



VIGESIMOSEGUNDO INFORME ESTADO DE LA NACIÓN EN DESARROLLO HUMANO SOSTENIBLE

Informe final “Situación energética de Costa Rica (2015)”

*Investigador:
Jorge Herrera*



El contenido de esta ponencia es responsabilidad del autor. El texto y las cifras de las ponencias pueden diferir de lo publicado en el Informe sobre el Estado de la Nación en el tema respectivo, debido a revisiones posteriores y consultas. En caso de encontrarse diferencia entre ambas fuentes, prevalecen las publicadas en el Informe

Contenido

| | |
|--|-----------|
| Resumen Ejecutivo | 3 |
| Introducción..... | 3 |
| Producción de energía..... | 4 |
| Consumo de Energía..... | 7 |
| Plan Nacional de Energía: Principales desafíos | 15 |
| Impacto Ambiental derivado del balance energético del país..... | 17 |
| Descarbonización del sector energía:..... | 17 |
| Sector Transporte | 19 |
| Calidad del aire | 25 |

Resumen Ejecutivo

Durante el año 2015 la producción de energía primaria del país incremento de 3,1% con respecto al año anterior, el cual representa un crecimiento más acelerado que el promedio registrado en los últimos 10 años que fue de 2,06%. Por otra parte, el consumo final de energía fue de 165 702 TJ, de los cuales 27 198 TJ corresponden al aporte primario (16,4%) y 138 504 TJ (83,6%) al secundario. La mayor contribución de fuentes de energías secundarias la representan los derivados del petróleo con el 72,9% del total registrando aumentos superiores a la tasa promedio de crecimiento anual en la última década para los combustibles diesel, gasolina regular y súper (5,3, 3,1 y 14,8%). Estos patrones son concordantes con la demanda, ya que el transporte fue el área de mayor consumo de energía secundaria (aumento del 6,9% respecto al 2014), siguiendo el patrón de los últimos cinco años.

Con respecto a la generación de energía eléctrica las fuentes térmicas pasaron de contribuir un 11% a la matriz energética en el 2013 a solamente un 1% de la energía total generada en el año 2015 (38 922 TJ).

La información obtenida respecto al crecimiento del consumo de fuentes fósiles y el aumento en el consumo de energía por el sector transporte se relacionan con el aumento de la flota vehicular, la cual ha crecido a una tasa promedio sostenida cercana al 7% en los últimos diez años. De esta forma, la tasa de vehículos por cada 1 000 habitantes pasó de 204 en 2011 a 262 en 2015. Estos datos se enlazan estrechamente con las condiciones de contaminación atmosférica del país, se registran un total de 1 332 540 toneladas de contaminantes (monóxido de carbono, gases orgánicos reactivos) generados por el parque vehicular 2015.

Los análisis permiten dilucidar que existe una clara relación entre la edad del parque vehicular y su capacidad de contaminación, principalmente de contaminantes como óxidos de nitrógeno y gases orgánicos reactivos. Entre más antiguos sean los modelos vehiculares menos eficientes o inexistentes son los sistemas de control de la contaminación.

Todo lo anterior permite concluir que al menos la mejora de impactos ambientales producto del sector energía depende de importantes trabajos en el subsector transporte. Al respecto el VII Plan Nacional de Energía (2015-2030) plantea importantes metas tanto en el subsector energía como en el sector transporte, las cuales deben enfrentarse al reto de cumplir con las exigencias ambientales y sociales asegurando al mismo tiempo la competitividad industrial y el equilibrio macroeconómico.

Introducción

El sector energía es un sector determinante en el desarrollo sostenible del país. La construcción de una nación que procure la calidad de vida de los habitantes de su país requiere en gran medida el manejo adecuado de los recursos económicos y ambientales los cuales se ven ampliamente influenciados por los patrones de desarrollo del sector energético del país.

De acuerdo con el pasado Informe Estado de la Nación el Sector Energía representaba un 31,2% de la Huella Ecológica de Costa Rica. A pesar del esfuerzo de algunas áreas del sector energía por reducir sus impactos ambientales y aportar a la mejora económica del país, parece ser que existe una gran influencia de los estilos de vida y desarrollo por los que ha optado la población que no favorecen precisamente los esfuerzos realizados por el sector.

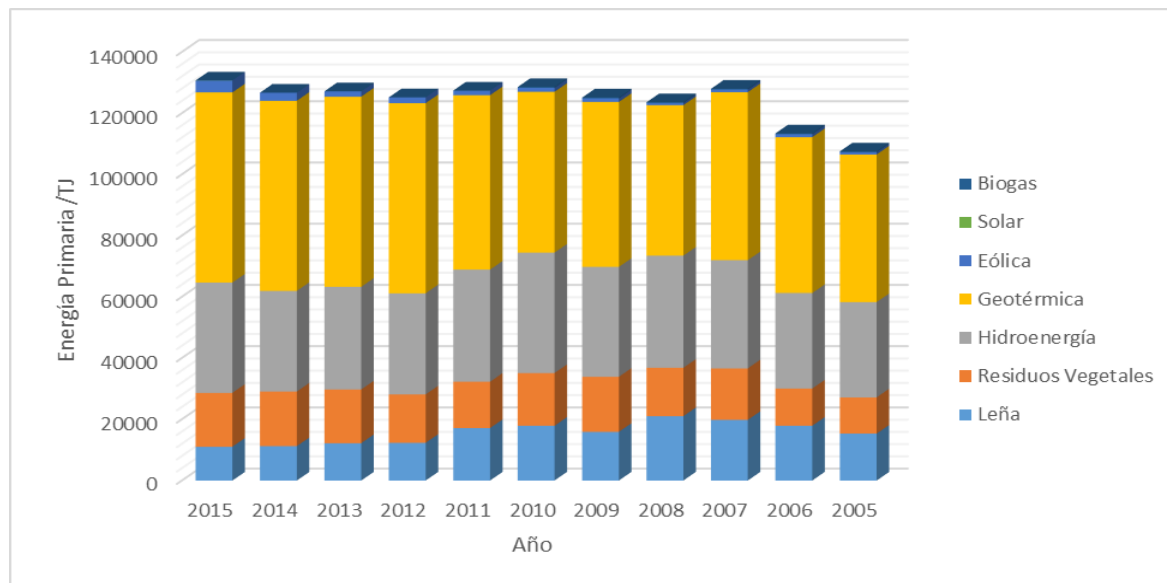
Es necesario determinar hacia donde se dirigen las tendencias de producción, consumo y disponibilidad de energía y si estas van de la mano con un desarrollo que procure la sostenibilidad ambiental y económica, lo cual no ha sido la premisa en los últimos años. De esta manera se traza una lista de desafíos en la materia y los avances hasta la fecha.

Producción de energía

Para el año 2015, el país registró una oferta interna de energía primaria de 113 122 TJ, donde las contribuciones más importantes provienen de la geotérmica (48 654 TJ) con un 43,0%, seguida de la hidráulica (31 542 TJ) la cual representa un 27,9%. Otras fuentes importantes son la leña y los residuos vegetales, las cuales aportaron el 9,8 (11 053 TJ) y 15,6% (17 596 TJ) respectivamente (DSE, 2016).

Si se analiza la tendencia de producción de energía primaria del país (Gráfico 1), se puede observar un incremento de 3,1% en el 2015 con respecto al año anterior, el cual representa un crecimiento más acelerado que el promedio registrado en los últimos 10 años que fue de 2,06%. Un hecho importante de señalar es el aumento de un 47 y 9,6% en el aporte de la fuente eólica e hidráulica, respectivamente durante el 2015.

Gráfico 1
Distribución de la producción de energía primaria por fuente en Costa Rica. 2005-2015
(teraJulios)

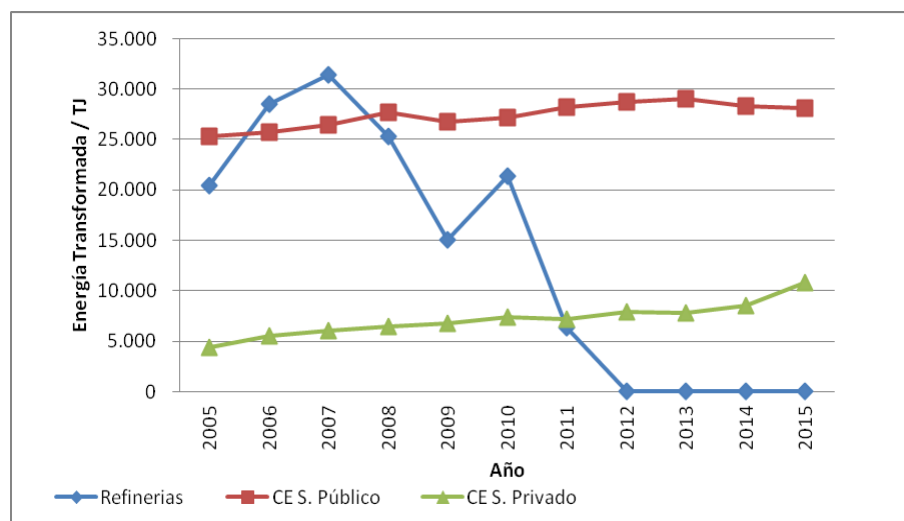


Fuente: Dirección Sectorial Energía, 2016.

Para el período de análisis fueron transformados en centrales eléctricas y destilerías un total 86 583 TJ, de los cuales 85 635 TJ corresponden a energía primaria y 947 TJ a secundaria, generando un total de 39 721 TJ (DSE, 2016). La cantidad de energía transformada creció en un 5,7% con respecto al año 2014. De los 39 721 TJ generados, el 98,0% corresponden a electricidad y tan solo un 2% a alcohol.

En esta materia, destaca el importante crecimiento en la capacidad de transformación de las centrales eléctricas privadas que rondo el 27,7% para el año 2015. En los últimos diez años, la capacidad de este sector ha crecido a una tasa cercana al 9,9% anual (gráfico 2). La participación del sector privado en el proceso de transformación de energía paso de un 21 a 27,3% en los últimos cinco años.

Gráfico 2
Evolución de la energía transformada en refinerías y centrales eléctricas en Costa Rica. 2005-2015
(terajulios)



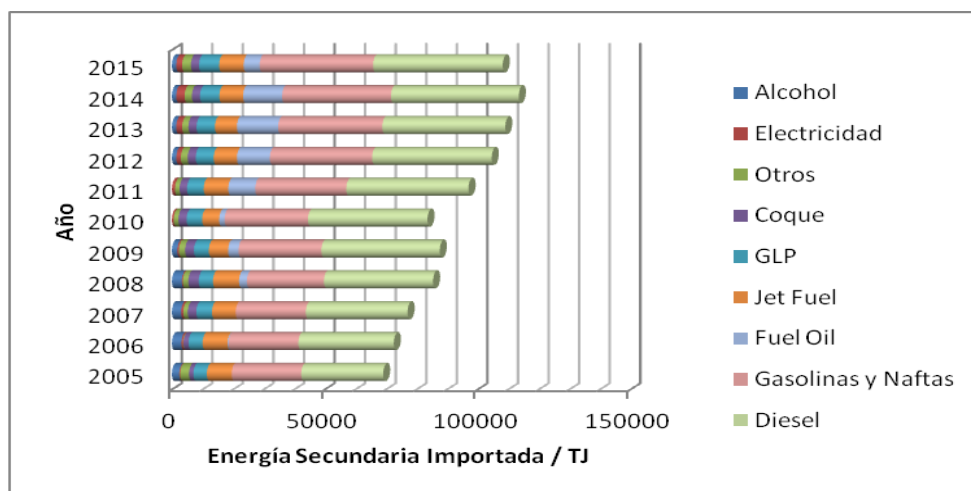
Fuente: Dirección Sectorial Energía, 2016.

