



**Resumen ejecutivo del
Plan de Acción Indicativo**

PAI-PROURE 2022-2030

Resumen ejecutivo del Plan de Acción Indicativo PAI-PROURE 2021-2030

La Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME) presenta en este documento el Plan de Acción Indicativo del Programa de Uso Racional de Energía (PAI-PROURE) para el periodo 2022-2030, documento en el que se establecen las metas indicativas de eficiencia energética¹ para el país, entendida como un recurso valioso en el marco de la transformación energética.

El propósito de este plan es contribuir a la consecución de los objetivos de política energética de largo plazo, que buscan propiciar la transformación energética, entendida como un cambio hacia un sistema energético descentralizado, descarbonizado y digitalizado.

En este sentido, la eficiencia energética es un recurso que contribuye al desafío de abastecer una demanda creciente, ya que alivia las necesidades de explotar nuevos recursos energéticos y ampliar la infraestructura existente para satisfacer nuevos consumos. De igual manera, aporta a la competitividad de la economía colombiana y a la protección del consumidor, puesto que mejorar la eficiencia energética implica reducir el consumo energético sin sacrificar confort o productividad. Finalmente, la eficiencia energética también ayuda a utilizar los recursos naturales de manera sostenible con el medio ambiente.

En este contexto, la propuesta de visión a 2030 del PAI-PROURE es reducir la brecha tecnológica en el uso de la energía, mediante la adopción de medidas, dispositivos y equipos costo-eficientes.

De acuerdo con los análisis realizados en este ejercicio, la implementación de las medidas propuestas en esta versión del PAI-PROURE implica una **reducción de consumo de 1,688 PJ en el periodo 2022-2030**. Lo anterior, significa que la eficiencia energética le puede ahorrar al país 1 año de consumo energético y sus costos asociados. Vale añadir que la tasa de crecimiento anual del consumo de energía del escenario de **eficiencia energética es de 0.35%, que se compara con la tasa de 2.38% del escenario tendencial**.

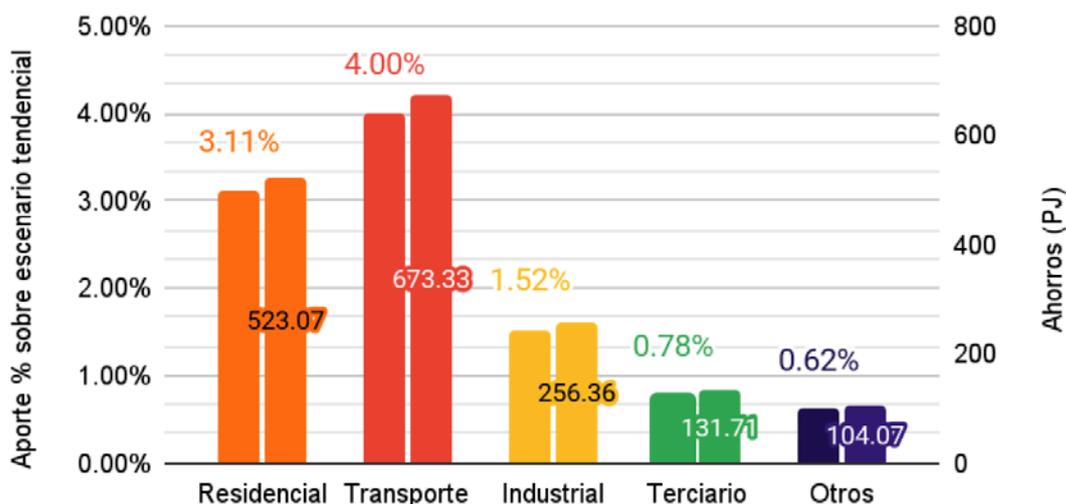
Por el lado de las emisiones de CO₂, **la simulación del PAI-PROURE arroja un potencial de 85.02 MtonCO₂ evitadas en el periodo analizado**. Lo anterior, equivale a una reducción estimada del 22% para las emisiones estimadas en el año 2030 para los sectores de consumo final.

El ahorro energético estimado de 1,688 PJ para el periodo 2022-2030 que corresponde al 10% del consumo del escenario tendencial se distribuye en los sectores analizados de la siguiente manera: el sector residencial participa con 3.11%, el transporte con 4%, el

¹La eficiencia energética se define como la razón entre la energía útil y la energía final. La primera corresponde a la energía requerida para disponer un servicio energético al usuario, ejemplo: iluminar un espacio, refrigerar los alimentos, acondicionar un espacio, transportarse de un lugar a otro, etc. La energía final hace referencia al consumo, es decir, la cantidad de energía que el usuario final paga y que depende del equipo que se utilice para prestar el servicio energético.

Por ejemplo, para iluminar un espacio (servicio energético) se requieren 100 unidades de energía, sin embargo, el consumo depende de la luminaria que utilice para hacerlo. Se puede tener una tecnología A cuyo consumo sea de 110 unidades, en cuyo caso la eficiencia es del 90%, o se puede tener una tecnología B, cuyo consumo sea de 150, por lo que la eficiencia sería del 50%.

industrial 1.52%, el terciario 0.78%. Los otros sectores modelados aportan en conjunto el 0.62%, estos sectores son: termoeléctrico 0.15%, la producción y transporte de hidrocarburos 0.16%, la minería 0.07%, la adopción de métodos de construcción sostenible 0.23%, el almacenamiento de energía eléctrica 0.01% y los distritos térmicos 0.002%.



Gráfica 1. Reducción de consumo energético sobre escenario tendencial de las medidas analizadas en el PAI-PROURE 2022-2030 por sector

Lo anterior indica que los mayores esfuerzos y potencialidades de eficiencia energética se encuentran en el sector transporte dada la vejez de la flota, en el residencial por el consumo de leña, en el sector rural y en el industrial en los procesos de calor directo e indirecto.

Las medidas propuestas en este documento son ambiciosas y requieren recursos para su ejecución. La estimación de las inversiones incrementales para la totalidad de las medidas propuestas en el PAI-PROURE arroja un total aproximado de 170 billones de COP en 9 años, lo que es aproximadamente el 1.8% del PIB nacional agregado de 2022-2030.

Como se puede observar en el siguiente gráfico, el sector en el que se requiere el mayor volumen de inversiones es el sector transporte, al que le corresponde el 55% del total de inversiones estimadas, seguido del sector residencial, industrial y terciario, cuyas participaciones son del 14%, 11% y 11%, respectivamente.

