



INSPIRE

LATINOAMÉRICA MEZCLA DE ETANOL EN LA GASOLINA

Septiembre de 2021

© 2021 SGS Germany GmbH. Todos los derechos reservados. Este estudio de mercado es una publicación de SGS Germany GmbH. Está dirigido a brindar información sobre un tema o temas concretos y de ninguna manera es un tratamiento exhaustivo de estos. Este estudio de mercado se proporciona en el estado en que se encuentra y según su disponibilidad, por lo que SGS Germany GmbH no garantiza que la información aquí contenida no tenga errores ni cumpla algún criterio en particular de desempeño o de calidad. Este estudio únicamente refleja los hallazgos de SGS al momento de su elaboración. SGS Germany GmbH expresamente rechaza todas las garantías implícitas que incluyen, entre otras, las de comercialización, título, idoneidad para un fin específico, no violación, seguridad y precisión. No debe citarse o referirse el estudio de mercado en ninguna otra publicación o actas, ni reproducirse sin el consentimiento previo por escrito de SGS Germany GmbH.

Además, aplican nuestras Condiciones Generales de los Servicios de Inspección y Pruebas, que si las solicita, con gusto se las enviaremos.

Estado actual: Septiembre de 2021

ÍNDICE

RESUMEN EJECUTIVO.....	3
SECCIÓN 1. PERFILES DE PAÍS: REGLAMENTACIONES, GASOLINAS Y COMPONENTES DE MEZCLA	7
PUNTOS CLAVE.....	13
CENTROAMÉRICA	17
REGULACIONES.....	17
ANÁLISIS DE LOS COMPONENTES DE MEZCLA.....	18
CENTROAMÉRICA: COSTA RICA.....	21
REGULACIONES.....	21
NORMAS DE CALIDAD DE COMBUSTIBLES Y OBJETIVOS ACTUALES	21
COMPARACIÓN CON LAS NORMAS.....	21
ANÁLISIS DE LOS COMPONENTES DE MEZCLA.....	22
CENTROAMÉRICA: GUATEMALA.....	24
REGULACIONES.....	24
NORMAS DE CALIDAD DE COMBUSTIBLES Y OBJETIVOS ACTUALES	24
COMPARACIÓN CON LAS NORMAS.....	24
ANÁLISIS DE LOS COMPONENTES DE MEZCLA.....	25
CENTROAMÉRICA: EL SALVADOR	28
REGULACIONES.....	28
NORMAS DE CALIDAD DE COMBUSTIBLES Y OBJETIVOS ACTUALES	28
COMPARACIÓN CON LAS NORMAS.....	28
ANÁLISIS DE LOS COMPONENTES DE MEZCLA.....	29
CENTROAMÉRICA: HONDURAS.....	31
REGULACIONES.....	31
NORMAS DE CALIDAD DE COMBUSTIBLES Y OBJETIVOS ACTUALES	31
COMPARACIÓN CON LAS NORMAS.....	31
ANÁLISIS DE LOS COMPONENTES DE MEZCLA.....	32
CENTROAMÉRICA: NICARAGUA.....	34
REGULACIONES.....	34
NORMAS DE CALIDAD DE COMBUSTIBLES Y OBJETIVOS ACTUALES	34
COMPARACIÓN CON LAS NORMAS.....	34
ANÁLISIS DE LOS COMPONENTES DE MEZCLA.....	35
CENTROAMÉRICA: PANAMÁ.....	38
REGULACIONES.....	38
NORMAS DE CALIDAD DE COMBUSTIBLES Y OBJETIVOS ACTUALES	39
COMPARACIÓN CON LAS NORMAS.....	39
ANÁLISIS DE LOS COMPONENTES DE MEZCLA.....	40
SECCIÓN 2. OPTIMIZACIÓN DE LOS COMPONENTES DE LA GASOLINA PARA LA MEZCLA CON ETANOL	43
Aspectos económicos de la optimización de componentes de la mezcla.....	45
Puntos clave.....	45
Costa Rica	46
El Salvador	48

Guatemala	50
Honduras	52
Nicaragua	54
Panamá	56
SECCIÓN 3: ANÁLISIS DEL IMPACTO POTENCIAL DE LA MEZCLA DE ETANOL EN LAS EMISIONES	58
Metodología del modelo de emisiones	60
Puntos clave	60
Costa Rica	61
El Salvador	63
Guatemala	65
Honduras	67
Nicaragua	69
Panamá	71
SECCIÓN 4. ESTUDIOS DE CASO DEL IMPACTO POTENCIAL DEL ETANOL EN PARÁMETROS REGULADOS: GUATEMALA.....	73
Puntos clave	74
Guatemala	75
GLOSARIO.....	83
LISTA DE FUENTES	87

RESUMEN EJECUTIVO

SGS INSPIRE elaboró este informe para el U.S. Grains Council para brindar una mayor comprensión de cómo la mezcla de etanol con gasolina impacta en la calidad del combustible e influye en el avance hacia el logro de los objetivos con relación a las emisiones de gasolina en la región latinoamericana. El informe consta de una revisión regulatoria de los requisitos legislativos y normas de calidad del combustible, un resumen de las pruebas de laboratorio hechas en las mezclas de gasolina-etanol de ciertos países latinoamericanos e información sobre las características óptimas de los componentes de mezcla de la gasolina para mezclarse con el etanol. A continuación se presenta un resumen de los puntos clave del estudio divididos por secciones.

1. Sección 1 Perfiles de país: reglamentaciones, gasolina y componentes de mezcla

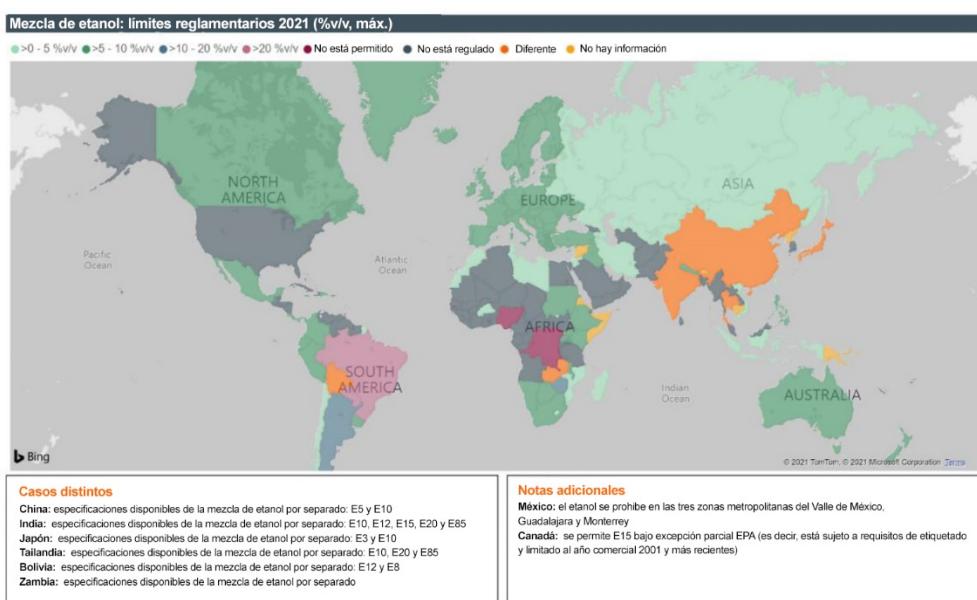
En la mayoría de los países latinoamericanos, la industria de la refinación no cubre la demanda nacional de gasolina, por lo que necesitan importarla. Estados Unidos (EE. UU.) es el principal importador de la zona, en particular en Centroamérica, excepto Nicaragua donde la industria de refinación está relativamente bien desarrollada y además, las importaciones provienen en su mayoría del Ecuador.