Por otra parte, la importación de energía secundaria ascendió a 108 223 TJ, la cual está compuesta mayoritariamente por diesel y gasolina representando un 73,5% del total, seguido del Jet Fuel, Gas Licuado de Petróleo y Fuel Oil, con 7,4, 6,1 y 4,9% respectivamente. El dato de importación muestra un descenso de 4,6% con respecto al 2014 debido principalmente a la caída en las compras al exterior del Fuel Oil y el Jet Fuel. Las importaciones de gasolinas y el diesel muestran una tasa de crecimiento anual de 5,1 y 4,8 % respectivamente para el período 2005-2015 (gráfico 3).

Se estima que el país está aprovechando solamente un 63% de su potencial geotérmico, un 45 % del eólico, un 46 % de la biomasa y apenas un 23% del potencial hidroeléctrico. Sin embargo, el consumo de energías comerciales del país está determinado básicamente por el transporte y los derivados del petróleo (Hees, 2014).

Durante el 2014, el 2 % de la electricidad del servicio público se generó a partir de la utilización de biomasa. Sin embargo, de acuerdo con el estudio más reciente, el potencial de generación eléctrica de la biomasa se estimó en alrededor de 600 MW (Dirección Sectorial de Energía, 2007). Una de las principales limitantes para el aprovechamiento de la biomasa, es que la tarifa actual para generación con bagazo no ha resultado suficientemente atractiva para que se desarrolle todo el potencial de esta fuente. Para las otras fuentes de biomasa diferentes al bagazo ni siquiera existe una metodología tarifaria. Otra fuente que podría ser aprovechada es la energía contenida en los residuos sólidos municipales, sin embargo, no se cuenta actualmente con una metodología tarifaria para este tipo de generación.

Gráfico 3
Comportamiento de las importaciones de energía secundaria en Costa Rica, por categorías. 2005-2015
 (terajulios)



Fuente: Dirección Sectorial Energía, 2016.

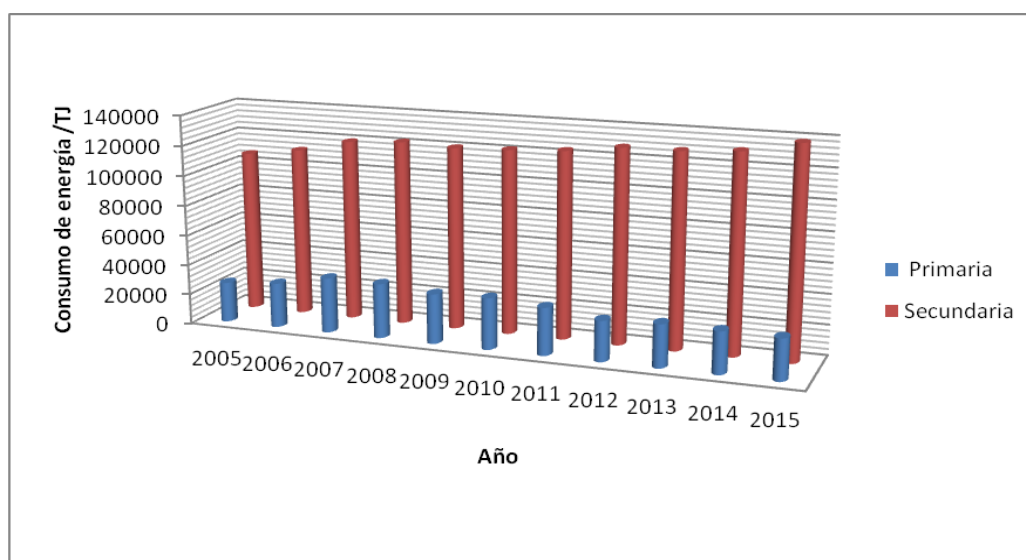
La potencia total instalada en materia de energía solar en el país es de 8,4 MW. En el Plan de Expansión de la Generación Eléctrica 2014-2035 (Instituto Costarricense de Electricidad, 2014) se indica que el potencial identificado para la fuente solar es de 120 MW. Una de las características de la energía solar y eólica es que son dependientes de condiciones meteorológicas, por lo que se les ha denominado como fuentes intermitentes. Esta característica requiere que el sistema eléctrico cuente con capacidad de respaldo adicional para garantizar el suministro de energía en todo momento.

Por otra parte, el país solo ha aprovechado la energía geotérmica de alta y media entalpía, cuyo potencial se encuentra en las zonas cercanas a los volcanes. Sin embargo, la geotermia de baja entalpía podría estar disponible en otros territorios del país, pero se requiere un marco regulatorio que permita su explotación ya que actualmente solo el ICE está habilitado para ello, según la Ley de geotermia (Ley N 5961, 1976).

Consumo de Energía

El consumo final de energía en el año 2015 fue de 165 702 TJ, de los cuales 27 198 TJ corresponden al aporte primario (16,4%) y 138 504 TJ (83,6%) al secundario. El 94,5% de la energía primaria consumida tuvo un uso energético. Sus principales fuentes resultaron ser los residuos vegetales, que en su conjunto suman 59,9%, mientras que la leña representa un 39,8% del total. El sector industrial utilizó el 71,5% de la energía primaria durante el 2015. El consumo registrado de energía sin transformar proveniente de fuentes naturales 100% renovables disminuyó un 1,9%, mientras que para la secundaria se registró un crecimiento de 5,8% con respecto al año 2014 (gráfico 4). Esta última variación resultó muy superior al promedio de 2,6% correspondiente al período 2005-2015.

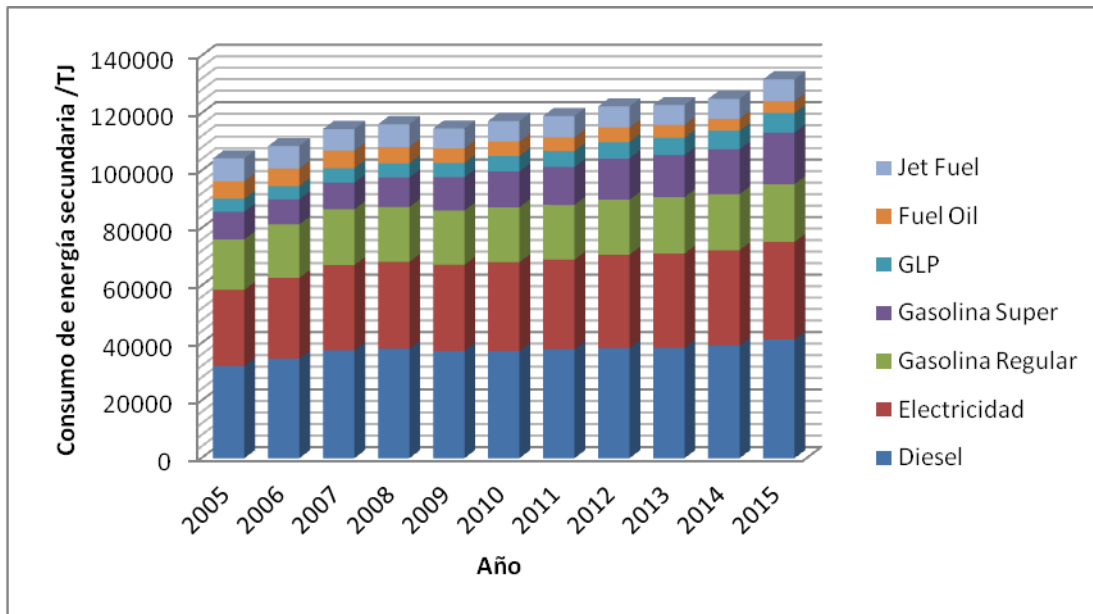
Gráfico 4
Evolución del consumo total de energía en Costa Rica. 2005-2015
(terajulios)



Fuente: Dirección Sectorial Energía, 2016.

De los 138 504 TJ de energía secundaria consumida en el país durante el año 2015, la mayor contribución la representan los derivados del petróleo con el 72,9% del total, a la electricidad le corresponde un 25,1% y el coque 2,0%. Si se analiza el comportamiento de los productos más consumidos (gráfico 5), se puede notar que en los casos del diesel, la gasolina regular y súper se presenta un incremento del 5,3, 3,1 y 14,8% en el consumo con respecto al 2014. En los tres casos anteriores el aumento registrado es muy superior a la tasa promedio de crecimiento anual en la última década (DSE, 2016). Un aspecto importante de señalar es que el búnker (*fuel oil*) presenta un patrón de crecimiento diferenciado al resto de los derivados del petróleo, ya que su consumo tiende a disminuir. Este descenso se puede deber a que este combustible es mayoritariamente utilizado en la industria, la cual ha venido desarrollando procesos de combinación de más fuentes energéticas y a un proceso de desaceleración de la participación de este sector en la economía nacional.

Gráfico 5
Evolución del consumo de energía secundaria por producto en Costa Rica. 2005-2015
 (terajulios)



Fuente: Dirección Sectorial Energía, 2016.

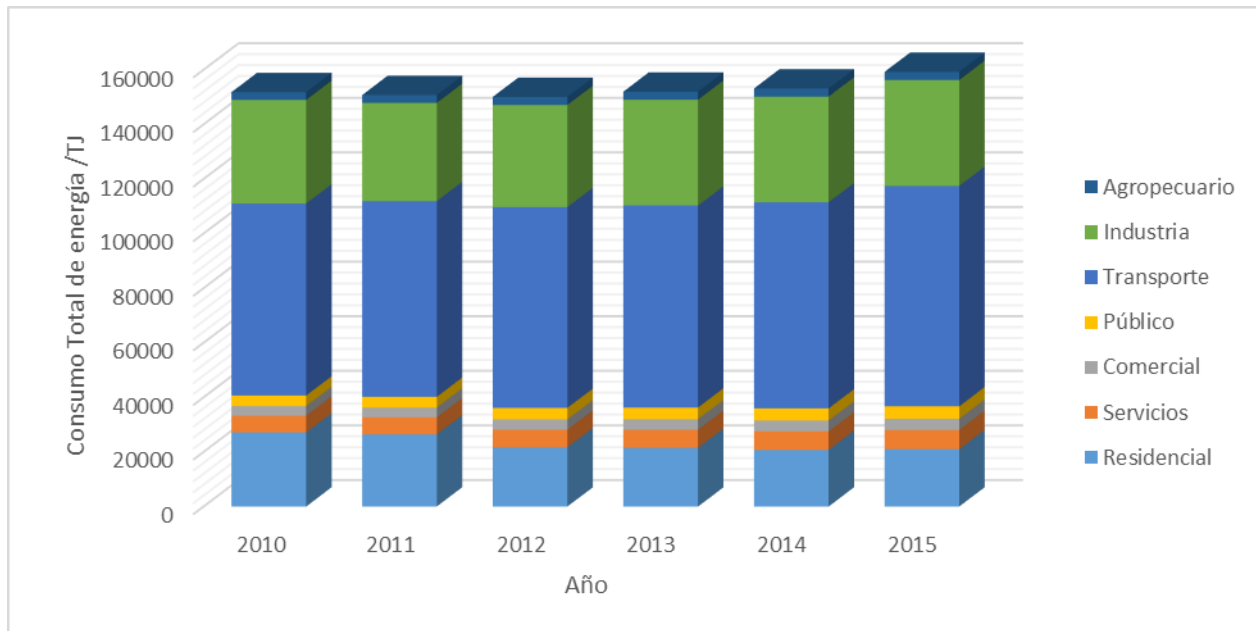
Para el año 2015, los patrones de consumo de energía siguieron la tendencia de los últimos 5 años (Gráfico 6), donde el mayor consumo se atribuye al sector transporte, con un aporte del 59,8% para un total de 80 757 TJ. Para este sector se presenta un aumento del 6,9% respecto al año 2014. Por otra parte, se destaca el decrecimiento del sector industrial pasando de representar el 16,9% durante el 2009 a 14,3% en 2015. Este comportamiento se puede relacionar con la creciente tendencia de la industria a introducir mayor eficiencia en sus procesos, como por ejemplo el uso de biomasa para calderas, implementación de paneles solares, cambio de tecnologías obsoletas, esto gracias a la relación existente entre los costos de producción y la eficiencia ambiental de los procesos. Así lo concluye el estudio “Necesidades de las Mipymes en eficiencia energética y energía renovable” realizado por Unimer para el BAC San José. Según el análisis, dos de cada tres firmas implementan acciones que conllevan a un cambio de conducta o concientización de un mejor uso de recursos, como apagar computadoras y luces cuando no se necesitan. Y que una de cada tres empresas invierte en una nueva tecnología para hacer uso eficiente de la energía, una actitud que tiene mayor relevancia para compañías que se encuentran fuera de la Gran Área Metropolitana (Fallas, 2016).