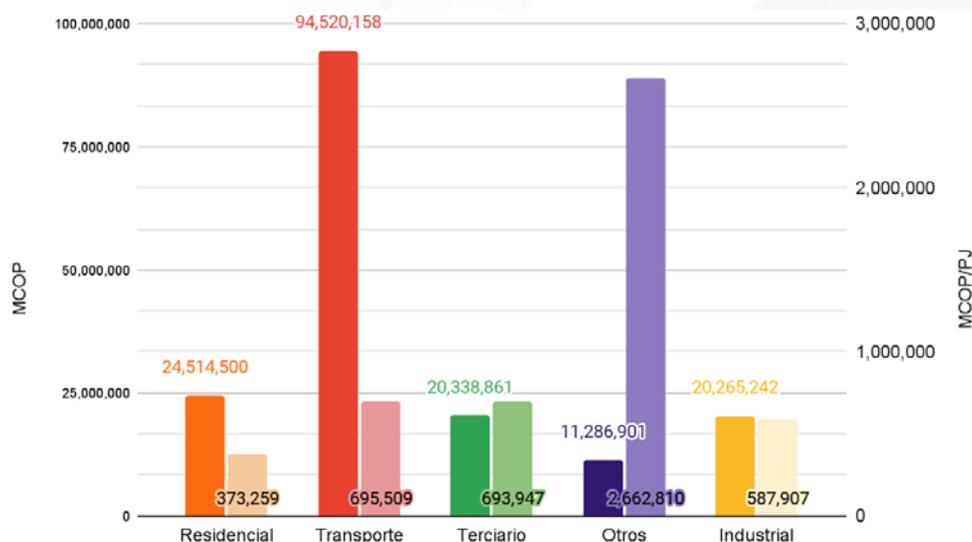


Gráfico 2. Inversiones incrementales estimadas para las medidas del PAI-PROURE en MCOP

Análisis y resultados sectoriales

Sector residencial

Las medidas de eficiencia energética propuestas para el sector residencial corresponden a la sustitución de combustibles para la cocción, la renovación de equipos y el mejoramiento de iluminación. Como complemento a estas medidas, se estudiaron los efectos que tendría la adopción de medidores avanzados.

Tabla 1. Medidas y acciones de eficiencia energética analizadas para el sector residencial

Medidas	Acciones	Ambiciones
1. Renovación de equipos de uso final	1.1. Adquisición de neveras etiqueta A	Sustitución 1.291.000 neveras promedio al año.
	1.2. Adquisición de estufas eficientes	Sustitución de 1.018.933 estufas ineficientes promedio al año en usuarios antiguos.
2. Adquisición de iluminación eficiente	2.1. Adquisición de luminarias LED	Compra de 278.899 de estufas eficientes promedio al año para usuarios nuevos.
3. Sustitución de combustibles	3.1. Sustitución de leña para cocción por GLP o energía eléctrica en el sector rural	Sustitución de bombillas incandescentes y fluorescentes por bombillas LED y LFC en 1.664.465 promedio al año en hogares urbanos y rurales.
4. Promoción de consumo inteligente	4.1. Instalación de medidores inteligentes	Sustitución en 405.000 hogares promedio año de estufas con leña a estufas de leña mejoradas, GLP o energía eléctrica.
		Instalación de 1.273.286 medidores inteligentes promedio al año para usuarios residenciales del sector urbano y rural.

Las medidas simuladas para el sector residencial arrojan una reducción potencial del consumo energético de 523 PJ y de 8,2 MtonCO₂ en el periodo 2022-2030 frente a un escenario de consumo tendencial.

Las medidas con un mayor aporte a la reducción de consumo energético son las asociadas con la cocción: sustitución de leña en el sector rural, 53% del ahorro obtenido en la simulación y la sustitución de estufas de gas natural por estufas de inducción con energía eléctrica y la instalación de nuevas estufas con mejores rendimientos 16%.

Por el lado del uso de la energía eléctrica, el recambio tecnológico en la refrigeración resultó obtener el tercer potencial de eficiencia energética, con el 13% de la reducción de consumo simulada. Las medidas de instalación de luminarias con tecnología LED y la instalación de medidores inteligentes son las medidas con menores aportes al potencial de ahorro energético simulado con 10% y 6%, respectivamente.

Sector transporte

El sector transporte como mayor consumidor de energía tiene grandes potencialidades de eficiencia energética con la sustitución de la flota actual por nuevas tecnologías que habiliten el cambio a otros energéticos.

Tabla 2. Medidas y acciones de eficiencia energética analizadas para el sector transporte

Medida	Acción	Categoría vehicular contemplada en el escenario PROURE	Ambiciones
1. Sustitución de combustibles líquidos	1.1. Adquisición de vehículos eléctricos	Particulares livianos: Automóviles, camperos, motos y camionetas Pasajeros livianos: Taxis Pasajeros masivo: Buses y microbuses Carga: Camiones y volquetas	La participación sobre las ventas de esta tecnología a 2030 alcanza los siguientes porcentajes: Particulares livianos: 50% Pasajeros livianos: 50% Pasajeros masivos: 50% Carga: 7%
	1.2. Adquisición de vehículos nuevos dedicados a gas combustible para el transporte de pasajeros y carga	Pasajeros masivo: Buses y microbuses Carga: Camiones, tractocamiones y volquetas	La participación de esta tecnología sobre las ventas a 2030 alcanza los siguientes porcentajes: Pasajeros masivo: 10% Carga: 8%
2. Renovación de la flota	2.1. Adquisición de vehículos híbridos de tecnología (HEV PHEV) ²	Particulares livianos: Automóviles, camperos y camionetas	La participación sobre las ventas de esta tecnología a 2030 alcanza los siguientes porcentajes:

²HEV (hybrid electric vehicle): En esta configuración, el vehículo cuenta con dos fuentes de propulsión, un motor a combustión y un motor eléctrico con batería. En los arranques, el vehículo emplea en su preferencia al motor eléctrico, una vez el vehículo alcanza cierta velocidad el motor a combustión comienza a funcionar. La batería de este tipo de vehículos es recargada a través de los frenos regenerativos, quienes se encargan de recargar la batería cada vez que el vehículo frena. Este tipo de vehículos no pueden ser conectados a la red eléctrica para cargar las baterías. PHEV (plug-in hybrid electric vehicle): A diferencia de los HEV, este tipo de vehículos sí pueden ser recargados a través de la red eléctrica, al igual que un BEV. Gracias a un banco más grande de baterías, este tipo de vehículos pueden funcionar exclusivamente con el motor eléctrico por rangos de distancias entre 30 km y 80 km, aproximadamente. Una vez que la energía de las baterías se agota, este tipo de vehículos puede continuar su funcionamiento con el motor a combustión, lo cual extiende su autonomía, brindándole mayor flexibilidad al usuario.

Para el análisis **no se contemplaron los vehículos MHEV** (mild hybrid electric vehicle) en los que un motor eléctrico apoya al motor de combustión en momentos específicos con el propósito de mejorar la eficiencia conjunta del vehículo. En esta configuración, el motor eléctrico es incapaz de impulsar al vehículo por sí solo.