En los países donde hay industria de refinación, las refinerías tienen diferentes configuraciones de unidades y capacidades, ubicaciones físicas y están bajo diversos factores económicos. Es por eso por lo que producen diferentes subproductos de gasolina o gasolinas terminadas. Por lo general, los proveedores de gasolina producen de uno a seis grados simultáneamente y la calidad difiere de cada lote de componentes de mezcla de gasolina, dependiendo de qué componentes de mezcla (que cumplan con las especificaciones) son los más económicos al momento de producirlos.

En Latinoamérica, las dos componentes de mezcla más usados son la gasolina catalítica y la reformada. Argentina, Chile, Colombia y México también producen otros componentes de mezcla, porque cuentan con refinerías más complejas.

Como lo muestra la figura 1, en varias partes del mundo se añade etanol a los componentes de mezcla de gasolina por diversas razones. Varios países de Latinoamérica cuentan con industrias de etanol nacional bien establecidas, no obstante en la región aumentan las importaciones de etanol estadounidense, algo particularmente palpable en Perú, México, Jamaica y Colombia.

Figura 1: Etanol permitido en la gasolina convencional, 2021



Fuente: SGS INSPIRE, 2021

Al comparar las especificaciones de la gasolina nacional con la calidad real de esta en la región, se observa un alto grado de conformidad, excepto por el contenido de etanol y octanaje de varias muestras.

2. Sección 2: Optimización de los componentes de la gasolina para la mezclar con etanol

La información a partir de fuentes nacionales e investigaciones de Penn Energy brindaron datos sobre los componentes de mezcla de gasolina producidos nacionalmente en la región. La mezcla de componentes optimizados de los países con refinerías sencillas se componen principalmente de gasolina reformada, catalítica e Isomerado. En el caso de los países con refinerías más complejas (Argentina, Chile, Colombia y México) o con alto volumen de importación, la mezcla de componentes es de gasolina reformada, catalítica, Isomerado, isobutano y Alquilado, en distintas proporciones.

La mayoría de las refinerías de Latinoamérica cuentan con configuraciones sencillas y producen subproductos sencillos debido a la incapacidad de producir combustibles de alto octanaje y bajos en azufre sin que tengan un alto contenido de aromáticos. Los países importadores compran lo que hay en el mercado.

Con el uso de una herramienta de creación de modelos basada en Excel (Solver) para optimizar mezclas se demostró que la adición del etanol a la gasolina disminuye la necesidad de utilizar componentes complejos y costosos en la mezcla, como el Alquilado o isopentano, para mejorar su calidad debido a que el etanol aumenta el octanaje y disminuye el contenido de hidrocarburos y azufre en dicha mezcla. El incremento de la proporción de etanol en la gasolina ayudaría a que los gobiernos aceleraran sus planes para mejorar la calidad del combustible. Este es el caso particular de Bolivia, Ecuador o Colombia.

Muchos países podrían aumentar la proporción de etanol reduciendo la de la gasolina catalítica, que de todas formas es un subproducto de refinería muy extendido en la zona, como en Argentina o Colombia. Algunos países, principalmente del Caribe o al norte de Suramérica, deben añadir componentes de mezcla más complejos y caros para cumplir con las especificaciones de calidad del combustible Euro 6.

3. Sección 3: Análisis del impacto potencial de la mezcla de etanol en las emisiones

Con el [Modelo internacional de emisiones vehiculares \(IVE\)](#), SGS INSPIRE analizó el impacto potencial de la mezcla de etanol en la gasolina a distintos niveles (10%, 15%, 20%, 25% y 30%) en los parámetros de emisiones no reguladas: monóxido de carbono (CO), compuestos orgánicos volátiles (COV), compuestos orgánicos volátiles evaporativos (COV evap), óxidos de nitrógeno (NOx), óxidos de azufre (SOx), amoniaco (NH₃), plomo, butadieno, acetaldehídos, formaldehídos, benceno, dióxido de carbono (CO₂), óxido nitroso (N₂O), metano (CH₄), materia en partículas con diámetro menor a 10 micrómetros (PM10) y con diámetro menor a 2,5 micrómetros (PM2.5).

SGS INSPIRE recabó información de fuentes internacionales y nacionales sobre las flotas vehiculares por tipo de vehículo y combustible en cada país, además de información sobre la edad promedio de la flota, distancia recorrida promedio por tipo de vehículo por país, condiciones geográficas y climáticas (altitud, humedad, temperatura) por país.

En la mayoría de las mezclas de gasolina-etanol analizadas, la adición de etanol disminuyó las emisiones de CO, COV, NOx, SOx, NH₃, butadieno, formaldehídos, benceno, CO₂, N₂O, PM2.5 y PM10. En algunos países como Bolivia o Chile, no disminuyó la emisión de butadieno, pero sigue siendo muy baja con respecto a otros países. Las emisiones de acetaldehídos aumentó solo a partir de E20, es decir, cuando se añade a la gasolina 20% v/v de etanol. Con 30% v/v de etanol mezclado en la gasolina, las emisiones de acetaldehído aumentan 10% a partir de la línea base o E0 (adición de 0% v/v de etanol). Este aumento es significativamente más bajo comparado con la disminución del 62% de emisiones de benceno observada de E30 a E0 en todos los países. De acuerdo con la Agencia de Protección Ambiental (EPA) de EE. UU., los acetaldehídos tienen baja toxicidad aguda por inhalación y moderada por exposición oral o dérmica.

Las emisiones más altas de todas fueron de CO₂. Las emisiones de N₂O no disminuyen significativamente. Las emisiones de CO difieren en la región. Fueron altas en los países con flotas de vehículos viejos que no implementan normas estrictas de emisiones vehiculares. En Ecuador, las emisiones de benceno fueron las únicas diferentes entre los dos grados de octanaje evaluados.

La comparación de las emisiones de los distintos grados de gasolina por octanaje muestra que algunos países usan el mismo componente de mezcla con oxigenantes (BOB) y experimentan las mismas emisiones, como Chile, Colombia o República Dominicana; otros usan un BOB muy similar, como Costa Rica y otros usan un BOB diferente, como es el caso de Argentina. En Argentina, las emisiones de COV evap, plomo, benceno, CO₂, N₂O, CH₄, PM_{2.5}, PM₁₀ son las mismas para dos grados (grado 2 con 150 mg/kg de azufre y grado 3 con 10 mg/kg de azufre), mientras que las emisiones de CO, COV, NO_x, SO_x, NH₃, butadieno, acetaldehídos y formaldehídos disminuyen al aumentar el octanaje.