En el caso del sector residencial, la gasolina y la electricidad son los principales componentes del consumo doméstico de energía. El consumo residencial de electricidad creció en un 2,7% con respecto al año 2014 ubicándose en un 38,7%. Durante los últimos años, la variación en el consumo de electricidad en este sector ha sido muy bajo, lo cual llama la atención en vista de la expansión de la construcción en el

país; lo que llevaría a esperar más bien una tendencia al alza. Sin embargo, el efecto de los precios puede haber sido el detonante del comportamiento registrado.

Los consumidores del sector residencial pagan una tarifa fija por consumo eléctrico que no toma en cuenta la diferencia en los costos de producción asociados. Actualmente sólo la CNFL cuenta con una tarifa horaria que es voluntaria aplicable a clientes con consumos superiores a 350 kWh/mes, aunque recientemente se ha modificado este límite a 200 kWh/mes (MINAE, 2016).

Gráfico 6
Distribución del consumo de energía total por sector en Costa Rica, 2010-2015.
(porcentaje)



Fuente: Dirección Sectorial Energía, 2016.

El sector de comercio y servicios incluye comercio, restaurantes, hoteles, servicios comunales, servicios personales y a las empresas, salud, enseñanza, gobierno, intermediarios financieros y actividad inmobiliaria guardando correspondencia con la categoría de 'General' en las estadísticas del ICE. En el año 2015, el Sistema Eléctrico Nacional suministró un 36% del total de energía eléctrica al sector general, el cual mostró crecimiento de 3,3% con respecto al año anterior. El crecimiento en el consumo de este sector está en correspondencia con el cambio de estilo de desarrollo del país que ha favorecido la expansión acelerada de servicios gracias a políticas de apertura financiera, comercial y de expansión del sector turístico.

El patrón de consumo de energía secundaria por parte del sector transporte y el correspondiente incremento en las importaciones de derivados del petróleo se encuentran estrechamente relacionadas con el aumento progresivo del parque vehicular del país en los últimos años. Esto tiene importantes implicaciones ambientales en

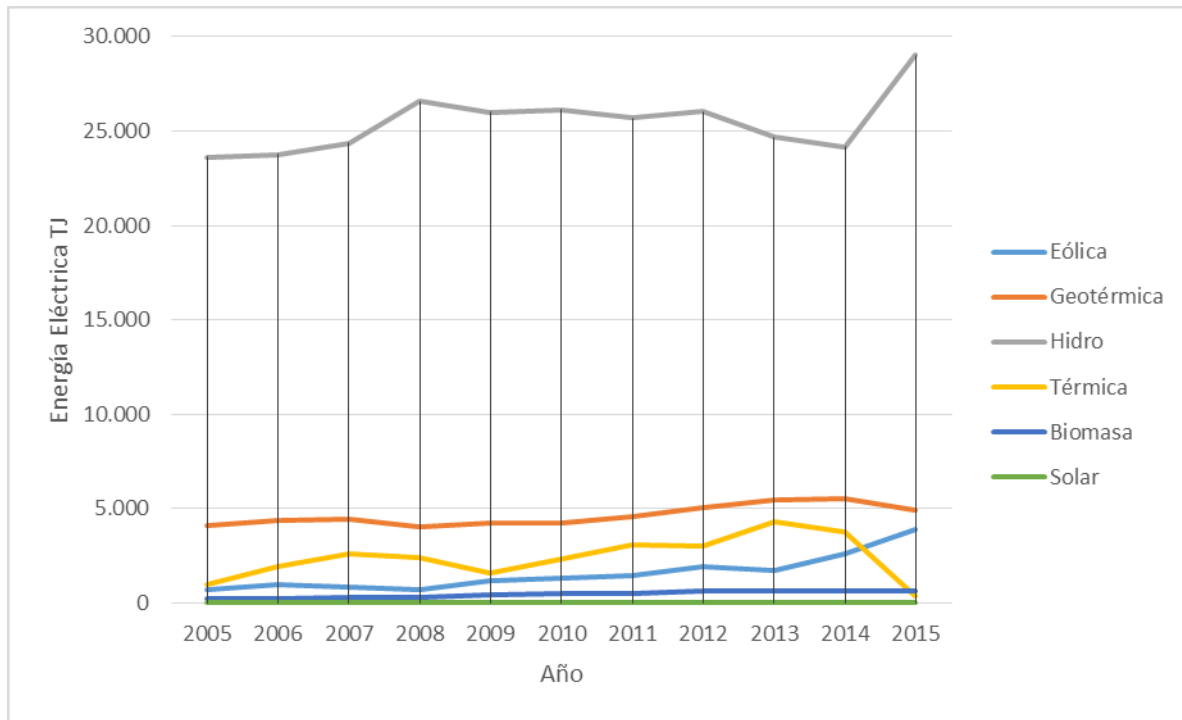
términos de contaminación atmosférica y calentamiento global. En efecto los análisis apuntan a que el país no podrá desprenderse del uso de hidrocarburos por las necesidades del sector transporte al menos en unas tres décadas, por lo que la clave de mejora en este aspecto apunta a la mejora en la calidad de los combustibles (Gutiérrez citado por Córdoba 2015).

La electricidad corresponde a la segunda fuente energética consumida en mayor proporción (25%). Para el año 2015 se contó con una capacidad instalada de las plantas de 3 061 206 kW, de las cuales el 79,2% corresponde a fuentes renovables (biomasa, hidroeléctrico, eólico, geotérmico y solar), siguiendo la tendencia de los últimos 5 años. La generación de energía eléctrica en este año, fue de 10 714 GWh mostrando un incremento del 6% con respecto al 2014. El ICE operó un 72% del total de la capacidad instalada mientras que el sector privado, que incluye aquellos generadores amparados bajo las Leyes No. 7200 y No. 7508, operó un 16,8% de la capacidad y el resto fue gestionado por las otras empresas distribuidoras y Coneléctricas (ICE, 2016).

De acuerdo con datos aportados por el ICE, la matriz de generación eléctrica del 2015 provino en un 99% de fuentes renovables. Las tendencias del último año presentan un decrecimiento en el uso de fuentes térmicas y un crecimiento de fuentes hídricas y eólicas. Con respecto al año 2013, las fuentes térmicas pasaron de contribuir un 11% a solamente un 1% de la energía total generada en el año 2015 (38 922 TJ). El modelo de desarrollo eléctrico que Costa Rica ha consolidado le permite generar con porcentajes muy altos de fuentes renovables. El 2015 generó 285 días con 100% de energía proveniente de fuentes limpias y renovables, lo que constituye un logro importante que ha sido ampliamente reconocido a nivel mundial. Contar con una matriz eléctrica renovable representa una ventaja comparativa y competitiva para la atracción de capitales e inversiones y en general para un desarrollo energético futuro sostenible (ICE, 2016). De acuerdo con datos mundiales de Enerdata, Costa Rica se encontró en el 2014 por encima de la media mundial de generación de energías renovables y de segundo en el ranking mundial, por debajo de Noruega (MINAE, 2015). Estos logros situaron al país como ejemplo durante la Cumbre de París (COP 21) realizada a finales del 2015.

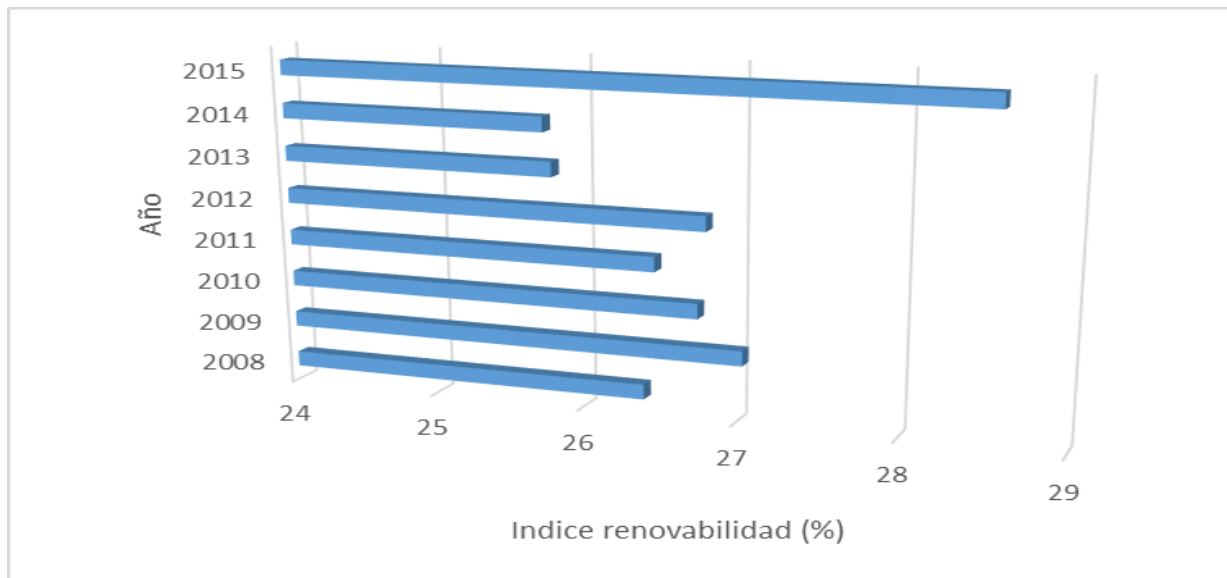
La relación entre la oferta de energía eléctrica renovable y la oferta total fue de un 80% para el año 2015 (gráfico 8). De acuerdo investigaciones de la OLADE (Organización Latinoamericana de Energía), los valores de índice de renovabilidad por encima del 60% indican que la mayoría de la energía producida es renovable, no sucede lo mismo si se analiza la oferta de energía secundaria consumida, donde la relación es de un 28% indicando que la mayoría de la energía consumida en el país es no renovable. Es importante mencionar el aumento de este índice en el último año y que Costa Rica se ubica sobre la media mundial (13%) de acuerdo con la OLADE.

