamiento de las oportunidades

Por favor indique posibles casos de éxito (ciudades, regiones, países, centros de investigación, desarrollo e innovación, universidades, empresas, tecnologías emergentes, políticas públicas, etc.) a nivel nacional o internacional, que sirvan de referentes para el aprovechamiento de las oportunidades identificadas.

No	Respuestas
1	Reino Unido, Corea, China y Australia: desarrollo de energías renovables acuáticas
2	Reino Unido: desarrollo de biomasa
3	California en EEUU
4	Como mencioné anteriormente el caso de Alemania, también se destacan Francia, España, China, Japón y en menor medida Estados Unidos. Lo más paradójico es que Arabia Saudita inaugurará este año el parque solar más grande del mundo, porque se dan cuenta que el mercado de combustibles fósiles en un futuro cercano será limitado, por eso el gobierno Saudí ha apostado sustancialmente en el área de energía fotovoltaica a través de King Abdullah University of Science and Technology.

Por favor indique posibles casos de éxito (ciudades, regiones, países, centros de investigación, desarrollo e innovación, universidades, empresas, tecnologías emergentes, políticas públicas, etc.) a nivel nacional o internacional, que sirvan de referentes para el aprovechamiento de las oportunidades identificadas.

5	Israel, proyectos académicos de las universidades nacionales e internacionales (que se quedaron solo en documentos), documento sobre dirección en la investigación a futuro en su capítulo 8 : energía de la universidad nacional
6	Micro-red de Huatacondo (Chile)
7	Parque Tecnológico de Guatiguará de la Universidad Industrial de Santander (Colombia)
8	La universidad autónoma de occidente de Cali y la empresa EPSA-CELSIA
9	Proyecto Fortum Estocolmo
10	PGE pacific gas and electric en EU
11	CAISO

Fuente: Elaboración propia con base en consulta tipo Delphi foco de energía en el Valle del Cauca

Cuadro 58. Pregunta 5. Casos de éxito referentes para el aprovechamiento de las oportunidades

Conoce usted alguna iniciativa innovadora a nivel departamental y/o nacional en la implementación de energías renovables no convencionales.

No	Respuestas
1	Si la Universidad Cooperativa de Colombia está desarrollando un proyecto con fondos internacionales en energías renovables acuáticas en el Caribe colombiano
2	Celsia
3	Si las conozco. Pero allí me siento un poco impedido pues dentro de mi Grupo de Investigación de Compuestos Heterocíclicos de la Universidad del Valle hemos hecho unos aportes significativos en el área; con más de 30 artículos internacionales publicados y 4 doctores formados en el área y 3 más en formación, además nos integramos al centro CIBIOFI que es financiado por el fondo de regalías del Valle del Cauca, donde aumentamos nuestras capacidades para el desarrollo de estos dispositivos generadores de energía eléctrica
4	CELSA en energía solar
5	Empresa radicada en Medellín con uso masivo de biodigestor para producción de electricidad
6	Diversos proyectos institucionales para aprovechamiento de áreas en cubiertas para fotovoltaica
7	Innovadoras no son, porque estas tecnologías no son nuevas. Pero hay muchos proyectos interesantes.
8	Sí, la del estudiante de doctorado Juan David Mina: Metodología para la planificación integral de micro-redes eléctricas en el sur occidente colombiano, considerando aspectos de respuesta de la demanda
9	La universidad autónoma de occidente de Cali
10	Bajo calima en Valle del Cauca
11	Cluster de cogeneradores del Valle
12	Parques solares en Yumbo, Santander y costa atlántica

Fuente: Elaboración propia con base en consulta tipo Delphi foco de energía en el Valle del Cauca

Cuadro 59. Pregunta 6. Retos y desafíos a largo plazo 2032

Qué posibles retos o desafíos a largo plazo (2032) deberá afrontar el departamento del Valle del Cauca para asegurar un sector energético sustentable	
No	Respuestas
1	Empezar a investigar el aprovechamiento de fuentes de energía no convencionales como la fotovoltaica y la eólica
2	Aceptación por parte de los usuarios de la electricidad de cambios en los procesos o hábitos de consumo de esta. Hay que comenzar a ver el usuario o la demanda como un pivote dentro del sistema eléctrico, el cual posibilite, por ejemplo, aplazamiento de inversiones en infraestructura eléctrica, etc
3	Revisar y redirigir la educación, deporte y rescate de la cultura Vallecaucana. Rescatar la línea de Ferrocarril Apoyo contundente al sector agropecuario regional contando con la fortaleza del arraigo agropecuario de sus gentes, para incentivar sistemas de Agricultura familiar y comunitaria. Repoblamiento de los campos, mediante el apoyo a proyectos productivos
4	Aumentar su capacidad instalada. - implementar FNCER en Buenaventura rural. - fortalecer SRT en todo el depto. - desarrollo del primer C I+D.
5	Masificación de las energías alternativas (integradas, principalmente biomasa residual (no cultivos energéticos), energía solar, energía eólica) para obtener instalaciones competitivas con las energías convencionales disponibles en la región.
6	Se debe pensar en una red regional de energía solar interconectada con todos los municipios, para esto se debe posicionar el departamento como un referente en energía solar como energía limpia y ambientalmente amigable, con este fin se deben fortalecer las capacidades de la investigación básica para ser una región energéticamente independiente.
7	Adecuación de redes, estímulo a la generación con FNCER
8	Incentivos a la inversión e investigación que soporten la transición de energías convencionales a energías renovables
9	Baja en demanda en las redes de distribución
10	Deformación de la curva de demanda, incrementando el pico y bajando el valle (curva del pato), debe incentivarse el consumo de energía en horas valle para mitigar esta situación en el largo plazo

Fuente: Elaboración propia con base en consulta tipo Delphi foco de energía en el Valle del Cauca