4. Sección 4: Casos de estudio del impacto potencial del etanol en parámetros regulados: Chile, República Dominicana, Guatemala y Perú

SGS recolectó muestras de gasolina terminada en gasolineras de Chile, República Dominicana, Guatemala y Perú. Las muestras se transportaron al laboratorio de SGS en Speyer, Alemania y se mezclaron (*splash blending*) con etanol cumpliendo con la norma de la UE EN 15376 en volúmenes cada vez mayores (10%, 15%, 20%, 25% y 30%).

Se seleccionaron estos países por ser representativos de las distintas subregiones de Latinoamérica y por su potencial de consumo de etanol.

De acuerdo con el análisis realizado, la adición de etanol disminuyó el azufre y los hidrocarburos (naftenos, aromáticos, olefinas, parafinas y benceno), reduciendo al mismo tiempo las emisiones del tubo de escape.

Dependiendo del país, la PVR aumenta hasta E10 a E15. Después de alcanzar 15% v/v, la PVR empieza a disminuir; dicha disminución es más pronunciada conforme se añade más etanol.

Los valores de destilación no cambian significativamente, excepto por la reducción de T50 del E0 a E15; no obstante, se puede concluir que la adición de etanol no afecta a la destilación.

El contenido de oxígeno de E10 en Chile es mayor al permitido en las normas "Euro" (3,7% en peso). En Perú y la República Dominicana, el contenido de oxígeno es menor a 3.7% en peso de las normas "Euro".

La adición de etanol a la gasolina, si bien el etanol es higroscópico, no afecta significativamente el contenido de agua de la mezcla final. Las mezclas de hidrocarburo-alcohol disuelven más agua que la existente al momento de la mezcla y brindará protección contra la separación de fase en caso de que pequeñas cantidades extras de agua contaminen la mezcla de combustible, siempre y cuando su temperatura no aumente. El nivel de mejora en la tolerancia al agua (la cantidad de agua que se puede disolver antes de que se dé la separación de fase) aumentará con la concentración de alcohol en el combustible. Por ejemplo, una mezcla de 10% v/v de etanol con una mezcla típica de hidrocarburo a temperatura ambiente puede disolver hasta 0,5% v/v de agua.

El valor calorífico y la proporción aire:combustible de la mezcla de etanol con gasolina disminuye, pero dicha disminución es mucho menor que el contenido de etanol añadido (es decir, una disminución de 8 a 9% del valor calorífico y de 11 a 12% v/v de proporción aire:combustible con la adición de 30% v/v de etanol).

En ningún país se encontraron aniones ni cationes. Solo en Chile se halló éter metil tertbutílico (MTBE).

La adición de etanol aumenta significativamente el octanaje, lo cual es benéfico en especial para el uso eficiente de los vehículos modernos. En muchos de los casos estudiados, el octanaje aumenta a o alrededor de 100. Para las flotas existentes en la mayoría de países, la gasolina RON 95 es la adecuada para la tecnología vehicular; no obstante, de acuerdo con las especificaciones de las gasolinas categoría 6 de la Carta mundial de combustibles (WWFC, por sus siglas en inglés)¹, se debe lograr un

¹ https://www.acea.auto/files/WWFC_19_gasoline_diesel.pdf

RON mínimo de 98 a 102 para cumplir con los GEI futuros o previstos en vehículos ligeros de EE. UU. y las normas de ahorro de combustible y los objetivos futuros de la UE de CO₂. Se pretende que esta categoría permita la introducción de motores y vehículos con mayor eficiencia de combustible y menores emisiones de escape.

Además, añadir etanol en volúmenes mayores al 15% v/v mantendría la PVR a niveles reglamentarios, ya que el pico se logra a 10 a 15% v/v y después empezar a disminuir. Es por eso por lo que es benéfico mezclar etanol por arriba de 10 a 15% v/v ya que afectaría la PVR de manera positiva.

SECCIÓN 1. PERFILES DE PAÍS: REGLAMENTACIONES, GASOLINAS Y COMPONENTES DE MEZCLA

Es una tarea difícil el comprender la composición del componente de mezcla de la gasolina. Esto se debe a que todas las refinerías son diferentes debido a sus distintas configuraciones de unidad y capacidades, ubicaciones físicas y motores económicos. Además, de acuerdo con datos de SGS, el 70% del total de la gasolina final que se consume en todo el mundo se mezcla en terminales y solo el 30% se distribuye directamente de las refinerías. El mezclado se lleva a cabo fundamentalmente en los principales centros de comercio del mundo, que son Europa (Holanda y Bélgica y en menor medida en Francia, Italia y España), Asia (Emiratos Árabes Unidos, Dubái) y EE. UU. (Houston).

Por lo general, los proveedores de gasolina producen de uno a seis grados simultáneamente y cada lote de componente de mezcla de gasolina siempre es diferente. Normalmente, los factores decisivos de qué componentes de la mezcla se usan en la producción de gasolina son: la disponibilidad de los componentes, su precio al día de entrega de los componentes de mezcla y si cumple con las especificaciones.

Los principales componentes que se usan en la producción de gasolina son:

- Alquilados
- Gasolina de pirólisis
- Gasolina catalítica
- Reformados
- Isomerados
- Naftas
- Refinados
- Butanos
- Gasolinas naturales o condensados en algunos países
- Mezclas químicas como los xilenos mezclados, hidrocarburos mezclados con 4 a 9 átomos de carbono como los pentanos, hexanos, etc.

Por lo general, la gasolina es una mezcla de una base específica de gasolina y otros compuestos. La base principal, que tiene un mayor volumen en el componente de mezcla final, normalmente es reformado y gasolina catalítica. Los componentes más utilizados para aumentar el octanaje en la mezcla son Isomerados, Alquilados y butanos. Los otros componentes, como refinados, pentanos, hexanos y otras gasolinas petroquímicas, se usan en una proporción menor en los componentes de mezcla de gasolinas.

En las refinerías, a partir de los productos de destilación ligera, por lo general el butano (nC_4) se mezcla con la gasolina porque potencia el octanaje, como ya se mencionó, pero debido la alta presión de vapor Reid (PVR), la cantidad que se puede mezclar es limitada, en particular durante la temporada de verano con menor PVR². Por lo tanto, las mezclas de gasolina de verano, en general contienen menos nC_4 que las de invierno.

Cuando se mezclan naftas FCC con gasolina, es probable que se necesite desulfuración. Normalmente el proceso de desulfuración resulta en pérdida de RON en cualquier punto entre 1 y 5 puntos de octanaje, lo que a su vez requiere de mezclar con componentes de mezcla con alto octanaje. Las unidades de hidrocraqueo producen nafta que se puede mezclar directamente en gasolina o enviar a otras unidades para un mejoramiento previo al mezclado. La unidad de isomerización redistribuye los átomos dentro de las moléculas de nafta para producir moléculas con mayor calificación de octanaje, pero también aumenta la PVR, que limita el uso de unidades de isomerización al aumentar la calificación de octanaje de la gasolina terminada. Los reformadores eliminan átomos de hidrógeno

² Debe controlarse el valor de la presión de vapor Reid (PVR) en la gasolina, particularmente en el verano, porque es posible que aumente la formación de smog y compuestos orgánicos volátiles (COV).

y redistribuyen las moléculas de hidrocarburos para formar moléculas “aromáticas” como benceno, tolueno y xilenos. Estos aromáticos tienen una alta calificación de octanaje cuando se utilizan en gasolina y también se usan como materias primas petroquímicas. Las unidades de isomerización aumentan las calificaciones de octanaje de la gasolina ligera de primera destilación (LSR).