Gráfico 7
Tendencia de producción de energía eléctrica, por tipo de fuente en Costa Rica. 2005-2015



Fuente: Dirección Sectorial Energía, 2016.

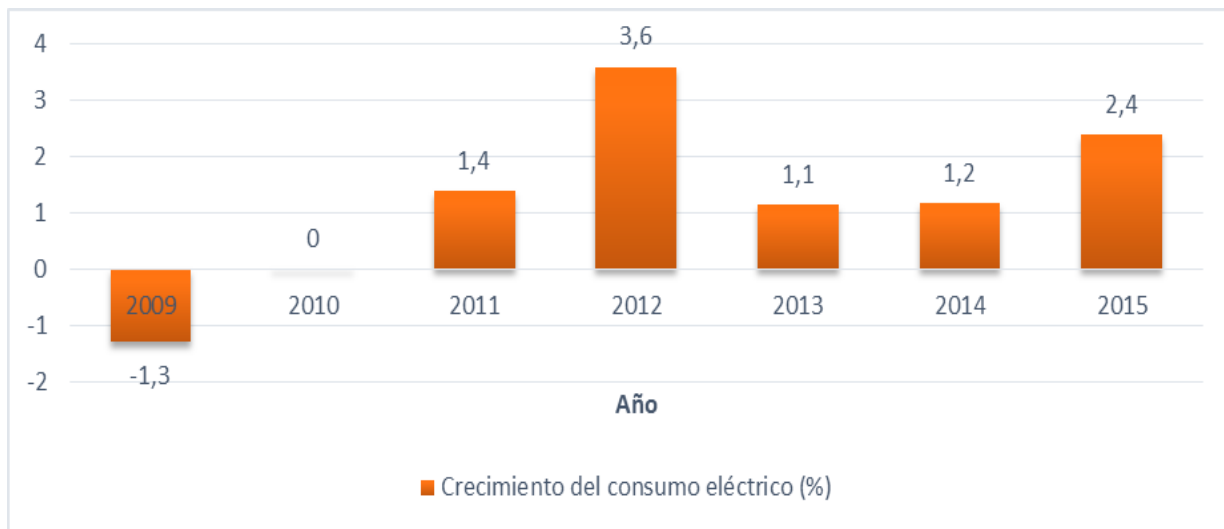
Gráfico 8
Índice de renovabilidad en Costa Rica. 2008-2015



Fuente: Dirección Sectorial Energía, 2016.

En las últimas dos décadas, la producción y la demanda de electricidad en el país siguen, una curva de tipo exponencial muy parecida al comportamiento del PIB; debido a que se trata de una demanda derivada de las actividades productivas y del consumo de bienes y servicios. Para el año 2015, el crecimiento fue de 2,4% lo que lo ubica por encima del promedio (el crecimiento para los años 2013 y 2014 fue de un 1%) (gráfico 9). Según estimaciones del Instituto Costarricense de Electricidad se esperaría una tasa promedio de crecimiento anual para el periodo 2014-2030 de 4,0% (MINAE, 2015), lo cual justifica los aumentos en la capacidad instalada.

Gráfico 9
Tendencia del crecimiento del consumo de energía eléctrica, periodo 2009-2015.



Fuente: Dirección Sectorial Energía, 2016

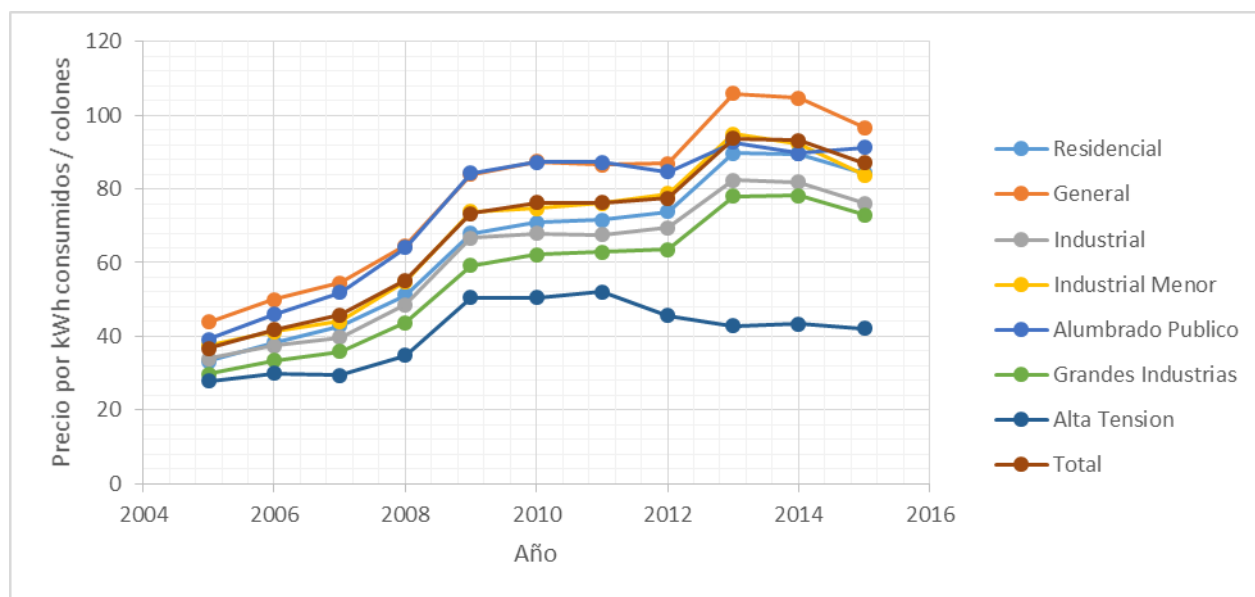
Otro aspecto importante de mencionar es que el ICE cuenta con un plan estratégico para la promoción y desarrollo de fuentes renovables no convencionales para generación eléctrica. Este estudio fue elaborado por el Departamento de Planificación y Desarrollo Eléctrico del ICE y es la visión futura para el impulso de planes programas y proyectos con este tipo de fuentes. El plan cuenta con los siguientes 11 programas: eólico terrestre, solar fotovoltaico, solar termoeléctrico, biomasa húmeda, biomasa seca, eólico marino, energía marina, geotermia no convencional, biocombustibles y almacenamiento energético. Las acciones estratégicas que plantea son:

- Apoyar la diversificación de la matriz energética
- Determinar y/o actualizar potenciales para generación eléctrica
- Monitorear el recurso
- Implementar proyectos piloto
- Vigilancia tecnológica
- Alianzas estratégicas con instituciones
- Capacitación técnica.

En materia de tarifas, el Sistema Eléctrico Nacional mantiene un modelo con un precio inferior para los sectores industrial y residencial en comparación con el correspondiente al sector servicios. Por otra parte, el sector industrial no es homogéneo en su tratamiento tarifario ya que se compone de tres segmentos: industrial menor, grandes industrias y grandes industrias de alta tensión. La factura energética total del sector residencial es un 6,8 por ciento del consumo, mientras que para la industria manufacturera y los servicios es apenas de 2,4 y 1,8 por ciento en promedio. Sin embargo, la gasolina representa un 70 por ciento y la electricidad un 25 por ciento del valor del gasto energético de los hogares, mientras que la electricidad es más importante en la industria (50 %) y sobre todo en los servicios (90 %). Aun así, de nuevo destaca que los combustibles fósiles son el principal componente de gasto energético, con excepción del sector servicios (Hess, 2014).

La tarifa eléctrica promedio ha aumentado en forma más acelerada (gráfico 10) que cualquiera de los factores de influencia, con excepción del diésel y el búnker, de forma tal que, en los últimos años, las tarifas han crecido mientras que los indicadores de costos se desaceleran sin excepción.

Gráfico 10
Evolución de las tarifas eléctricas por sector en Costa Rica. 2005-2015



Fuente: Dirección Sectorial Energía, 2016.

Las metodologías tarifarias existentes propician el traslado de los costos de operación y de inversión directamente a las tarifas así por ejemplo para el año 2013, los generadores privados vendían al ICE a un precio en promedio \$ 0,072 por kWh mientras que el resto de los agentes cobraban a los consumidores finales con precios entre \$ 0,13 y \$ 0,16 por kWh. Desde mediados de la década de los años noventa la generación privada ha aumentado considerablemente hasta producir casi un 11 por ciento del total. A partir de entonces la participación privada ha aumentado en forma

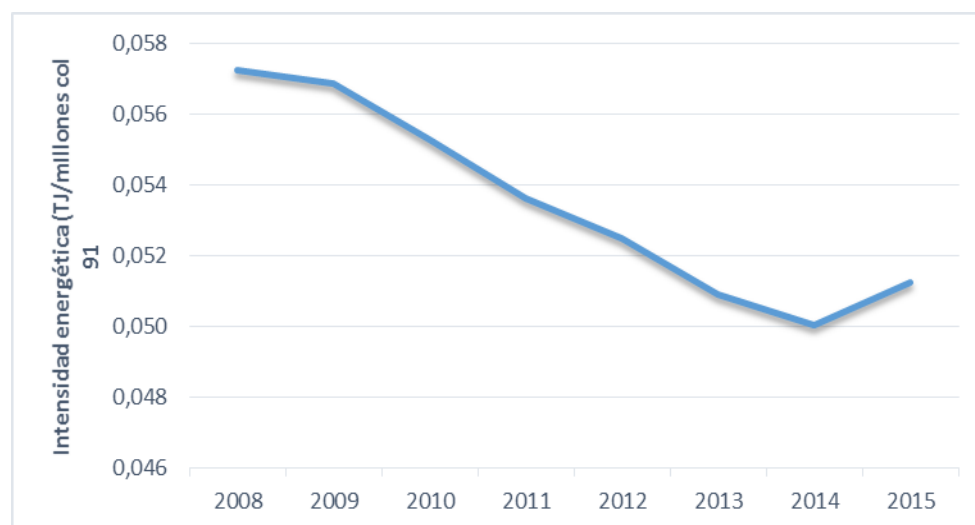
sostenida hasta duplicar su aporte, que en la actualidad alcanza cerca de un 20 por ciento. La generación privada ha recurrido obligadamente a las fuentes renovables (Hees, 2014).

De acuerdo con el Plan de Expansión, las obras a ejecutarse durante el período 2014-2035 para aumentar la capacidad instalada en el sector eléctrico tienen un valor presente de 5 586 millones de US\$ (MINAE, 2016) por lo que se hace necesario la búsqueda de sistemas de financiamiento diferentes al de la figura de los fideicomisos, los cuales se caracterizan por tener condiciones menos favorables que el financiamiento tradicional, que impactan directamente en las tarifas.

El peso promedio del valor de la electricidad sobre el monto total de la producción nacional ha permanecido inferior al 2%. En el caso de la industria manufacturera es de 1,36% mientras que en el sector comercio y servicios corresponde a un 0,90%. Si se realiza una comparación de los precios de la electricidad en Costa Rica con otros países de la región, se ubican entre los más bajos o en los valores intermedios dependiendo del sector, mientras que en precios promedio del mercado regulado el país es el segundo más bajo de la región (MINAE, 2016).