Medida	Acción	Categoría vehicular contemplada en el escenario PROURE	Ambiciones
2. Renovación de la flota		Pasajeros livianos: Taxis	Particulares livianos: 14% Pasajeros livianos: 5%
3. Conducción eficiente	3.1. Adquisición de dispositivos para la conducción eficiente	Pasajeros masivo: Buses y microbuses Carga: Camiones, tractocamiones y volquetas	Número de vehículos que operan con este dispositivo para el año 2030: 700.000
4. Transporte férreo eléctrico	4.1 Construcción de sistemas férreos eléctricos para el transporte de pasajeros o carga.		Número de trenes considerados: 4

Las medidas simuladas para el sector transporte arrojan una reducción potencial del consumo energético de 673 PJ en el periodo 2022-2030, frente a un escenario de consumo tendencial. Lo anterior, representa 4% del 10% del potencial total identificado. Por su parte, la cantidad de emisiones evitadas para el periodo de análisis alcanzan un total de 50 MtonCO₂.

Teniendo en cuenta que los vehículos particulares livianos son los que tienen mayor participación en la flota, la sustitución hacia vehículos eléctricos o híbridos ofrece un potencial de ahorro importante en los próximos 10 años. Bajo el supuesto de que se logran sustituir más de 3 millones de livianos a eléctricos y 503,717 a híbridos se obtiene una reducción del consumo acumulado de 316 PJ, es decir, el 47% del potencial identificado en este sector.

Ahora bien, por ser la categoría con mayor participación en el consumo energético, el ascenso tecnológico en los vehículos de carga tiene un potencial de reducción de demanda de 100 PJ en el periodo analizado.

El transporte de pasajeros (buses y taxis) conjuntamente aportan al potencial identificado en este ejercicio con un 14% y un ahorro de 96 PJ. Por su parte, el transporte férreo aporta con 54 PJ, aunque es preciso mencionar que en la simulación realizada se supuso la entrada de trenes a partir del año 2025, por lo que en los primeros años del periodo bajo análisis esta medida no tiene ahorros energéticos.

Bajo el supuesto de que los dispositivos digitales para optimizar la conducción, efectivamente logran ahorros de combustible del 8%, como afirman sus fabricantes, los vehículos de mayor intensidad de uso (pasajeros y carga) tienen el potencial de disminuir el consumo de combustible hasta en 105 PJ en el periodo 2022-2030 con el uso de dispositivos de esta naturaleza.

Sector industrial

El mayor potencial de eficiencia energética en el sector industrial se encuentra en los usos de calor directo, en los que se estima una eficiencia promedio del 55% cuando se podrían

alcanzar niveles de 68% o incluso del 80% (BEU, UPME 2018) con el BAT. Las medidas de eficiencia energética para el sector industrial se modelaron teniendo en cuenta 3 variables: i) energético, ii) uso significativo y iii) subsectores de la industria. A partir de los estudios de caracterización del sector industrial realizados por la UPME y otros³, se identificaron medidas de mejoras tecnológicas con sus respectivas eficiencias energéticas y de buenas prácticas operativas con su potencial estimado; por energético, usos aplicables y subsector industrial.

En este ejercicio se estimó el potencial de eficiencia energética asociado con cambio tecnológico de bajo y mediano costo, como la instalación de variadores de frecuencia, sustitución de motores existentes por motores eficientes, implementación de sistemas de refrigeración con CO₂, HFO o hidrocarburos, elementos de mejora de eficiencia en calderas como economizadores y precalentadores, entre otros.

De igual forma se analizó el impacto de la adopción de buenas prácticas operativas como control de fugas, reducción de la presión de descarga del fluido de trabajo (aire comprimido o vapor), mantenimiento y reposición de aislamientos, instalación de puertas en gabinetes para sistemas de refrigeración, control y ajuste de subenfriamiento en el evaporador para sistemas de refrigeración, control de la combustión, reducción del exceso de aire, reducción de pérdidas por hollín e incrustaciones, optimización de purgas y optimización de quemadores, entre otros.

Adicionalmente, se incluyeron metas y acciones asociadas con la Gestión Integral de la Energía (SGE), que estima un ahorro adicional de entre 6% y 8% e incluye, el diseño e implementación de los SGE bajo la norma NTC ISO 50001, el control operacional y la digitalización. Esta última hace referencia al uso de tecnologías digitales y de gestión de la información, basada en el internet de las cosas, machine learning, inteligencia artificial y big data. En la tabla a continuación, se presentan las medidas analizadas en el marco de este ejercicio.

Tabla 3. Medidas y acciones de eficiencia energética analizadas para el sector industrial

Medidas	Acciones y Ambiciones
1. Fuerza Motriz	Implementación de buenas prácticas en la operación y mantenimiento de los sistemas de fuerza motriz, aire comprimido y control de fugas; en cerca del 15% de las industrias
2. Calor Directo	Adquisición y mantenimiento de aislamientos térmicos, en más del 65% del total de industrias.
3. Refrigeración	Cerca del 17% de las industrias implementan buenas prácticas asociadas a: <ul style="list-style-type: none"> 3.1. Instalación de puertas en gabinetes para sistemas de refrigeración 3.2. Drop-in para un sistema de refrigeración a un refrigerante con un GWP menor a 1400 3.3. Control y ajuste del subenfriamiento en el evaporador para sistemas de refrigeración y de control de fugas.

³Estudios de caracterización y eficiencia energética en la Industria - UPME INCOMBUSTION (CIU 10 A 18) y UPME - CORPOEMA (CIU 19 A 31), UPME. (2018). Primer balance de Energía Útil para Colombia y Cuantificación de las Pérdidas energéticas relacionadas y la brecha de eficiencia energética. Obtenido de <https://www1.upme.gov.co/Hemeroteca/Paginas/estudio-mer-balance-energia-util-para-Co-lombia.aspx>, Estudio Estrategia Nacional Refrigeración CAEM, y Juan Carlos Campo Experto EE E2.