La figura 2 resume los componentes de la mezcla de gasolina que se producen en las refinerías de petróleo y sus principales características. Los componentes de la mezcla de mayor octanaje son Alquilados, reformados y nC4. Tanto los Alquilados como los reformados tienen una PVR relativamente baja, lo que los hace componentes de mezcla excelentes.

Figura 2: Componentes de la gasolina producidos en refinerías

Componente	Fuente de unidad de proceso	AKI (RON + MON)/2	PVR psi	Azufre mg/kg	Aromáticos (% v/v)	Olefinas (% v/v)	Especificación de gasolina limitante
Butano normal	Destilación	90 a 92	70 a 74	2 a 6	0	1	PVR, V/L
Nafta ligera de primera destilación	Destilación cruda	60 a 66	10 a 13	10 a 500+	8	10	Octano, PVR, V/L
Nafta pesada (sin hidrotratamiento)	Destilación cruda, coquizador, hidrocraqueo	58 a 64	1 a 1.5	40 a 500+	38	20	Octanaje, azufre
Reformado	Reformado	85 a 87	2 a 3	2 a 6	50	0	DI, T50, Benceno
Gasolina FCC (sin hidrotratamiento)	FCC	82 a 87	1 a 2	10 a 500+	27	25	Azufre (si no fue tratada)
Alquilado	Unidad de alquilación	90 a 96	4 a 5	5 a 15	0	0	Ninguna
Isomerizado	Unidad de isomerización	78 a 83	7.8 a 8.5	1 a 10	0	0	PVR
Etanol	N/D	110 a 120	Aumento de 1 psi por 10 a 20% v/v Mezcla	0	0	0	PVR

Fuente: U.S. Energy Information Administration (EIA), Transport Energy Strategies, 2021

Muchos países latinoamericanos no producen los suficientes productos refinados para cubrir la demanda de gasolina, a pesar del alto número de refinerías en la región, como se enumeran a continuación.

Figura 3: Capacidad de las refinerías latinoamericanas (millones de litros al día)

México		Chile		Bolivia	
Cadereyta	43.72	Aconcagua	16.5	Cochabamba	6.5
Madero	30.21	BioBio	18.4	Santa Cruz de la Sierra	3.2
Minantitlan	38.16	Gregorio	2.5	Total	9.7
Salamanca	39.75	Total	37.5		
Salina Cruz	52.47				
Tula	50.08				
Total	254.38				
Argentina		Perú		República Dominicana	
Bahía Blanca	4.9	Conchan	2.5	Bonao	2.5
Buenos aires	17.5	Iquitos	1.9	Haina	5.4
Campana	13.8	La Pampillas	18.6	Total	7.9
Campo Durán	5.1	Pucallpa	0.6		
La Plata	32.8	Talara	9.9		
Luján de Cuyo	17.5	Total	33.5		
Plaza Huincul	4.0				
San Lorenzo	7.9				
Total	103.5				
Ecuador		Uruguay		Jamaica	
Barrancabermeja	36.9	Esmeraldas	17.5	Kingston	5.7
Orito	1.0	La Libertad	7.3		
Reficar	26.2	Shushufindi	3.2		
Total	64.1	Total	28.0		
Colombia		Costa Rica		Nicaragua	
				Managua	3.2

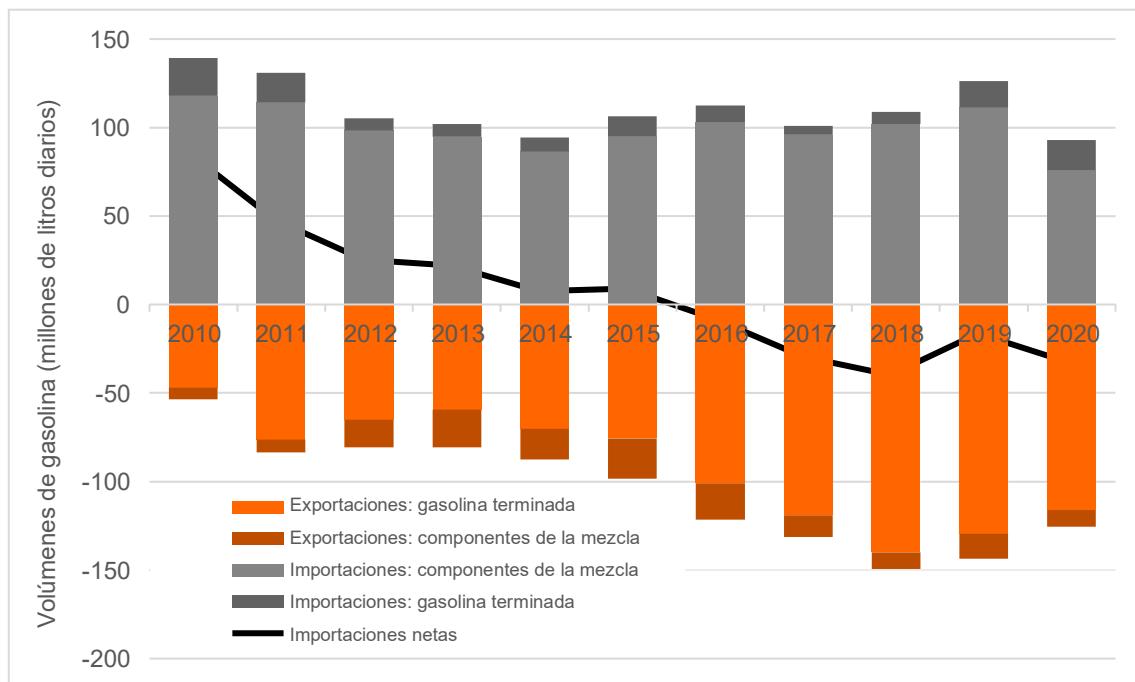
Fuente: HCX

Como resultado, los países dependen de la importación de combustibles. Gran parte de Centroamérica, el Caribe y algunos países de Suramérica importan gasolina terminada o componentes de la mezcla de gasolina de EE. UU., que es uno de los principales exportadores de gasolina de todo el mundo. El producto que más exporta EE. UU. a los países latinoamericanos es la gasolina convencional.

En 2020, EE. UU. exportó 106.20 millones de litros diarios de gasolina para motor terminada desde la costa del Golfo (Distrito III de Administración del Petróleo para la Defensa, PADD III por sus siglas en inglés)³ y a través del Océano Atlántico hacia otras regiones del mundo, de los cuales 65.2 millones de litros diarios se exportaron a México y 37 millones de litros a otros países latinoamericanos.