En términos de eficiencia energética se obtiene que durante los últimos 5 años existe una tendencia decreciente en el índice de intensidad energética, el cual mide la energía requerida para la producción de unidades de valor (consumo de energía/ producto interno bruto) (grafico 11). Este comportamiento sugiere una mejora en la eficiencia energética del país en los últimos años.

Gráfico 11
Comportamiento del Índice de Intensidad energética secundaria en Costa Rica. 2008-2015



Fuente: Dirección Sectorial Energía, 2016.

En eficiencia energética, Costa Rica fue pionera en América Latina en la promulgación de la Ley 7447 (Ley de Regulación del Uso Racional de la Energía) y su respectivo reglamento según consta en el Decreto 25 584 MINAE-H-MP. Esta legislación establece

disposiciones en materia de incentivos para la importación y manufactura de equipos eficientes en materia de consumo, desarrollo de programas de administración de energía, disposiciones para el plaqueo energético en los diferentes sectores económicos, entre otras. Sin embargo, muchas de las disposiciones contempladas en este marco regulatorio, no han sido efectivas o no se han implementado en su totalidad, lo anterior debido a que las políticas públicas en esta materia, han sido elaborados desde el ministerio rector sin la participación de otras instituciones que forman parte del subsector energía, la inoperancia de la Comisión Nacional de Conservación de Energía desde el año 2007, falta de actualización de la Ley 7447 y sus instrumentos conexos, dificultades técnicas y legales para la aplicación de muchas de las disposiciones así como la carencia de recursos del MINAE para garantizar el cumplimiento de la ley. Algunos de los desafíos que afronta el país en esta temática son:

- Garantizar el desarrollo de una plataforma institucional que pueda ejecutar y dar seguimiento a las disposiciones establecidas en la legislación en materia de eficiencia energética.
- Generar políticas públicas tendientes a incentivar el ahorro de energía por parte de los diferentes sectores de usuarios.
- Poner en práctica el sistema de incentivos para la importación de equipos que sean altamente eficientes, previa actualización de las regulaciones técnicas.
- Articular esfuerzos con las entidades financieras nacionales para garantizar el financiamiento de los programas de administración de energía desarrollados a nivel industrial considerando el recambio de equipos ineficientes.
- Desarrollar programas de educación y capacitación en todos los niveles del sistema educativo del país con el fin de promover una cultura de eficiencia y ahorro energético.

Otro tema importante a considerar es la eficiencia energética en la oferta, según datos del VII Plan Nacional de Energía, Costa Rica registró en el año 2013 un porcentaje de pérdidas en la transmisión y distribución de 10,8% que si bien es superior a la media mundial de 8,1% se encuentra por debajo del resto de países de la región centroamericana.

La cobertura eléctrica es total en todos los núcleos urbanos y gran parte de las zonas rurales. No obstante, este esfuerzo, todavía existen viviendas aisladas que no tienen acceso al servicio eléctrico, ubicadas normalmente en zonas distantes y de muy baja densidad poblacional. Con la información disponible a julio del 2015, se ha calculado que el índice de cobertura nacional alcanza un 99,3% (ICE, 2015 b).

Plan Nacional de Energía: Principales desafíos

El VII Plan Nacional de Energía 2015-2030 considera de manera unificada los sectores de energía y transporte, como rasgo característico. La ejecución de acciones establecidas en este plantea a su vez el alcance de un país con mejores condiciones medio ambientales, principalmente una economía baja en carbono mediante el uso más eficiente de los recursos existentes. Los principales desafíos de dicho plan se orientan a

cumplir con las exigencias ambientales y sociales asegurando al mismo tiempo la competitividad industrial y el equilibrio macroeconómico.

Las principales orientaciones para el sector electricidad que se consideran en dicho plan son: introducir cambios en el Sistema Eléctrico Nacional para elevar la eficiencia energética, el ahorro y lograr un mejor manejo de la demanda eléctrica; estimular el desarrollo de la generación distribuida y el autoconsumo de electricidad; actualizar el marco jurídico e institucional especializado e promover la eficiencia energética; mejorar los métodos de cálculo de las tarifas de electricidad y elevar la eficiencia de la gestión de las entidades públicas del sector electricidad.

La política energética también incorpora –entre otras– las siguientes orientaciones relacionadas con el sector de transporte: promover sistemas eficientes de transporte colectivo que sean ambientalmente más limpios y mitiguen los efectos del calentamiento global; promover el uso de combustibles alternativos en el sistema de transporte para disminuir la dependencia de los hidrocarburos y la emisión de gases contaminantes y mejorar las normas para la importación de vehículos nuevos y usados para estimular el rendimiento energético y la reducción de la contaminación.

Al final del período contemplado por el PNE se aspira a que el país haya logrado los siguientes resultados:

- Un nivel cualitativamente superior al actual en cuanto a eficiencia energética, tanto en lo que respecta al consumo de energía como a su generación, transmisión y distribución,
- Una economía nacional con un nivel de emisiones de gases de efecto invernadero significativamente menor al actual, debido a la reducción de la dependencia de los hidrocarburos para generar electricidad y para servir como fuente de energía para el transporte público y privado y al aumento de la eficiencia energética de los vehículos movidos por hidrocarburos, así como la incorporación de vehículos eléctricos e híbridos en la flota vehicular,
- Una sociedad costarricense con mayor capacidad para evitar y mitigar los impactos ambientales de los procesos relacionados con los servicios de electricidad y transporte,
- Una matriz eléctrica nacional capaz de satisfacer de manera sostenida el aumento en el tiempo de la demanda de energía,
- Un sector de electricidad en condiciones de aprovechar y adaptar los cambios tecnológicos mundiales para mantener y aumentar la participación de las fuentes de energía renovables en la matriz eléctrica nacional y para ofrecer precios de la electricidad que sean lo más competitivos posibles en el contexto internacional,
- Un sector de transporte con cambios importantes con respecto a su situación actual que se expresen en una mayor importancia del transporte público para movilizar personas en las ciudades del país, la reducción significativa de los tiempos de transporte de personas y mercancías, la reducción notable de los costos unitarios de transporte público y privado y el aumento en la calidad de vida derivado de la mejora sustancial de los procesos de transporte.

Impacto Ambiental derivado del balance energético del país

Las actividades relacionadas con la producción y consumo de energía generan diferentes afectaciones a la calidad ambiental, donde sobresalen la generación de emisiones de contaminantes criterio del aire y gases de efecto invernadero. A partir de los balances de energía y una identificación de las tecnologías utilizadas en las actividades relacionadas con el sector, se pueden utilizar factores de emisión para estimar la cantidad de contaminante emitida por unidad de energía producida o consumida.

Descarbonización del sector energía:

Tomando como marco de referencia la meta acordada internacionalmente de reducción de emisiones, para evitar un incremento en la temperatura del planeta superior a los 2°C para el año 2050 y las aspiraciones del país de alcanzar la carbono neutralidad en el 2021, el sector energía debe establecer una agenda de proyectos de mitigación de emisiones de gases efecto invernadero que se basen en una descarbonización de la matriz energética. Según datos del Inventario de Emisiones de Gases Efecto Invernadero del año 2012, el sector energía generó 7 213,83 Gg de CO₂ eq, las cuales se distribuyen de acuerdo con lo indicado en el cuadro 1. De acuerdo con los datos de dicho inventario, en el país se generan 0,32 Toneladas de CO₂ equivalente por MWh producido, lo cual representa una matriz de generación eléctrica bastante limpia, pero que a su vez es dependiente de los patrones meteorológicos como los niveles de precipitación.

Una propuesta de líneas de acción factibles en materia de descarbonización para la matriz energética de Costa Rica, debería considerar entre otras:

- a) *Desarrollo e implementación de criterios de eficiencia energética en todos los usos de energía.*

La puesta en marcha de programas de eficiencia energética permitirá obtener externalidades positivas en dos líneas, por una parte ayuda a reducir las emisiones de GEI y a su vez permite moderar el consumo energético, brindando beneficios económicos de ahorro de energía a los consumidores finales que serían una de las posibles fuentes de financiamiento para la ejecución de los programas. En esta materia, llama la atención el hecho de que si bien es cierto el VII Plan Nacional de Energía (PNE) toma este tema como una de sus líneas de acción, no contempla la definición de metas de implementación por sectores que brinden el marco de referencia para comprender la priorización de las acciones a ejecutar y más bien se centra en resolver el rezago que presenta el país en esta materia en la última década.

Cuadro 1

Distribución de las emisiones de gases efecto invernadero para el sector energía. 2012

| Fuente | Emisión de CO ₂ /Gg | Emisión de CH ₄ /Gg | Emisión de N ₂ O /Gg |
|---------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| Industrias de la energía | | | |

| | | | |
|--|---------|-------|--------|
| Generación de Electricidad | 557,6 | 0,06 | 0,01 |
| Refinación de petróleo | 32,8 | 0,001 | 0,0006 |
| Producción de carbón vegetal | 0 | 0,004 | 0,0003 |
| Sector Industrial | | | |
| Manufactura y Construcción | 1.090,3 | 0,56 | 0,08 |
| Otros sectores | | | |
| Residencial | 147,4 | 2,09 | 0,03 |
| Comercial, Público y servicios | 116,9 | 0,30 | 0,004 |
| Agropecuario | 122,5 | 0,017 | 0,001 |
| Transporte | | | |
| Transporte | 4 827,5 | 1,26 | 0,33 |
| Emisiones fugitivas provenientes de la producción de energía | 89,6 | -- | -- |

Fuente: IMN, 2015.

b) Proceso de electrificación gradual y cambio a fuentes de energía neutras en carbono:

La matriz energética del país sobre todo a nivel de energía secundaria sigue siendo altamente dependiente de combustibles fósiles por lo que se requiere el remplazo gradual de estos por alternativas neutras en carbono, como la energía eléctrica de fuentes renovables o los biocombustibles, que permitan satisfacer las necesidades de energía reduciendo las emisiones de GEI a la atmósfera. Las dos actividades básicas en las que se utilizan combustibles fósiles en el sector energía (excluyendo transporte) son la producción de electricidad (plantas térmicas) y vapor (calderas). En ambos procesos se utilizan búnker y diésel como combustibles, presentando ambos altos factores de emisión de gases de efecto invernadero.

Dentro de la lógica de este planteamiento, se debe procurar incrementar el uso de la electricidad en todos los sectores productivos del país, siempre y cuando el consumo sea generado con una menor huella de carbono. Para lograr esta premisa es importante asegurar la robustez del sistema garantizando un incremento sostenido en el porcentaje de energía primaria que se transforma en energía eléctrica. Se considera de vital importancia la adopción de una cartera diversificada y versátil de fuentes de energía que permita dotar al sistema de seguridad ante presiones externas (alza en el precio de los combustibles o disminución en los niveles de precipitación) y flexibilidad para minimizar los costos de producción.

En esta materia el Plan de Acción de la Estrategia Nacional de Cambio Climático (ENCC) oficializada por el MINAE en el año 2015, estableció como meta instalar 20 MW bajo la modalidad de generación distribuida para el año 2021. Para alcanzar dicha meta es necesario crear legislación tarifaria adecuada y hacer ajustes al marco legal para

facilitar la implementación del programa a nivel nacional. El modelo de generación distribuida contempla la producción de electricidad por medio de muchas pequeñas fuentes de energía conectadas directamente a la red ubicadas cerca de los puntos de consumo. Este tema es retomado en el eje 2 del VII Plan Nacional de Energía.