Medidas	Acciones y Ambiciones
4. Fuerza Motriz	Más del 90% de las industrias realizan la adquisición de motores y/o variadores de alta eficiencia.
5. Refrigeración	<p>Cerca del 19% de las industrias realizan al menos una de las siguientes acciones:</p> <p>5.1. Adquisición de equipos de refrigeración y compresores.</p> <p>5.2. Adquisición de equipos de control y automatización de refrigeradores.</p> <p>5.3. Adquisición de equipos para la recuperación de calor de la refrigeración</p>
6. Calor indirecto	<p>Cerca del 80% de industrias realizan al menos una de las siguientes acciones:</p> <p>6.1. Adquisición de equipos de optimización de la combustión y de recuperación de calor y vapor.</p> <p>6.2. Adquisición y mantenimiento de aislamientos térmicos</p> <p>Cerca del 50% de las industrias al año realizan al menos una de las siguientes acciones:</p>
7. Calor directo	<p>7.1. Adquisición y mantenimiento de aislamientos térmicos</p> <p>7.2. Adquisición de equipos de optimización de la combustión y recuperación de calor.</p>
8. Calor indirecto	Cerca del 14% de las industrias adquieren economizadores para calderas.
9. Sistemas de Gestión de la Energía	<p>Más del 65% de las industrias implementan al menos una de las siguientes acciones:</p> <p>9.1. Servicios de diseño y acompañamiento en la implementación de la norma ISO 50001.</p> <p>9.2. Servicios de certificación de la norma ISO 50001.</p> <p>9.3. Adquisición de equipos que no se encuentren listados pero que hagan parte de la certificación de la norma ISO 50001.</p> <p>9.4. Adquisición de medidores para la submedición en los equipos de uso final.</p>

Las medidas simuladas en el PAI-PROURE para el sector industrial resultan en un potencial de reducción del consumo energético de 256 PJ en el periodo 2022-2030, frente a un escenario de consumo tendencial. Lo anterior, representa una disminución del 1.41% sobre el consumo total del mencionado escenario. Por su parte, el volumen de emisiones evitadas en el periodo de análisis se estima en 14 MtonCO₂.

Las medidas de eficiencia energética simuladas para el sector industrial indican que el gran potencial se centra en el uso de calor indirecto (39.3%), seguido por el calor directo (27.48%) y las medidas de SGE (21.67%).

Sector terciario

El sector terciario comprende las actividades económicas ligadas a los servicios. Este es el sector de menor representatividad en el consumo final de energía, en el año 2019 representó el 6%. En este renglón de consumo, los principales usos finales son el calentamiento, la refrigeración y la iluminación.

Tabla 5. Medidas y acciones de eficiencia energética analizadas para el sector terciario

Medidas	Acciones y Ambiciones
1. Adopción de buenas prácticas en la operación de equipos de calor directo con energía eléctrica	Cerca del 30% de establecimientos adquieren y realizan mantenimiento de aislamientos térmicos
2. Adopción de buenas prácticas en la operación de equipos de calor directo con otros energéticos	En cerca del 80% de los establecimientos aplica al menos una de las siguientes acciones: 2.1. Adquisición y mantenimiento de aislamientos térmicos 2.2. Adquisición de equipos de optimización de la combustión y de recuperación de calor.
3. Adopción de buenas prácticas en la producción de calor indirecto.	En cerca del 60% de los establecimientos aplica al menos una de las siguientes medidas: 3.1. Adquisición de equipos de optimización de la combustión y de recuperación de calor y vapor 3.2. Adquisición y mantenimiento de aislamientos térmicos 3.3. Adquisición de economizadores para calderas.
4. Adopción de buenas prácticas para los equipos de refrigeración	Todos los establecimientos nuevos implementan al menos una de las siguientes acciones: 4.1. Puesta a punto del sistema, ajuste de la temperatura del evaporador y condensador, control de fugas y aislamiento de tuberías. 4.2. Control de la presión de succión y automatización del proceso.
5. Sistemas de gestión de la energía	Cerca del 30% de los establecimientos comerciales implementan al menos una de las siguientes acciones: 5.1. Servicios de diseño y acompañamiento en la implementación de la norma ISO 50001. 5.2. Servicios de certificación de la norma ISO 50001. 5.3. Adquisición de equipos que no se encuentren listados pero que hagan parte de la certificación de la norma ISO 50001. 5.4. Adquisición de medidores para la submedición en los equipos de uso final.
6. Renovación de equipos de fuerza motriz	Cerca del 80% de los establecimientos realizan la adquisición de motores y/o variadores de alta eficiencia.
7. Renovación de equipos de uso final de refrigeración.	Aproximadamente el 12% de los establecimientos realizan al menos una de las siguientes acciones: 7.1. Adquisición de equipos de refrigeración y compresores.

Medidas	Acciones y Ambiciones
	7.2. Adquisición de equipos de control y automatización de refrigeradores ⁴ .
8. Adquisición de iluminación eficiente	Cerca del 38% de los establecimientos aplica al menos una de las siguientes acciones: 8.1 Adquisición de luminarias LED
	8.2. Adquisición de equipos de control y telegestión para alumbrado público.
9. Climatización	Más del 6% de establecimientos realizan la adquisición de sistemas de aire acondicionado eficientes.

Las medidas propuestas para el sector terciario tienen un potencial de reducción de consumo energético de 131 PJ en el periodo 2022-2030, frente a un escenario de consumo tendencial. Sobre el potencial de eficiencia energética acumulado en el periodo 2022-2030, el aporte del sector terciario es de 0.78%. Por el lado de las emisiones evitadas, la simulación arroja un potencial de 6.2 MTonCO₂.

Otros sectores

En esta versión del PAI-PROURE se analizaron nuevos sectores tales como: edificaciones, distritos térmicos, generación termoeléctrica, producción y transporte de hidrocarburos, producción minera y almacenamiento de energía eléctrica.

La simulación de las medidas propuestas arrojan un potencial de ahorro de 104 PJ en el periodo 2022-2030 y de emisiones evitadas de 6 MTonCO₂.

De estos otros sectores, el de mayor aporte es la eficiencia energética en edificaciones, que se denominó como “construcción sostenible”. La idea central de la construcción sostenible es garantizar un mismo nivel de confort a los usuarios concibiendo que la forma, la orientación y los materiales utilizados en la construcción, reduzcan la carga térmica al interior de la edificación y optimicen el uso de energía, según el piso térmico y la tipología de los edificios.

Gracias a los análisis del proyecto de investigación de la UPME (2020c), se identificó que los edificios con mayor potencial para la aplicación de medidas de construcción sostenible son las viviendas y las edificaciones del sector terciario. Para el año 2019, la representatividad de las inversiones del sector de la construcción fueron 78.6% para viviendas, 8.1% para comercio, 2.8% educación, 2.7% bodegas, 1.8% oficinas, el 6% restante es representado por destinos como hospitales, administración pública, religioso, hoteles e industria.

Los otros sectores con potencial de eficiencia energética fueron la generación termoeléctrica y la producción y transporte de hidrocarburos. Para estos dos sectores se modelaron medidas de adopción de buenas prácticas operativas y de recambio tecnológico de mediano costo.