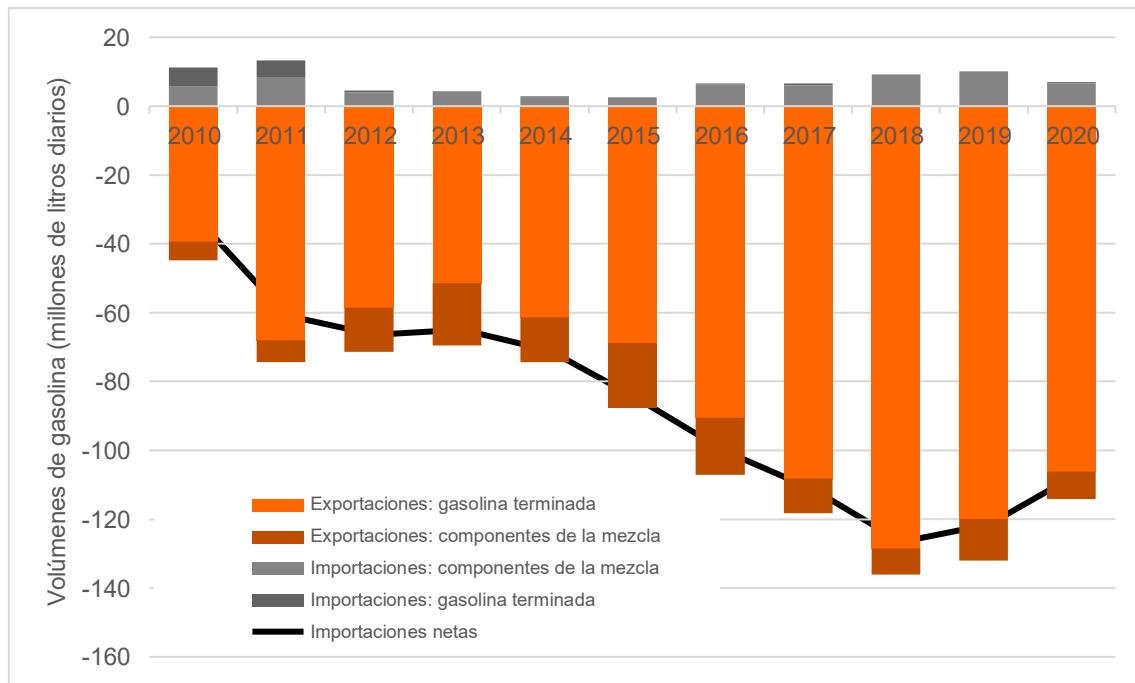
³ La región de la costa norte del Golfo de México (PADD III) es un mercado de referencia de transacciones comerciales, debido a su importancia en el comercio nacional de Estados Unidos y en los mercados del océano Atlántico.

Figura 4: Exportaciones de gasolina de Estados Unidos



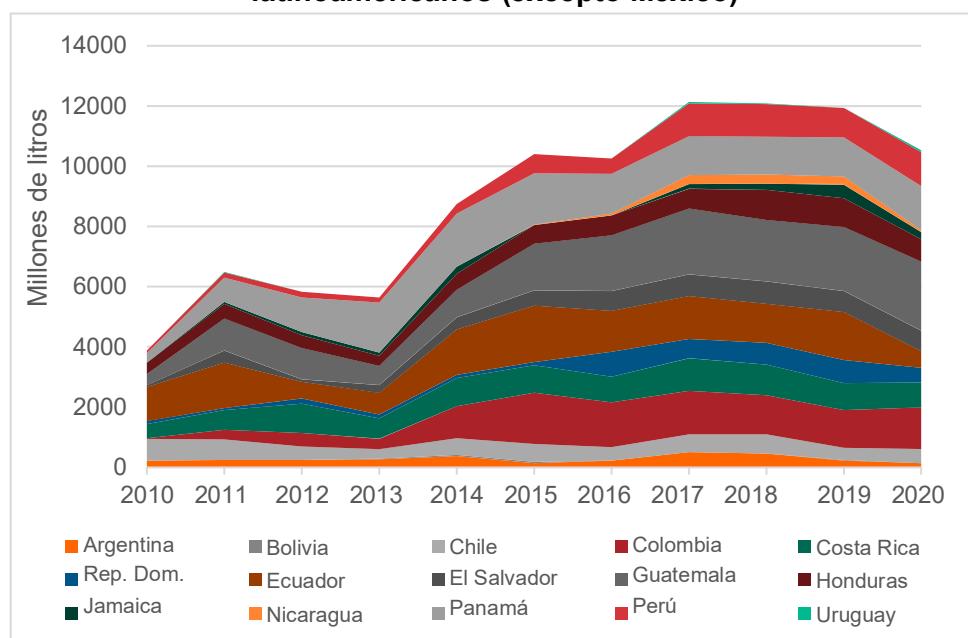
Fuente: EIA, Compilación SGS INSPIRE

Figura 5: Exportaciones de gasolina desde la costa del Golfo de Estados Unidos (PADD III)



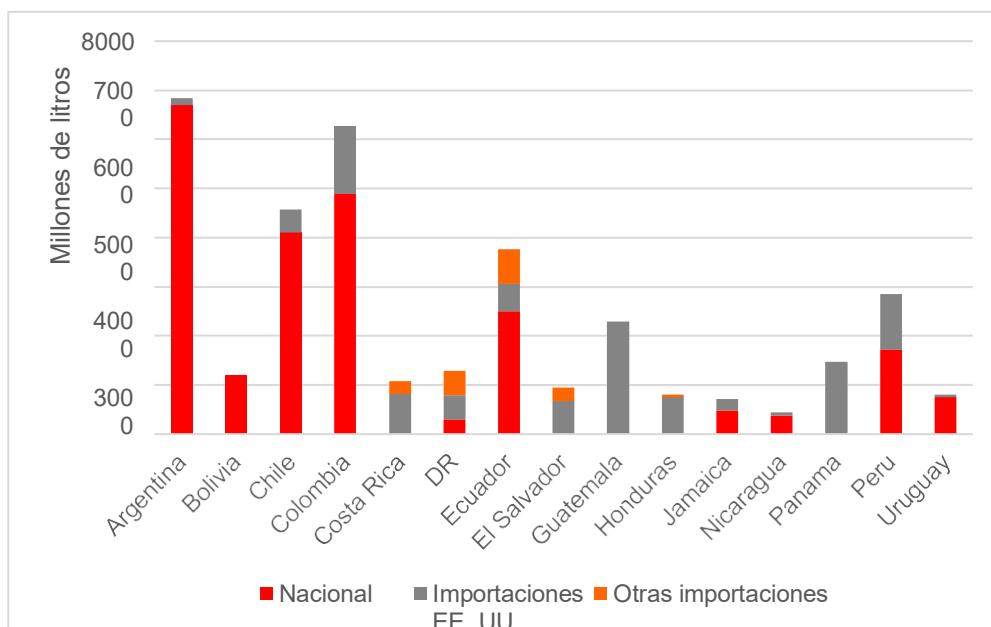
Fuente: HCX con datos de EIA

Figura 6: Exportaciones de gasolina estadounidense a países latinoamericanos (excepto México)