Otro aspecto importante de considerar sería la inversión en materia de tecnologías de almacenamiento de energía, cruciales para la entrada en masa de fuentes intermitentes (como la solar o la eólica). La integración y administración conjunta de las reservas de energía será clave en la arquitectura de los sistemas energéticos futuros. El PNE contempla en el largo plazo la ejecución de proyectos de almacenamiento de energía que puedan surgir a partir de estudios de factibilidad de opciones para este tipo de sistemas.

De acuerdo con el Plan de Acción de la ENCC, la combinación de las iniciativas descritas anteriormente, según los alcances y escenarios planteados en dicho documento, podrían generar un potencial de reducción de emisiones cercano a 542 334 toneladas de CO₂ equivalente. Las estimaciones generadas para realizar las acciones contenidas en dicho plan en materia de Expansión de la Generación Eléctrica del ICE, fuentes renovables no convencionales y las inversiones estratégicas para la introducción del Gas Natural por parte de RECOPE rondarían una inversión total cercana a los 9 376 millones de dólares al año 2021.

Sector Transporte

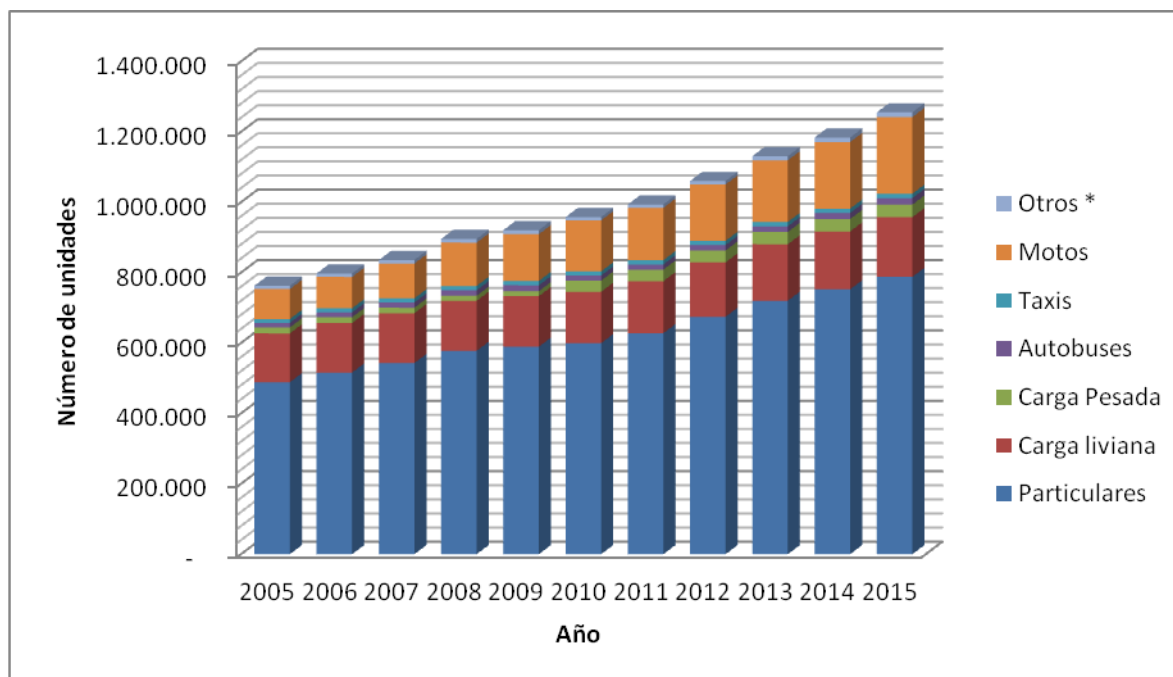
Para el año 2015, el Departamento de Cobro de Marchamo del Instituto Nacional de Seguros reportó que el parque vehicular del país ascendía a un total de 1 255 360 unidades, el cual estaba integrado por un 62,8% de vehículos particulares, seguido por las motocicletas y los de carga liviana con un 17,4 y 13,5% respectivamente. La flota ha crecido a una tasa promedio sostenida cercana al 7% (Gráfico 12), en los últimos diez años, sin embargo, existen algunas categorías como las motocicletas que aumenta a un porcentaje mayor (10%). De esta forma, la tasa de vehículos por cada 1.000 habitantes pasó de 132 en 1994 a 263 en 2014. Según datos reportados por el Banco Mundial (2014), Guatemala, Perú y Nicaragua poseían 70, 67 y 54 vehículos por cada 1 000 habitantes, respectivamente para el año 2011.

Una de las principales características de la flota vehicular del país, es la elevada edad promedio de la misma, ya que por ejemplo en el caso de los vehículos particulares un 48,8% de estos poseen edades promedio igual o superior a 15 años. Una situación similar ocurre en las categorías de taxis y pesada donde solamente un 6,9 y 24,6% de las unidades posee una antigüedad menor a 10 años.

El sector transporte es responsable del 54% de las emisiones de dióxido de carbono del país, donde la principal contribución la realizan los vehículos particulares con un 41% del total (MINAE, 2016). En el cuadro 2 se muestran las emisiones de contaminantes criterio del aire producidas por la flota vehicular en Costa Rica, por compuesto y tipo de vehículo en el año 2015. En total se generaron 1 332 540 toneladas, donde el contaminante mayoritario es el monóxido de carbono con un 61,7% seguido de los gases orgánicos reactivos con un 14,7%. En el gráfico 12, se puede observar como la

mayor cantidad de las emisiones de partículas producidas por fuentes móviles es aportada por los vehículos carga liviana, los cuales generan el mayor porcentaje de toneladas al año de partículas PM₁₀ y PM_{2,5} (38 y 42% respectivamente). Una situación diferente se presenta al analizar las emisiones de NOx y CO, en donde los vehículos particulares resultaron ser la principal fuente emisora de estos gases resultantes del proceso de combustión.

Gráfico 12
Evolución de la flota vehicular de Costa Rica por categoría. 2005-2015



Fuente: Instituto Nacional de Seguros, 2016.

Cuadro 2
Emisiones de contaminantes criterio del aire generadas por la operación de la flota vehicular en Costa Rica. 2015
(toneladas/año)

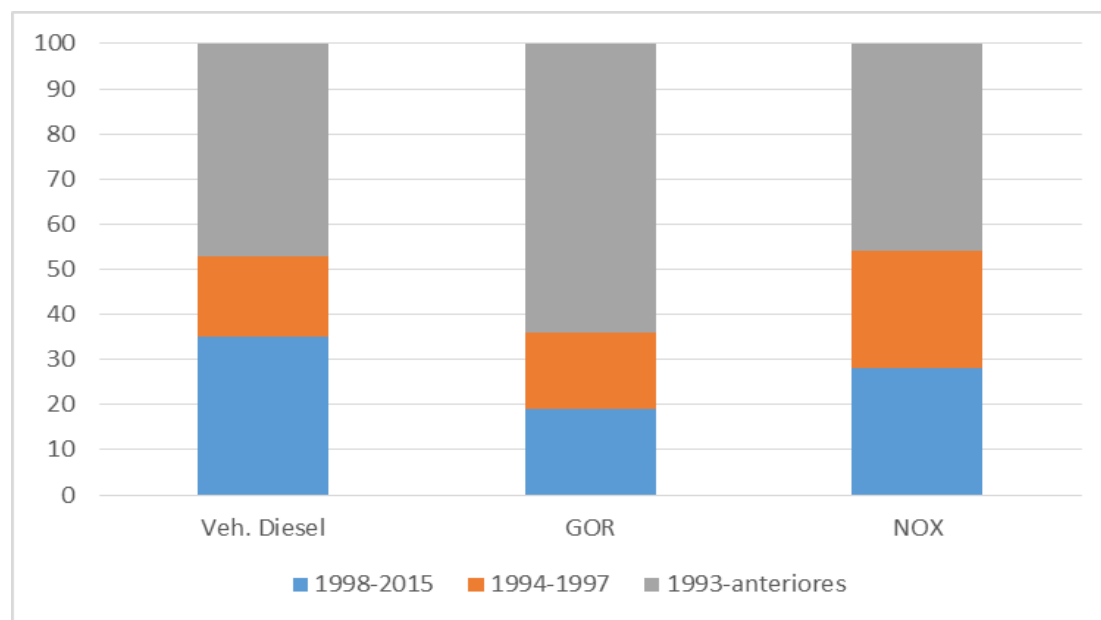
| Categoría | GOT | CO | NOx | SO ₂ | NH ₃ | PM ₁₀ | PM _{2,5} | GOR |
|-----------------------|---------|---------|--------|-----------------|-----------------|------------------|-------------------|--------|
| Autobuses gasolina | 17,96 | 759,34 | 50,14 | 0,24 | 0,19 | 0,35 | 0,26 | 10,02 |
| Autobuses diésel | 1.503 | 5328 | 17.286 | 4,4 | 13,3 | 165 | 140 | 1.434 |
| Particulares gasolina | 126.330 | 547.295 | 39.313 | 203 | 913 | 235 | 114 | 83.859 |
| Particulares diésel | 3.662 | 1220 | 2.710 | 2,5 | 8 | 138 | 113 | 2.885 |
| Cliviana Gasolina | 6.990 | 160.051 | 6.342 | 34,8 | 122 | 33 | 17 | 62.307 |
| Cliviana Diesel | 18.920 | 10.297 | 29.671 | 15,9 | 48 | 601 | 511 | 17.961 |
| Motocicletas | 11.901 | 64.638 | 2.787 | 23,4 | 24 | 80 | 45 | 11.148 |
| Carga Pesada | 15.835 | 10.027 | 22.258 | 7,7 | 23 | 290 | 246 | 15.110 |
| Taxis Gasolina | 2.334 | 22.092 | 1.935 | 10,0 | 45 | 12 | 6 | 1.216 |
| Taxis Diesel | 218 | 143 | 244 | 0,4 | 1 | 22 | 18 | 164 |

| | | | | | | | | |
|--------------|----------------|----------------|----------------|------------|--------------|--------------|--------------|----------------|
| Total | 187.711 | 821.850 | 122.596 | 302 | 1.200 | 1.577 | 1.210 | 196.094 |
|--------------|----------------|----------------|----------------|------------|--------------|--------------|--------------|----------------|

Fuente: Elaboración propia con el modelo MOBILE 6 USEPA/ INS, 2016.