⁴Unidad Técnica de Ozono Colombia (UTO, 2021). “Estrategia nacional para la implementación de medidas y alternativas que mejoren la eficiencia energética y el impacto ambiental directo de los sistemas y equipos de refrigeración comercial del subsector de tiendas de Colombia”

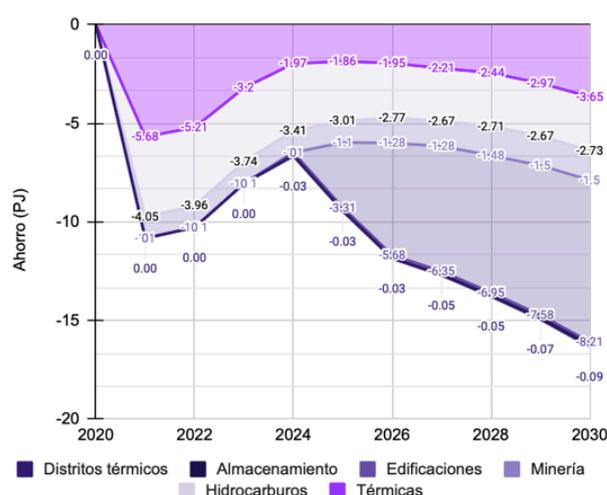
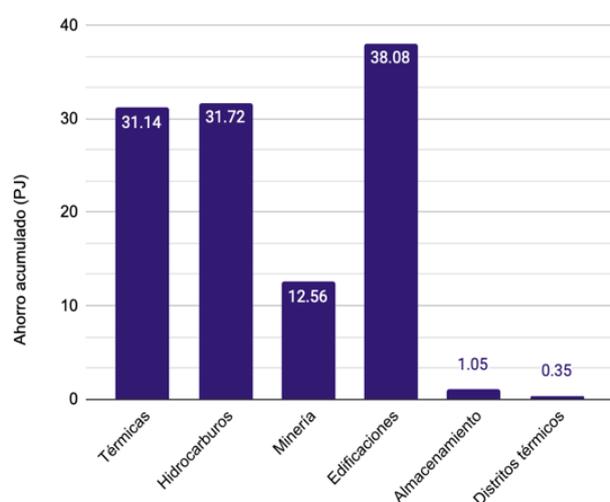


Gráfico 3. Ahorros por medidas de eficiencia energética en otros sectores (PJ)

Recomendaciones

De acuerdo con los análisis realizados en el PAI-PROURE, las medidas consideradas como acciones o medidas de gestión eficiente de energía GEE recomendadas para acceder a los incentivos tributarios de la Ley 1715 de 2014 y el Estatuto Tributario se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 6. Resumen de acciones o medidas de gestión eficiente de energía para las que se recomiendan incentivos tributarios.

Sector	Medida	Acción
Transversal	Iluminación LED	<ul style="list-style-type: none"> - Adquisición de luminarias LED para el sector residencial dentro de un programa de eficiencia energética o equipamiento de viviendas VIS o VIP - Adquisición de luminarias LED para cualquier sector productivo - Adquisición de equipos de control y telegestión para alumbrado público.
	Medición o submedición inteligente	<ul style="list-style-type: none"> - Adquisición de medidores inteligentes para cualquier tipo de usuario final - Adquisición de equipos de submedición para equipos de uso final en cualquier sector productivo. - Adquisición de equipos de control, monitoreo y automatización de procesos en cualquier sector productivo

Sector	Medida	Acción
	Auditoría energética	<ul style="list-style-type: none"> - Realización de auditoría energética a edificaciones de cualquier tipo. - Realización de auditoría energética a cualquier proceso productivo.
	Vehículos eléctricos	<ul style="list-style-type: none"> - Adquisición de vehículos nuevos eléctricos (incluye vehículos livianos, taxis, buses y camiones) para cualquier sector productivo - Adquisición de equipos para la recarga para vehículos eléctricos de cualquier categoría en modalidad pública o privada.
	Distritos térmicos	<ul style="list-style-type: none"> - Adquisición de chiller eléctrico y de absorción. - Adquisición de motores de combustión interna o microturbinas. - Adquisición de bombas eléctricas. - Adquisición de intercambiador de calor.
Construcción sostenible (en cualquier sector)	Medidas pasivas en edificaciones	<ul style="list-style-type: none"> - Servicios de diseño bioclimático para el aprovechamiento de sol y viento - Adquisición de materiales y elementos para el aislamiento de cubierta y muros exteriores que permita regular la temperatura al interior del edificio. - Adquisición de equipos y estructuras de control solar en vidrios. - Adquisición de equipos para ventilación natural.
	Medidas activas en edificaciones	<ul style="list-style-type: none"> - Adquisición de equipos de control de iluminación en zonas comunes. - Adquisición de sistemas de medición y control de aire acondicionado. - Adquisición de ascensores, escaleras eléctricas y sistemas de bombeo.
Residencial	Neveras y estufas eficientes	<ul style="list-style-type: none"> - Adquisición de neveras etiqueta A enmarcada dentro de un programa de eficiencia energética o equipamiento de viviendas VIS o VIP - Adquisición de estufas de gas eficientes enmarcada dentro de un programa de eficiencia energética o equipamiento de viviendas VIS o VIP - Normalización de acometidas eléctricas internas para cumplimiento de norma RETIE en viviendas residenciales usadas de estratos 1 o 2.

Sector	Medida	Acción
Transporte	Taxis híbridos	- Adquisición de taxis nuevos híbridos de las tecnologías HEV o PHEV
	Transporte de carga a gas	- Adquisición de camiones nuevos dedicados a gas combustible
	Transporte de pasajeros a gas	- Adquisición de buses nuevos dedicados a gas combustible
	Transporte férreo eléctrico	- Construcción de sistemas férreos eléctricos para el transporte de pasajeros o carga
Industrial y terciario	Fuerza motriz	- Adquisición de motores y variadores de alta eficiencia
	Calor directo	- Adquisición y mantenimiento de aislamientos térmicos
		- Adquisición de equipos de optimización de la combustión y de recuperación de calor
	Refrigeración	- Adquisición de equipos de refrigeración y compresores.
		- Adquisición de equipos de control y automatización de refrigeradores.
		- Adquisición de equipos para la recuperación de calor de la refrigeración.
Calor indirecto	- Adquisición de economizadores para calderas.	
	- Adquisición de equipos de optimización de la combustión y de recuperación de calor y vapor - Adquisición y mantenimiento de aislamientos térmicos	
Diseño e implementación de SGE bajo norma ISO 50001	- Servicios de diseño y acompañamiento en la implementación de la norma ISO 50001. - Servicios de certificación de la norma ISO 50001. - Adquisición de equipos que no se encuentren listados pero que hagan parte de la certificación de la norma ISO 50001.	
Climatización	- Adquisición de sistemas de aire acondicionado eficientes	
Termoeléctrico	Optimización de procesos	- Implementación de sistemas de limpieza continua - Adquisición de aislamientos térmicos - Adquisición de precalentadores eficientes - Adquisición de equipos para la recuperación de calor residual y de purga.