Fuente: EIA, compilación de SGS INSPIRE

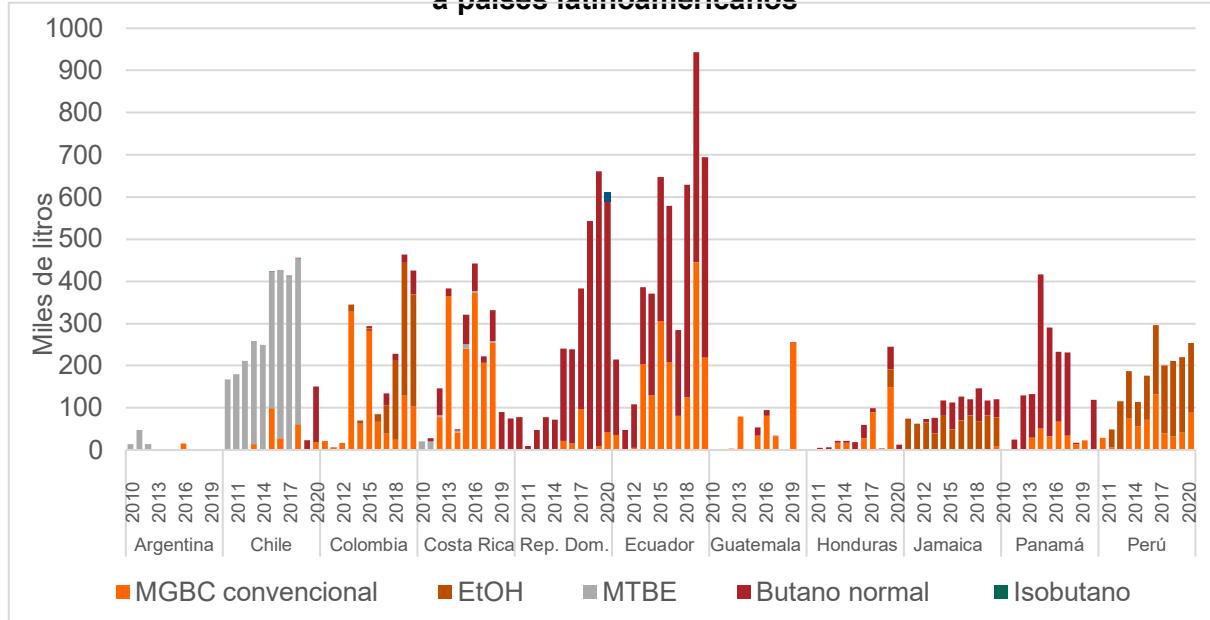
Figura 7: Fuente del origen del consumo de gasolina en Latinoamérica en 2020 (excepto México)



Fuente: Fuentes nacionales, EIA, Compilación de SGS INSPIRE

La mayoría de los países importan componentes de gasolina como componente de mezcla de gasolina convencional para motores (MGBC), butano, etanol y MTBE. Colombia, Jamaica y Perú importan etanol. República Dominicana, Ecuador, Panamá, y en menor cantidad Jamaica, importan butano.

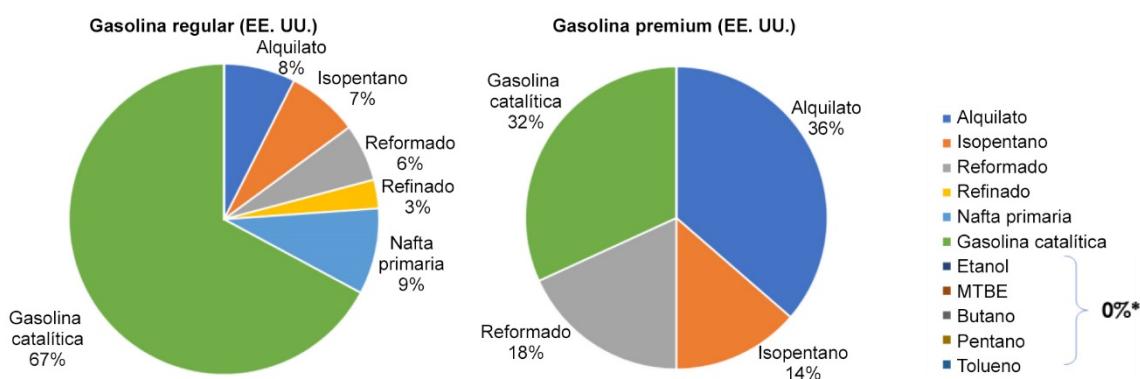
Figura 8: Exportaciones de componentes de mezcla estadounidenses a países latinoamericanos



Fuente: U.S. EIA, Compilación de SGS INSPIRE

A efectos de este estudio, consideraremos los componentes de mezcla de gasolina tanto las producidas en las refinerías de Latinoamérica como los que son originarios de EE. UU., así como gasolina terminada exportada a Latinoamérica desde Estados Unidos. En general, los componentes de mezcla de gasolina exportados de EE. UU. tienen una composición y formulación similar a otros en el mercado, pero varían en octanaje.

Figura 9: Componentes de la mezcla de gasolina en Estados Unidos



Gasolinas típicas Regular y Premium de EE. UU. producidas en la refinería Merey Sweeney de Texas.

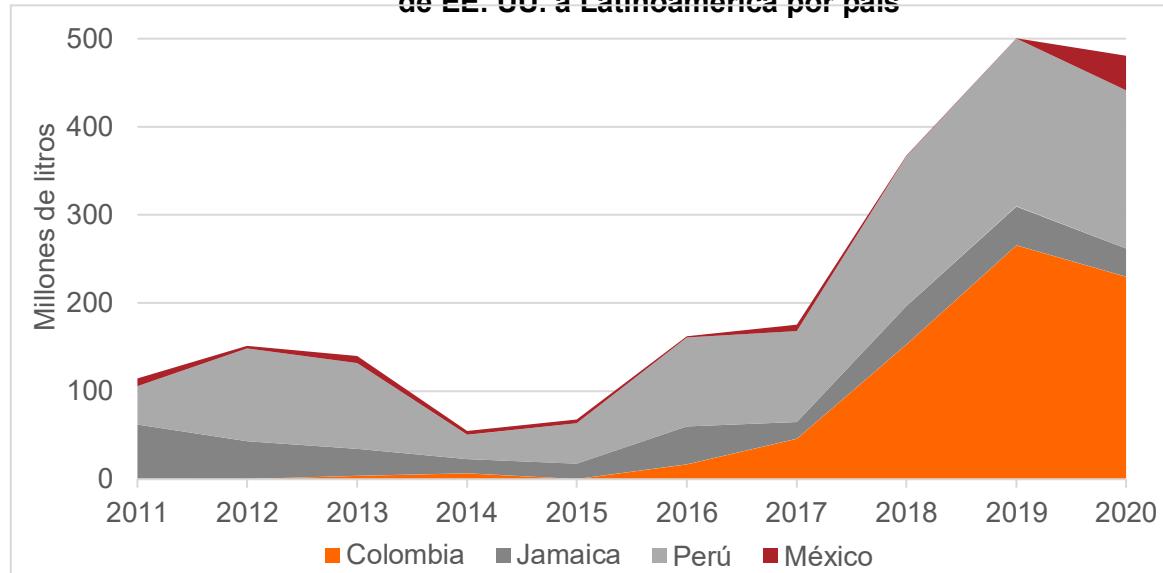
* En el ejemplo no se presentan algunos componentes, pero se puede tratar de componentes de la mezcla en otras gasolinas de otros países y otras refinerías.

Fuente: HCX

En varias partes del mundo se añade etanol a los componentes de mezcla de gasolina por diversas razones. Este combustible renovable, hecho de biomasa, potencia el octanaje, reduce el azufre y los hidrocarburos del componente de mezcla y se usa para cumplir con los objetivos de políticas de biocombustibles. Varios países de Latinoamérica cuentan con industrias de etanol nacional bien establecidas, no obstante, las importaciones de etanol estadounidense son también importantes y van en aumento, como lo muestra la siguiente gráfica.