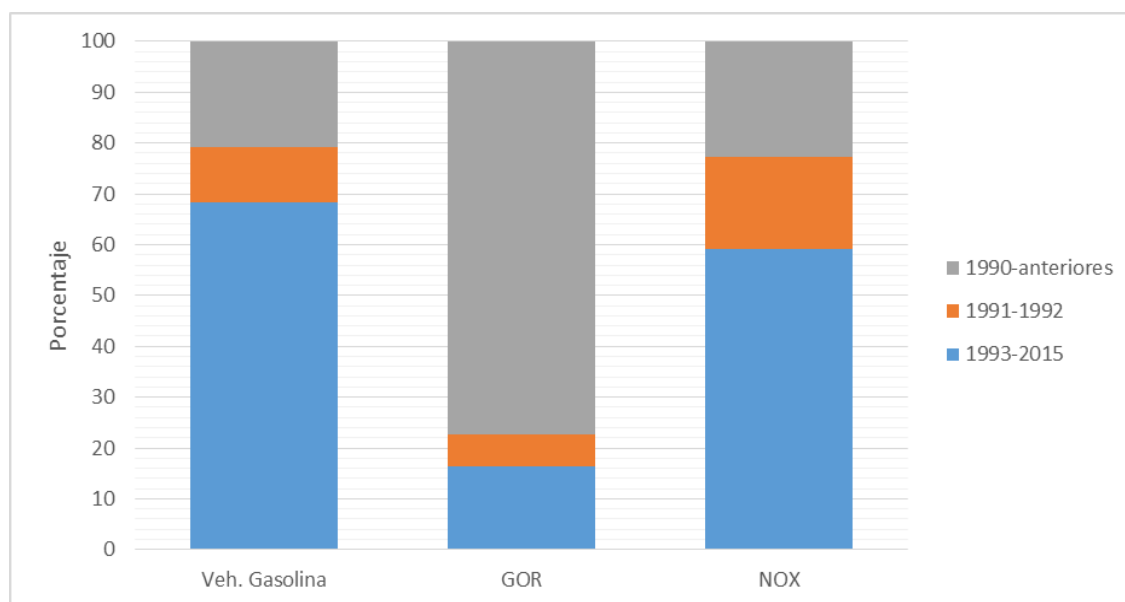
En la gráfica 13, se tiene la comparación porcentual entre la emisión de los precursores de ozono (gases orgánicos reactivos y óxidos de nitrógeno) así como el porcentaje de vehículos a diesel, que se encontraban en circulación en Costa Rica el año 2015, de acuerdo al año modelo. Se observa que el 47% de los vehículos (años modelos 1993 y anteriores), emite el 64% de los gases orgánicos reactivos y el 46% de los óxidos de nitrógeno. Los vehículos años modelo 1994 a 1997 (tecnología EPA 94) representan el 18% de la flota vehicular, los cuales emiten el 17% de los gases orgánicos reactivos y el 26% de los óxidos de nitrógeno. Finalmente, los vehículos que corresponden a los años modelo 1998-2015 (tecnología EPA 98) representan el 35% de la flota de vehículos a diesel y aportan el 19% y el 28% de los gases orgánicos reactivos y de los óxidos de nitrógeno, respectivamente. Complementando este análisis, en la gráfica 14, se consideró el resto de la flota, es decir, vehículos que utilizan gasolina como combustible; de acuerdo al año modelo correspondiente a los estratos tecnológicos, y su correspondiente aporte de emisiones de GOR y NOx. En esta figura se observa que los vehículos que no cuentan con sistemas para controlar emisiones (años modelo 1990 y anteriores) representan el 20,7% de los vehículos y contribuyen con el 77,4% y el 22,7% a las emisiones de GOR y de NOx respectivamente; el 11% de los vehículos corresponde a los años modelo 1991 y 1992 que ya tienen incorporados algunos sistemas de control de emisiones como encendido electrónico y convertidor catalítico de dos vías, los cuales emiten el 6,3% de los gases orgánicos reactivos y el 18,2% de óxidos de nitrógeno.

Gráfico 13
Contribución porcentual a las emisiones de GOR y NOx de los automóviles particulares que operan con diésel en Costa Rica. 2015



Fuente: Elaboración propia.

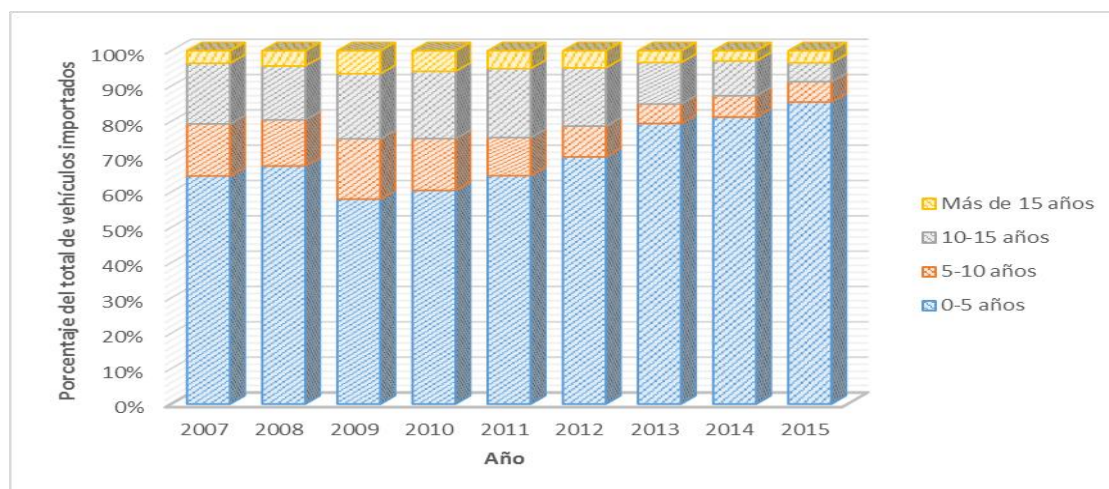
Gráfico 14
Contribución porcentual a las emisiones de GOR y NOx de los automóviles particulares que operan con gasolina en Costa Rica. 2015.



Fuente: Elaboración propia.

Por último, los vehículos correspondientes a los años modelo 1993 a 2015 (68%), los cuales se consideran los menos contaminantes debido a que están equipados con sistemas de control de emisiones avanzados, tales como convertidor catalítico de tres vías, canister para controlar las emisiones evaporativas, computadoras a bordo y sensores de oxígeno, aportan el 16% de los gases orgánicos reactivos y el 59% de los óxidos de nitrógeno.

Otro factor determinante es la renovación de la flota, ya que actualmente la edad promedio de la flota vehicular reportada ronda los 16 años. Para contrarrestar este proceso, se requiere de regulaciones estrictas, principalmente para la importación de vehículos usados. Tal como puede observarse en el gráfico 15, en los últimos 5 años un 17,9% de los vehículos que ingresaron al país tenían una edad superior a los 10 años al momento de su registro en la Dirección General de Aduanas.

Gráfico 15**Evolución del comportamiento de las importaciones de vehículos de acuerdo con la edad promedio al momento de la entrada al país. 2007-2015**

Fuente: Elaboración propia con datos de la Dirección General de Aduanas.

De acuerdo con lo establecido en el Plan de Acción de la ENCC, la ruta hacia la carbono neutralidad en el sector Transporte implica necesariamente el desarrollo de un conjunto de medidas agrupadas en tres áreas específicas:

- a) Diseño e implementación de un sistema integrado de Transporte donde se incluyen los proyectos de sectorización de rutas, integración de las modalidades con el servicio del tren y la regulación de la infraestructura en general para la generación de un modelo de desplazamientos más eficiente. Esta iniciativa es retomada en el VII Plan Nacional de Energía sin embargo se establece la entrada en funcionamiento de tres rutas operando con carriles exclusivos para finales del año 2018, mientras que la iniciativa de un sistema de transporte rápido de pasajeros queda a nivel de diseño y evaluación de factibilidad en el corto y mediano plazo.

El Plan Nacional de Transportes (2011-2035) plantea como reto el mejoramiento de la gestión y operación del sistema de transporte público como mecanismo para revertir el uso masivo de vehículos privados en el corto plazo. En esta materia, el proyecto de sectorización de rutas de autobús de la GAM consiste en reducir el número de autobuses que ingresan a la capital y jerarquizar las rutas en troncales, intersectoriales, de alimentación y distribuidoras urbanas, dándoles mayor fluidez por medio de carriles exclusivos para el transporte público masivo. Adicionalmente, el Plan Nacional de Desarrollo (2014-2018) también contempla el desarrollo del proyecto de Transporte Rápido de Pasajeros (TRP) entre San José-Cartago, así como la rehabilitación progresiva del sistema de transporte ferroviario de carga en el país.

En esta materia resulta fundamental un tema poco abordado en el PNE, referente al desarrollo de acciones que promuevan los esquemas de transporte colectivo sobre las modalidades individualizadas. El establecimiento de restricciones de estacionamiento en la ciudad, flexibilización de horarios de trabajo, fomento de esquemas de teletrabajo, implementación de esquemas de carro compartido a nivel de centros laborales, pueden ser solo algunas de las opciones que se pueden desarrollar en esta línea.

b) Renovación Tecnológica y modernización de la flota vehicular

En comparación con otros países Costa Rica, no ha logrado disminuir las emisiones generadas en el sector transporte durante el periodo 2012-2014, mientras que otras naciones de la región han adoptado políticas orientadas hacia la eficiencia energética en la importación y fabricación de vehículos, lo cual les ha permitido, que para el 2015, hayan alcanzado un promedio de emisiones para vehículos nuevos situados entre 120 y 160 g CO₂/km mientras que en el país el promedio fue de 197 y 206 g CO₂/km. Un avance importante en esta materia, se realizó durante el 2015 con el inicio del Programa de Adquisición de Vehículos Eficientes (PAVE) a través de una asociación entre el Ministerio de Ambiente y Energía, el Banco de Costa Rica, el Instituto Nacional de Seguros (INS) y la Asociación de Importadores de Vehículos y Maquinaria (AIVEMA) Con ese programa, se brindan condiciones de financiamiento favorables a aquellos vehículos con niveles de emisiones menores a 200 g CO₂/km y que cumplen con un rendimiento combinado (carretera –ciudad) de 15 km/l.

Además durante este año se dictaron los Decretos Ejecutivos DE-33096-2006 y DE-37822-2013 ambos emitidos por el MOPT, el MINAE y el Ministerio de Hacienda, con el fin reducir el impuesto selectivo de consumo a los vehículos híbridos y eléctricos y, adicionalmente, instar a las entidades del sector ambiente y energía y entidades públicas en general a desarrollar la infraestructura de operación, mantenimiento y recarga de vehículos 100 % eléctricos, híbridos, de gas natural y de gas licuado de petróleo. Además, se insta a los centros de educación superior a incluir dentro de sus programas la investigación y el desarrollo de estas tecnologías y a las entidades públicas a considerarlas al momento de sustituir o cambiar la flotilla.

Otro aspecto fundamental en materia de la modernización del transporte público es el desarrollo de políticas que permitan la incorporación de unidades que hagan uso de tecnologías eficientes, ya que actualmente, en el caso de los autobuses el 69 %, tiene una edad promedio de 11 años. Desde el año 2014, el Consejo de Transporte Público, estableció que las unidades nuevas que se incorporen a operar en las rutas concesionadas deben cumplir con la Norma de Emisiones Euro III.

El proceso de renovación se traduce en el incremento del porcentaje de vehículos de la flota vehicular que usan tecnologías menos contaminantes. De acuerdo con estudios muy recientes (CINPE, PNUD 2012), la conversión de taxis y buses a tecnologías como LPG, Gas Natural, híbridos es una medida muy costo-efectiva para lograr la reducción de emisiones en el sector (MINAE, 2015).

Calidad del aire

La Ley General de Salud de Costa Rica define la contaminación del aire como el deterioro de su pureza por la presencia de agentes de contaminantes, tales como partículas sólidas, polvo, humo, vapor, gases, materias radioactivas y otros, que el Ministerio de Salud defina como tales, en concentraciones superiores a las permitidas por las normas de calidad del aire aceptadas internacionalmente y declaradas oficiales.