Sector	Medida	Acción
Termoeléctrico	Optimización de procesos	- Retrofit de los pulverizadores de carbón o de los equipos centrífugos
Producción y transporte de hidrocarburos	Optimización de procesos	- Adquisición de bombas eléctricas. - Adquisición de equipos para reducción de fugas o recuperación de vapor. - Adquisición de motores eléctricos de alta eficiencia para reemplazar motores a gas o motores sobredimensionados. - Implementación de sistemas de enfriamiento central en lugar de sistemas individuales.
	Generación de energía eléctrica	- Adquisición de motores para generación de energía eléctrica para aprovechamiento del gas recuperado. - Implementación de ciclo rankine orgánico para recuperar calor residual en motores y turbinas. - Implementación de ciclo STIG para recuperar la energía de los gases de las turbinas de gas. - Adquisición de equipos para la producción de energía eléctrica por caída de presión de crudo.
	Recuperación de gas	- Adquisición de equipos para la recuperación de gas de tea y de hidrocarburos condensables. - Adquisición de equipos de sustitución del control de vapor.
Minería	Optimización de procesos	- Adquisición de equipos para la recuperación de calor o del gas residual. - Adquisición de motores y variadores de alta eficiencia. - Adquisición de maquinaria amarilla eléctrica. - Adquisición de equipos de optimización de la combustión. - Adquisición de correas de transporte móviles o regenerativas. - Adquisición de bombas eléctricas.
Almacenamiento de energía eléctrica	Almacenamiento de energía eléctrica	- Adquisición de sistemas de almacenamiento de energía eléctrica para reducir la necesidad de generación térmica fuera de mérito.

Consumo informado y consciente.

Los consumidores mejor informados toman mejores decisiones. En este sentido, la conjunción entre la digitalización, el precio al carbono y las etiquetas son herramientas que pueden generar transformaciones de fondo y largo plazo en el consumo energético.

El uso de dispositivos digitales de medición y control que den cuenta del comportamiento del consumo energético, son un primer paso para la optimización del uso de la energía. Por lo anterior, en este documento se recomiendan los incentivos tributarios a los equipos de medición inteligente en los sectores de uso final y a las herramientas para la submedición y el monitoreo a las variables operacionales que impactan el consumo de energía.

El precio como una de las variables más importantes en la toma de decisiones de los consumidores, además de revelar la escasez o abundancia relativa de los recursos debe también recoger las externalidades negativas asociadas la producción y uso de los bienes que se consumen. Por ello, el establecimiento de un esquema de precio al carbono es necesario para además de enviar señales de sustitución a los consumidores, permitan habilitar inversiones en tecnologías que aceleren la transformación energética y con ello se mitiguen los impactos asociados al cambio climático.

Las iniciativas de etiquetado energético y los estándares mínimos de desempeño energético minimum energy performance standard (MEPS, por sus siglas en inglés) para equipos de uso final de energía, vehículos y edificaciones deben continuar, fortalecerse e implementarse. La experiencia internacional muestra que la introducción de estándares mínimos de eficiencia energética ha sido efectiva sobre todo en países donde la información al consumidor, la autorregulación y el avance tecnológico, no logran motivar a los usuarios a privilegiar la compra de productos con mayores niveles de eficiencia energética (Ministerio de Energía de Chile, 2016).

Teniendo en cuenta lo anterior, las recomendaciones de política pública y los responsables de su implementación son las siguientes:

- Habilitar la tarificación dinámica y diseñar mecanismos tarifarios que incentiven a los usuarios finales a optimizar su consumo energético: Ministerio de Minas y Energía y Comisión de Regulación de Energía y Gas.
- Implementar un mercado y esquema de precios al carbono: Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, Departamento de Planeación Nacional y Ministerio de Hacienda⁵.
- Definir una hoja de ruta y un plan de etiquetado nacional: Unidad de Planeación Minero Energética, Ministerio de Minas y Energía y Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible.

⁵Ver disposiciones de la Ley 1931 de 2018.

Recambio de electrodomésticos y gasodomésticos y potencial de reactivación económica local.

El sector residencial tiene un potencial de eficiencia energética significativo. Para alcanzar las metas propuestas en este documento es de vital importancia avanzar en la sustitución de neveras, instalación de iluminación LED y recambio de estufas ineficientes. Bajo este contexto, los constructores de vivienda y los distribuidores de energía eléctrica y gas natural son los agentes protagonistas y habilitadores de este cambio tecnológico.

Los distribuidores de energía eléctrica y gas natural como agentes concededores de la tecnología y a su vez agregadores de usuarios finales son los llamados a crear esquemas que le permitan a sus usuarios acceder a nuevas tecnologías. Para el caso de neveras e iluminación, la propuesta de la UPME es que los distribuidores de energía eléctrica puedan diseñar programas de recambio focalizados en los usuarios de estratos 1 y 2 con posibilidades de financiación en el cambio de equipos y como contrapartida compartan los incentivos tributarios asociados a la compra de neveras etiqueta A e iluminación LED.

Otra de las medidas identificadas en el marco de la eficiencia energética es la normalización de acometidas internas. En este sentido, la propuesta es que los distribuidores de energía eléctrica realicen inspecciones periódicas en instalaciones internas de viviendas usadas, priorizando las de mayor antigüedad, con el fin de promover la normalización en aquellas que no cumplan con la normativa vigente.

Teniendo en cuenta lo anterior, las recomendaciones de política pública y los responsables de su implementación son las siguientes:

- Creación de areneras regulatorias para la implementación de programas de eficiencia energética con metas de sustitución de equipos. Los distribuidores de energía eléctrica están en la capacidad de diseñar estrategias de financiación a través de la factura, en los que se promueva la sustitución y disposición final de refrigeradores viejos por neveras etiqueta A, adopción de iluminación LED y normalización de las acometidas internas en caso que se requiera. Ministerio de Minas y Energía y Comisión de Regulación de Energía y Gas, CREG.
- Inclusión de análisis de eficiencia energética en las revisiones periódicas de gas natural y creación de areneras regulatorias que le permitan a los distribuidores diseñar programas orientados a sustituir estufas ineficientes por unas de mejor desempeño. Ministerio de Minas y Energía y Comisión de Regulación de Energía y Gas, CREG.
- Reglamentar la realización de inspecciones periódicas a las instalaciones internas en usuarios residenciales de energía eléctrica, para identificar los potenciales de eficiencia energética por la falta de acometidas internas que cumplan con la norma RETIE. Comisión de Regulación de Energía y Gas, CREG y Ministerio de Minas y Energía
- Articular los programas de eficiencia energética que se presenten en las areneras regulatorias de eficiencia energética en el sector residencial con los programas de financiamiento del FENOGE. Ministerio de Minas y Energía y FENOGE.