Los países que más importan desde EE. UU. son por tradición Perú y Jamaica, pero recientemente Colombia sobrepasó a ambos. En 2020 las importaciones de etanol disminuyeron en todos los países, debido a una menor demanda de transporte ocasionada por la pandemia del covid-19, excepto México. A efectos de este estudio, se usó el código HS 220720 (Alcohol etílico y otras bebidas alcohólicas, desnaturalizado, de cualquier graduación), ya que el combustible de etanol es desnaturalizado. A lo largo de los años Argentina, República Dominicana, México, Costa Rica y Chile han importado pequeñas cantidades de combustible de etanol, siempre menos de 1 millón de litros al año por país.

Figura 10: Importaciones de combustible de etanol desnaturalizado de EE. UU. a Latinoamérica por país



Fuente: Worldbank, U.S. Renewable Fuel Association, United Nations Comtrade, U.S. Department of Agriculture

Las fuentes consultadas para este análisis fueron administraciones nacionales o fuentes de la industria, Comtrade de las Naciones Unidas, Banco Mundial, el Departamento de Agricultura, la EIA y la Asociación de Combustibles Renovables de EE. UU.

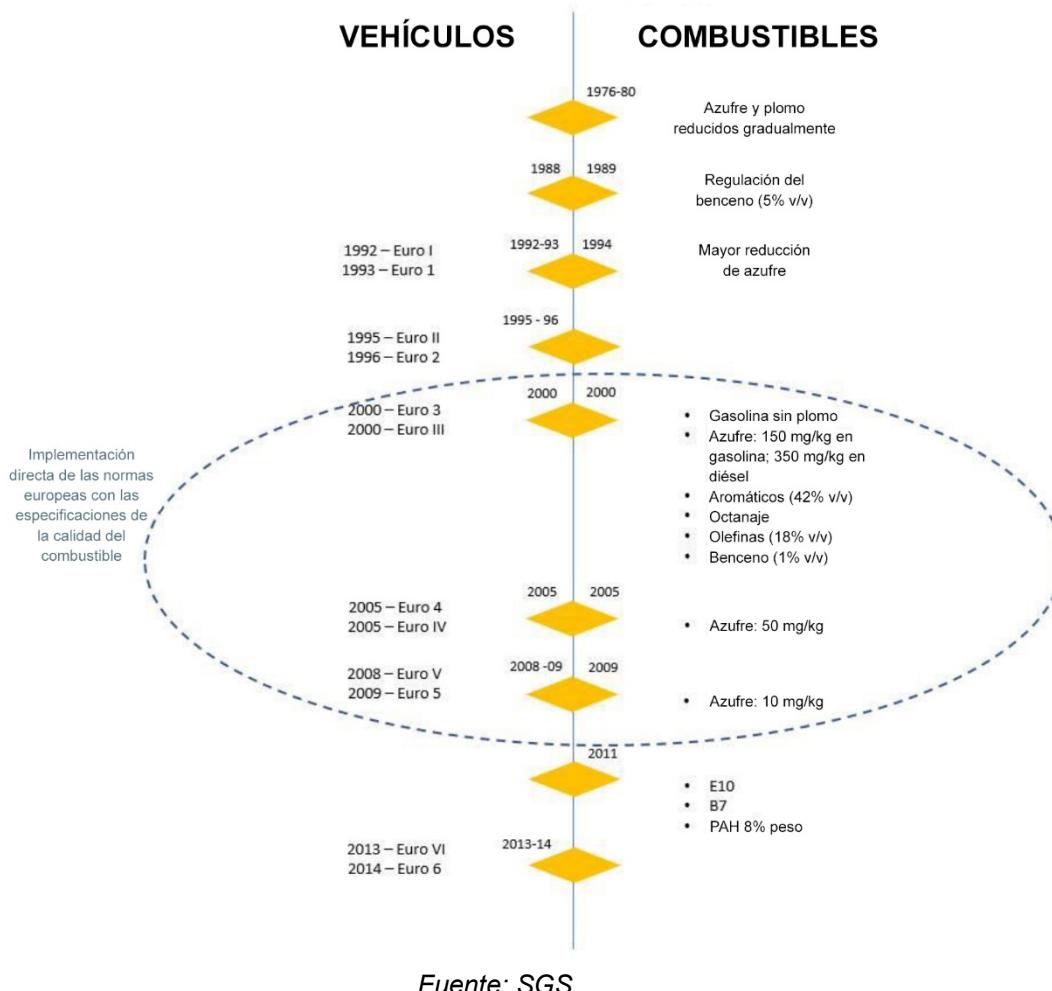
PUNTOS CLAVE

Esta sección analiza los quince países elegidos a partir de cuatro puntos de vista diferentes:

- Regulaciones: que muestran las leyes y especificaciones históricas y actuales de la gasolina y el etanol
- Normas de calidad y objetivos actuales del combustible: esta sección compara las normas nacionales de combustible con las normas de referencia de autorización Euro e indica cuáles de ellas se implementan en cada país. También se especifican normas de emisiones vehiculares. Las especificaciones implementadas por las directivas europeas consecutivas para mejorar la calidad del combustible se alinearon por normas más estrictas de emisiones vehiculares
- Comparación con la norma: se compararon las especificaciones nacionales con las especificaciones de calidad de combustible de autorización Euro 6. Cuando hay datos sobre la calidad real del combustible en el mercado, compilados por SGS con base en las muestras tomadas de gasolineras, también se comparan con las especificaciones para saber si la gasolina cumple con la reglamentación
- Análisis del componente de mezcla: al analizar la producción de gasolina, importaciones e inventarios de refinería, a cada país se le añade un promedio de componentes de la mezcla

Este cuadro señala las directivas europeas, con su correspondiente norma de autorización Euro.

Figura 11: Normas de calidad del combustible de autorización Euro y de emisiones vehiculares



Fuente: SGS

Como se puede ver en esta sección, muchos países latinoamericanos cuentan con industrias de etanol bien establecidas y muchos países, en especial en Suramérica, mezclan con etanol de conformidad con los mandatos reguladores de mezcla. La mayoría de los países cuentan con especificaciones del etanol por lo que la mezcla de etanol en la gasolina debe cumplirlas. Como se describió en la sección anterior, aunque algunos países cuentan con producción nacional de etanol, deben importarlo de terceros; tal es el caso de Colombia, Perú, Jamaica y más recientemente México.

Existen países que no mezclan etanol, pero tienen el potencial de hacerlo, como Chile y algunos centroamericanos.

La figura 12 muestra el uso o ausencia de etanol mezclado en la gasolina por país de la región y la figura 13 compara la calidad del combustible y las normas de emisiones de gases del escape, así como el uso de etanol por país.