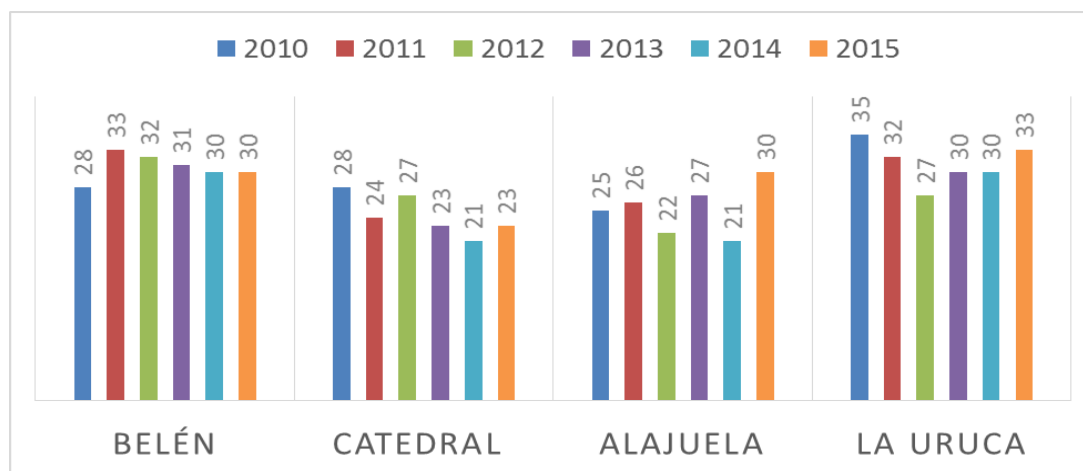
En Costa Rica existe un historial de mediciones de concentración de material particulado con diámetros menores a 10 μm (PM_{10}) desde inicios del año 2004, gracias al esfuerzo de la Universidad Nacional, el Ministerio de Salud, el Ministerio de Ambiente y Energía y la Municipalidad de San José. Estos datos se han obtenido mediante el establecimiento de una red de monitoreo con muestreadores de alto volumen (mediciones manuales de 24 horas ejecutadas 3 veces por semana), en varios sitios de la GAM. De la misma forma, se ha venido monitoreando concentración de dióxido de nitrógeno por difusión pasiva en al menos 42 sitios de la GAM. Todos los procedimientos que se han utilizado para los métodos descritos anteriormente están acreditados bajo la Norma de Calidad ISO 17025:2005. La red cuenta con sitios en zonas comerciales, industriales, residenciales según lo establece la USEPA para este tipo de monitoreo. En la figura 1 se observan todos los sitios de muestreo de partículas PM_{10} ubicados dentro del perímetro de la Gran Área Metropolitana de Costa Rica.

De acuerdo con el Informe de Calidad del Aire del Área Metropolitana del año 2015, la totalidad de los 10 sitios de muestreo para PM_{10} cumplieron tanto con la norma nacional (Decreto 30221-S) para el promedio anual ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) como con el valor de referencia de $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para un período de 24 horas. Sin embargo, respecto al criterio de la OMS, se encontraron incumplimientos para todos los sitios. Es importante señalar que las concentraciones más bajas se registraron en las localidades con menor flujo vehicular (zonas residenciales). Para estos sectores se obtuvieron concentraciones de PM_{10} entre (19 – 24) $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en cuanto a promedios anuales se refiere. Por otro lado, en sectores en donde predomina mayor flujo vehicular (zonas comerciales e industrial es) se obtuvo un ámbito de concentraciones mayores (25 – 35) $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Cuando se analiza la evolución de los promedios anuales de partículas PM_{10} en los sitios de muestreo del Área Metropolitana en el período (2010-2015) (gráfico 16) se puede apreciar que no hay una tendencia de aumento o descenso significativo.

Gráfico 16

Variación de los promedios anuales de partículas PM₁₀ registrados en varios sitios de monitoreo del Área Metropolitana de Costa Rica. 2010-2015.

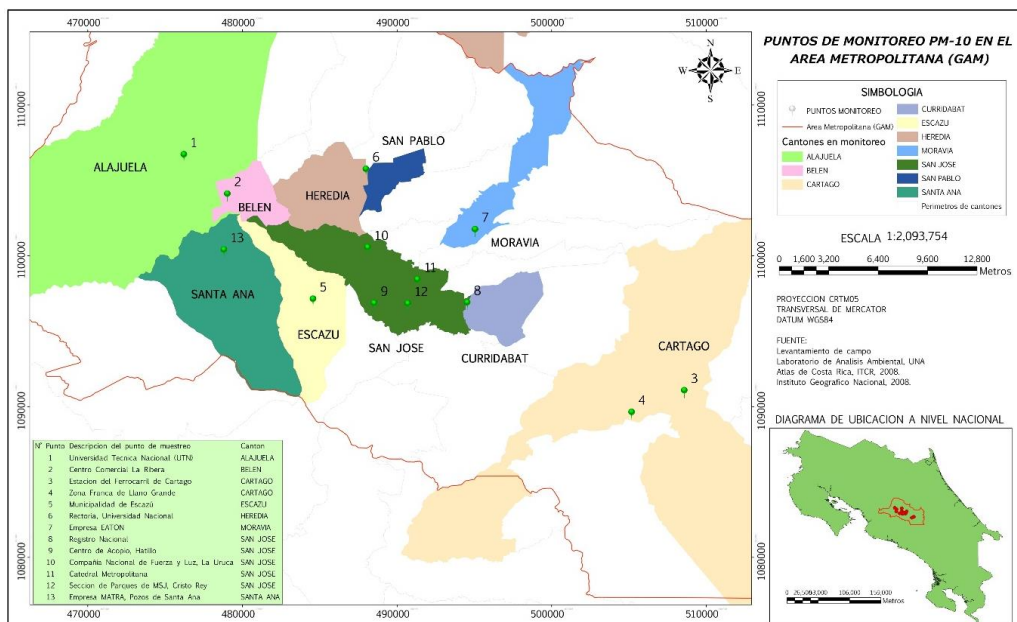


Fuente: Elaboración propia.

Otro contaminante que se vigila en la red de monitoreo de calidad del aire, son las partículas con diámetros menores de 2,5 µm (PM_{2.5}) las cuales pueden ingresar hasta la región alveolar y provocar efectos a la salud más severos; pese a ello, en Costa Rica aún no se cuenta con normativa que regule la concentración de este contaminante. En el cuadro 2 se muestra la concentración encontrada en el sitio de muestreo ubicado en el Plantel de la Municipalidad de San José sobre avenida 10.

Mapa 1

Ubicación de los sitios de muestreo de partículas PM₁₀ en el Área Metropolitana de Costa Rica



En el año 2013 y 2014 se observa que ambos promedios anuales superan el criterio establecido por la Organización Mundial de la Salud, tanto para exposición crónica como aguda.

Cuadro 2

Concentración promedio anual de partículas PM_{2.5} obtenidas en el Área Metropolitana de Costa Rica. 2013 y 2014
($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

| Año | 2013 | 2014 | |
|--|------------------------|------------------------|---|
| Sitio de muestreo | Plantel Municipal, MSJ | Plantel Municipal, MSJ | Criterio OMS ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) |
| Promedio Anual ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | 22 | 25 | 10 |
| Desviación Estándar ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | 7 | 11 | - |
| Valor máximo registrado en 24 horas ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | 48 | 69 | 25 |

Los niveles de dióxido de nitrógeno en la GAM superan los límites dictados por la OMS en 16 de los 60 sitios de medición (San José: 11, Belén: 3, Alajuela: 2). Este contaminante es generado mayoritariamente en los procesos de quema de combustibles en vehículos automotores. Las concentraciones mayores se presentan en sitios comerciales con alto flujo vehicular, en donde se llegan a alcanzar excedencias de hasta un 45% con respecto al valor criterio. Si se comparan estos resultados con los obtenidos para años anteriores se registra una tasa de incremento de 11% y 13% para sitios comerciales e industriales, respectivamente.

Ante este escenario es importante:

- Proceder con la actualización de la norma nacional de calidad del aire. Existe un borrador listo que fue elaborado por la Universidad Nacional y el Ministerio de Salud, el cual inclusive ya salió a consulta pública y fue avalado por la Comisión Técnica de reglamentos en materia de calidad del aire.
- Fortalecer el monitoreo de la Calidad del Aire para cubrir al menos los 6 contaminantes básicos y garantizar la sostenibilidad de la red de monitoreo en el tiempo.
- Generar políticas públicas que desincentiven la importación de vehículos usados de más de 10 años de antigüedad.
- Revisar los estándares requeridos en el Programa de Revisión Técnica Vehicular para adecuarlos a las reducciones establecidas según los inventarios de emisiones.
- Identificar y priorizar necesidades de obra pública que favorezca el incremento de la velocidad de circulación en los sectores con niveles altos de contaminación.
- Definir un modelo sostenible de transporte público que desincentive el uso del vehículo particular.
- Desarrollar con el MEP una campaña fuerte de educación ambiental en materia de gestión de calidad del aire.
- Definir y ejecutar un plan sostenido de mejora en la calidad de los combustibles que tome en cuenta el búnker utilizado a nivel industrial.

Bibliografía:

- ICE. 2016. Modelo energético en Costa Rica: Sector Eléctrico. Instituto Costarricense de Electricidad. San José, CR. 47p.
- ICE (Instituto Costarricense de Electricidad, CR). 2016. Análisis comparativo de las variables relacionadas con el consumo de energía eléctrica en Costa Rica 2014-2015. San José, CR. 91p.
- INS (Instituto Nacional de Seguros, CR). 2016. Parque vehicular 2005-2015.
- DSE (Dirección Sectorial de Energía, CR). 2016. Estadísticas Energéticas. San José, CR.
- Estado de la Nación. 2014. Vigésimo Informe Estado de la Nación. San José, CR.
- Fallas, C. 2016. Eficiencia energética y energías renovables ganan adeptos entre empresas. El Financiero. San José CR.
- Gutiérrez, G. 2015. Costa Rica no podrá desprenderse fácilmente del uso de hidrocarburos. Semanario Universidad.
- Hess, Herman. 2014. Situación del sector y tarifas eléctricas en Costa Rica. Academia de Centroamerica, San José, Costa Rica.
- IMN (Instituto Meteorológico Nacional, CR). 2015. Inventario Nacional de gases efecto invernadero y absorción de carbono 2012. San José, Costa Rica, 68 p.
- MINAE (Ministerio de Ambiente y Energía, CR). 2015. Plan de Acción Estrategia Nacional de Cambio Climático. San José, C.R.153 p.
- MINAE (Ministerio de Ambiente y Energía, CR). 2016. VII Plan Nacional de Energía 2015-2030. San José, C.R.116p.
- MIDEPLAN (Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica, CR). Plan Nacional de Desarrollo 2015-2018 "Alberto Cañas Escalante". San José, CR. 557p.
- UNA (Universidad Nacional, CR); MINAE (Ministerio de Ambiente y Energía, CR); MINSA (Ministerio de Salud, CR); MOPT (Ministerio de obras públicas y transporte, CR); Municipalidad de San José. 2014. Sexto Informe de calidad del aire del Gran Área Metropolitana: 2013-2014. Heredia, CR. 62p.