Establecimiento de criterios mínimos de eficiencia energética para la participación en las actividades de producción de energía.

La explotación de recursos energéticos es una actividad que se delega a empresas con el consentimiento y bajo la supervisión del Estado. En ese orden de ideas, el Estado está en potestad de exigir unos requisitos mínimos a quienes desarrollan estas actividades para garantizar criterios de interés para la Nación.

Así como cuando una empresa obtiene un certificado de calidad, quien compra los productos de esa empresa tiene la garantía de que el proceso de fabricación o de prestación del servicio cumple con un procedimiento pensado para satisfacer su necesidad. En la producción y en general en toda la cadena de suministro de energéticos se deberían establecer estándares mínimos de gestión eficiente de energía.

Si bien los procesos de certificación normalmente son voluntarios y las empresas lo hacen con el fin de diferenciarse de sus competidores, las cadenas de suministro de energéticos son altamente concentradas, muchas de ellas son monopolios naturales o de facto, por lo que se requiere la intervención del Estado en la exigencia de unos requisitos mínimos que se obtienen a través de una certificación.

Por lo anterior, migrar hacia esquemas en los que se implemente los sistemas de gestión de energía bajo la NTC ISO 50001 con miras a la certificación, como requisito para poder participar y operar en el mercado colombiano permite capitalizar ahorros energéticos a bajo costo, darle garantía a los usuarios finales que los procesos de extracción y producción de energía se hacen con un estándar en los que se optimiza el recurso energético y por ello, se mitiga parte de su impacto ambiental.

En el sector eléctrico por ejemplo se exige certificación de ISO 55001 para los transportadores y distribuidores de energía, con el fin de garantizar que los operadores cuentan con un sistema de gestión de activos acorde con las necesidades de sus usuarios y se garantice a largo plazo un estándar mínimo de prestación del servicio. Por lo que una exigencia de este estilo a los generadores termoeléctricos, la producción y transporte de hidrocarburos y las operaciones mineras es factible y dado el reducido número de agentes que participan en estas actividades permite su fácil implementación y monitoreo.

Por lo anteriores motivos, la recomendación de política pública es la siguiente:

Establecer como requisito la certificación de la norma NTC ISO 50001 de sistemas de gestión de energía a los generadores térmicos, la producción y transporte de hidrocarburos y la producción minera, considerando esquemas de transición para

- que haya un periodo de tiempo que permita a los agentes conocer la norma, adecuar sus sistema y posteriormente migrar hacia un esquema certificado: Ministerio de Minas y Energía y Comisión de Regulación de Energía y Gas.

Enfoque territorial para avanzar en la sustitución de leña.

De acuerdo con la Encuesta de Calidad de Vida (DANE 2019), el uso de la leña y otros energéticos ineficientes se registra en 31 departamentos del país, en un rango que varía entre el 2% y el 80% del total de hogares de cada departamento. Tales diferencias se explican tanto por la diversidad de condiciones ambientales, sociales, económicas y culturales,

como por la disparidad en los niveles de cobertura de combustibles alternativos en las distintas regiones del país.

Para que la planeación logre resultados eficaces en la sustitución de leña es crucial incluir en el ejercicio de la UPME un enfoque territorial. Bajo este nuevo enfoque se complementa el análisis técnico con otros aspectos como los culturales, ambientales, financieros o geográficos para entender la dinámica de los usuarios. Por lo anterior, una estrategia eficaz para sustituir la leña en la cocción requiere una comprensión ampliada de este comportamiento, para identificar soluciones prácticas y útiles en cada contexto.

Desde el punto de vista de la eficiencia energética, el enfoque territorial dentro de la planeación permite reconocer tanto el potencial como las inflexibilidades locales o regionales para la incorporación de mejoras en eficiencia energética y, por ende, otorga a la planeación una visión más cercana a la realidad.

Además, este enfoque permite identificar las necesidades en términos de articulación entre los distintos niveles de gobierno y la coordinación de esfuerzos por parte del sector energético y desde otros sectores (ambiental, salud, educación, entre otros).

Teniendo en cuenta lo anterior y reconociendo que en el sector residencial el gran reto sigue siendo la sustitución de leña, las recomendaciones son las siguientes:

- Desplegar campañas de salud pública para informar los riesgos y problemas respiratorios que se derivan del uso de leña para cocción: Ministerio de Salud.
- Definición de un plan de sustitución de leña con enfoque territorial que contemple la migración hacia gases combustibles o energía eléctrica: Unidad de Planeación Minero Energética.

Reconversión del sector automotriz

Las metas propuestas en este PAI-PROURE para la penetración de tecnologías de cero y bajas emisiones son ambiciosas. La renovación del parque vehicular simulado en este plan corresponde a un porcentaje en ventas que alcanzaría más del 40% en aquellas categorías con mayores perspectivas de ascenso tecnológico como lo son los automóviles, taxis, microbuses, buses y motos.

Los incentivos tributarios están dirigidos a reducir el precio de adquisición de los nuevos vehículos. Sin embargo, esta señal debe ser complementada con otras políticas orientadas a reducir los riesgos percibidos por los usuarios finales con relación al ascenso tecnológico.

De acuerdo con los resultados del estudio de UPME (2020b), además de la inversión en los vehículos, las barreras más importantes para el ascenso tecnológico son: la disponibilidad del energético, la configuración de una red de puntos de recarga y servicios de mantenimiento y la falta de información.

En cuanto al abastecimiento, el crecimiento de la flota a gases combustibles está supeditado a la explotación y comercialización de recursos internos y la infraestructura de

importación, que permita abastecer la demanda de forma confiable a largo plazo. Por el lado de la energía eléctrica, además de la construcción de la capacidad necesaria para soportar estas nuevas demandas, es necesario inversiones en las redes de distribución para soportar aumentos y potenciales picos de demanda provocados por la recarga de vehículos eléctricos.

Por el lado de la infraestructura de recarga eléctrica hay que actuar tanto en una red de corredores principales que permita realizar viajes de largo alcance y en la actualización de los códigos urbanos para habilitar la carga en propiedad privada y en parqueaderos públicos.

El mantenimiento especializado y la producción e importación de partes, hoy resultan inexistentes o muy incipientes en el país, lo cual limita la adopción de estas nuevas tecnologías vehiculares. Por lo anterior, parte del ascenso tecnológico dependerá de la definición de estándares que creen un volumen suficiente que habilite financieramente la importación de partes o la producción de las mismas en el país, así como el desarrollo de capital humano capacitado para la operación y mantenimiento de las nuevas tecnologías.

Por lo anterior, las señales de precio y las posibilidades de financiación en el sector transporte son imprescindibles para motivar el recambio de flota. Los precios de los combustibles fósiles y la estructura impositiva de los vehículos son instrumentos potentes para internalizar las externalidades negativas que tiene la obsolescencia tecnológica en el medio ambiente. De igual forma, en el transporte público se puede concebir esquemas tarifarios diferenciados en los que se reconozca en el precio que paga el usuario, el beneficio ambiental y energético de adoptar nuevas tecnologías.

Una nueva estructura tributaria para todo el parque automotor y diseñar tarifas diferenciadas en el transporte público son mecanismos para señalar al usuario final las ventajas de las nuevas tecnologías y también una forma de financiar el recambio tecnológico.

Por lo anteriores motivos, las recomendaciones de política pública son las siguientes:

- Actualización de los estándares de calidad del servicio público de pasajeros y las características de los vehículos de transporte público para incorporar aspectos ambientales y rendimientos energéticos mínimos homogéneos que habiliten la compra masiva de buses y microbuses de cero y bajas emisiones: Autoridades de transporte locales, gestores de los Sistemas Integrados de Transporte Masivo SITM, Sistemas Estratégicos de Transporte Público SETP y Ministerio de Transporte.
- Establecer un etiquetado vehicular para que los compradores cuenten con información disponible que les permita comparar de forma fácil y sencilla, el rendimiento energético y el impacto ambiental de las diferentes tecnologías, al momento de tomar decisiones de adquisición: Unidad de Planeación Minero Energética, Ministerio de Minas y Energía, Ministerio de Transporte.
- Mejorar las fuentes de información para la toma de decisiones de política pública a través del fortalecimiento del Registro Único Nacional de Tránsito (RUNT) aumentando el número de registro de automóviles con nivel de emisiones: Ministerio de Transporte. Así mismo, es pertinente actualizar los factores de emisión

de los combustibles colombianos (FECOC) para que integren las características del parque automotor, la topografía local y los ciclos de conducción típicos: Unidad de Planeación Minero Energética.

- Ampliar el portafolio de formación para conductores y servicios de mantenimiento enfocado en nuevas tecnologías vehiculares y conducción eficiente: Servicio Nacional de Aprendizaje y otras entidades del sector educativo.
- Incorporar en la estructura tributaria del sector transporte, las externalidades negativas asociadas a los impactos ambientales: Ministerio de Hacienda, Ministerio de Transporte.
- Definir e implementar un programa de Gestión Integral de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEES) generados por la flota eléctrica de transporte de pasajeros, de carga y vehículos de movilidad individual: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.
- Establecer esquemas de restricciones a la circulación por peso y emisiones para priorizar e incentivar el cambio a vehículos de bajas emisiones y alta eficiencia energética a nivel urbano: Autoridades de transporte locales, Ministerio de Transporte.
- Establecer el programa de desintegración de flota que sale de circulación al momento de realizar el reemplazo hacia tecnologías de cero y bajas emisiones: Ministerio de Transporte, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

Victorias tempranas y áreas en las que persisten los altos costos tecnológicos y de transacción.

Gracias a este ejercicio se ha identificado que hay áreas en las que se pueden lograr victorias tempranas en materia de eficiencia energética en los sectores terciario e industrial, dado el desarrollo tecnológico que han alcanzado ciertos equipos de uso final.

La primera área en donde se pueden capitalizar ganancias en eficiencia energética es en la iluminación gracias a la tecnología LED. Por un lado, son una tecnología con alta difusión y comercialización en el mercado, por lo que su adquisición no requiere mayores conocimientos especializados. Y por el otro, estas luminarias han reducido sus costos de forma acelerada y se prevé que lo sigan haciendo, manteniendo la eficacia lumínica o incluso aumentando. Por lo anterior, la recomendación que se deriva en este documento es extender los beneficios tributarios a esta tecnología, sin importar el sector productivo en el que se implemente.

La segunda área en la que la UPME identifica victorias tempranas es en la adopción de sistemas de gestión de energía bajo la norma ISO 50001. Los sistemas de gestión de energía son herramientas que permiten identificar de forma progresiva las adecuaciones de bajo, mediano y alto costo que se pueden implementar en un establecimiento y los potenciales ahorros que se obtendrían con dichas inversiones. Gracias a que contempla acciones asociadas a buenas prácticas operacionales y cambios de costo bajo, este puede ser un primer paso para que los actores privados identifiquen una hoja de ruta hacia una operación óptima en términos energéticos.

Con respecto a la medición avanzada se encontró que esta es una medida costo eficiente, es decir, la totalidad de los costos es inferior a los beneficios que derivan los usuarios, los operadores y la sociedad en general, por la implementación de esta medida.

Los análisis realizados en este documento suponen que con esta tecnología los usuarios finales pueden gestionar su consumo gracias a la información que reciben y las señales tarifarias y los operadores de red pueden reducir sus pérdidas técnicas gracias a la información en tiempo real de los medidores. Gracias a la Ley 2099 de 2021 estos dispositivos tendrán incentivos tributarios, lo que reduciría el costo de la tecnología, facilita su despliegue y con ello se podrían alcanzar los potenciales ahorros de energía.

Sin embargo, las mejoras en eficiencia energética en el sector terciario e industrial tienen barreras importantes a superar. Los altos costos de las nuevas tecnologías, los costos de transacción asociados a la contratación de firmas especializadas en auditorías energéticas y el bajo costo de algunos energéticos contaminantes, son el principal reto para la implementación de estas medidas.

Una potencial forma de subsanar los altos costos de transacción en la implementación de acciones de gestión eficiente de la energía en el sector industrial y terciario puede ser a través de las empresas de servicios energéticos (ESCOs), donde el pago de la ESCO se encuentra asociado a los ahorros logrados a partir de las inversiones realizadas.

Como se mostró anteriormente, las medidas asociadas con la optimización de uso del carbón son las de menor beneficio costo privado, dado el bajo costo del carbón. En este sentido, los incentivos tributarios a las acciones del sector terciario e industrial deben estar complementadas con otras estrategias que fomenten el recambio tecnológico.

Por lo anteriores motivos, las recomendaciones de política pública son las siguientes:

- Implementar un mercado y esquema de precios al carbono: Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, Departamento de Planeación Nacional y Ministerio de Hacienda.
- Consolidación y extensión de grupos de evaluación de eficiencia energética en las universidades del país para reducir los costos asociados a la auditoría energética. Ministerio de Educación y Ministerio de Ciencia.
- Creación de formaciones técnicas de “líderes energéticos” que permitan a los empleados de las empresas capacitarse en eficiencia energética, realizar autodiagnósticos y evaluaciones, proponer indicadores de seguimiento en estas áreas. Servicio Nacional de Aprendizaje SENA.