Figura 12: Uso del etanol en Latinoamérica por país

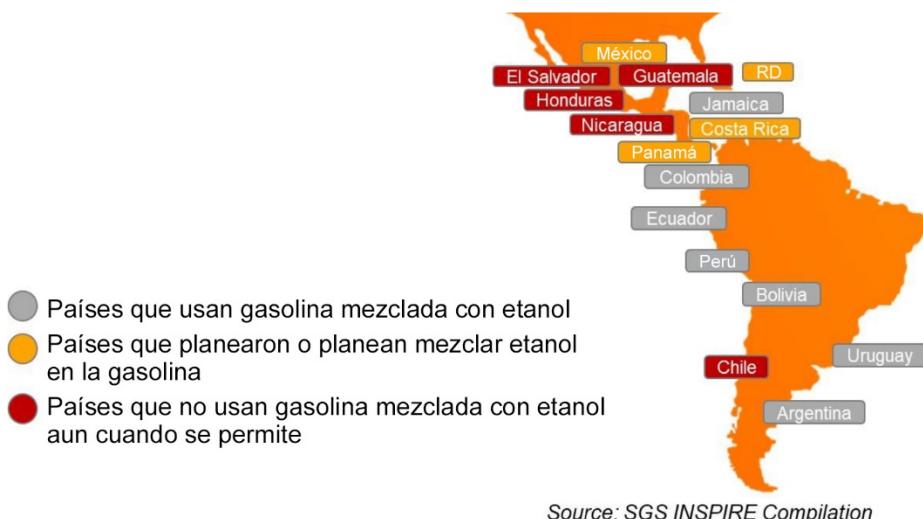


Figura 13: Comparación entre las normas de combustibles y de emisiones vehiculares, y el uso del etanol en Latinoamérica

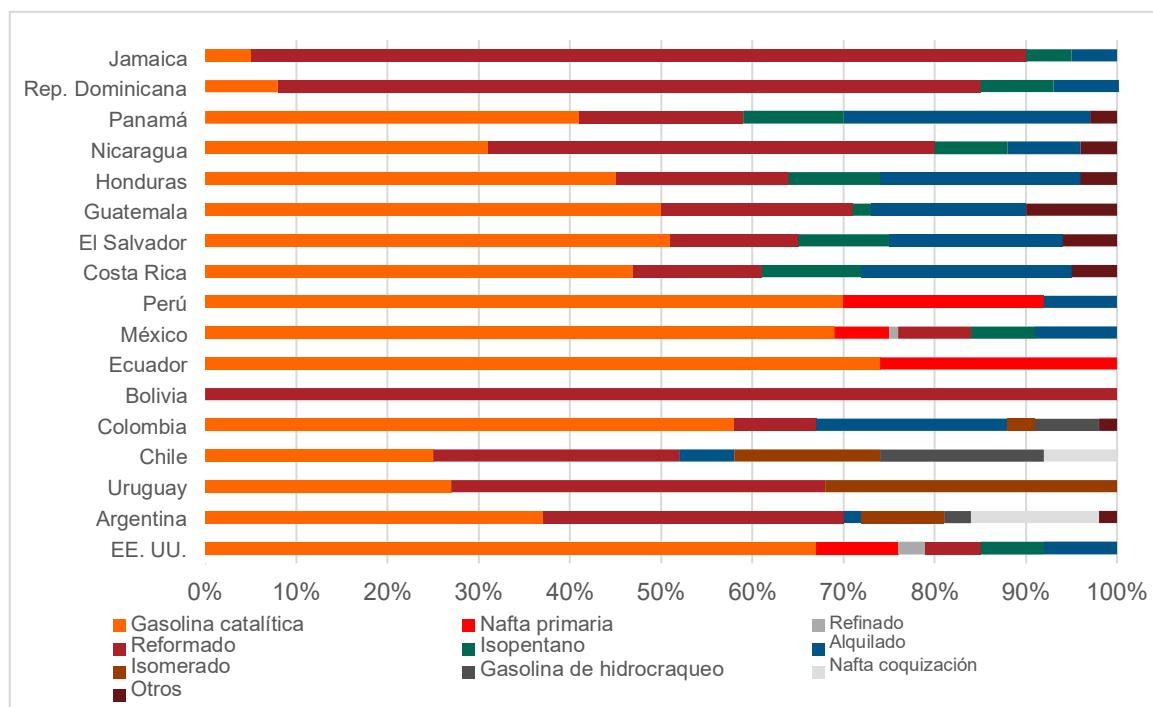
País	Norma Euro de autorización de calidad del combustible	Norma de emisiones de escape vehicular	Mandato de mezcla de etanol o permitido
México	Euro 3-4	Euro IV	E5.8 permitido (no se usa normalmente)
Guatemala	Euro 2	N/D	E10 (no se usa)
El Salvador	Euro 2	N/D	E0
Honduras	Euro 2	N/D	E0
Nicaragua	Euro 2	N/D	E0
Costa Rica	Euro 4	Euro 6	E10 permitido (no se usa)
Panamá	Euro 3	N/D	E10 (no se usa)
Jamaica	Euro 0	N/D	E10
RD	Euro 0	N/D	E10 permitido (no se usa)
Colombia	Euro 2	Euro 2/I-IV	E10/E0
Ecuador	Euro 2	Euro 3/I	E10 permitido (se usan E5 y E0)
Perú	Euro 1-4	Euro 4/IV	E7.8
Bolivia	Euro 2	Euro 2/III	E12 en un grado/E0
Uruguay	Euro 5/6	Euro III	E10
Argentina	Euro 3/Euro 5	Euro 5/V	E12
Chile	Euro 5	Euro 5/V	E5 (no se usa)

Fuente: Compilación de SGS INSPIRE

Las especificaciones de cada país se comparan con las especificaciones más recientes de la UE y de haberla, la calidad real del combustible en el país. La conclusión de este análisis es que la gasolina en la región cumple con las especificaciones nacionales, excepto en contenido de etanol en los países con un mandato de mezclado. Comparado con las especificaciones de la UE, el octanaje y azufre son los parámetros con un mayor número de incumplimientos.

En lo que respecta a los componentes de la mezcla en la gasolina que se usa en la región, los dos componentes de mezcla que más se utilizan son la gasolina catalítica y reformado. Argentina, Chile, Colombia y México también producen otros componentes de mezcla, porque cuentan con refinerías más complejas. La figura 14 representa la mezcla de los componentes de gasolina utilizados para producir gasolina en los países latinoamericanos (y EE. UU.) y se describen en la siguiente sección. Se toma en cuenta la producción nacional y las importaciones.

Figura 14: Combinación de los componentes de mezcla de gasolinas que se usan en Latinoamérica y EE. UU.



Fuente: Compilación de SGS INSPIRE

CENTROAMÉRICA

REGULACIONES

Gasolina

Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicaragua y Panamá son miembros de la [Secretaría de Integración Económica Centroamericana](#) (SIECA), una institución que funge como el cuerpo técnico y administrativo del Consejo de Ministros de Integración Económica de Centroamérica (COMIECO).

Mediante distintas resoluciones, el COMIECO aprobó los Reglamentos Técnicos Centroamericanos (RTCA) que definen las especificaciones de combustibles. Para la gasolina, las dos resoluciones más recientes aprobadas por las especificaciones RTCA son:

- La [Resolución 425-2020: RTCA 75.01.20:19](#), aprobada, que define las especificaciones de la gasolina premium o Superior. Establece un RON mínimo de 95 y un contenido máximo de azufre de 50 mg/kg en Costa Rica, 150 mg/kg en Panamá y 500 mg/kg en Guatemala, El Salvador, Honduras y Nicaragua
- La [Resolución 425-2020: RTCA 75.01.19:19](#) aprobada que define las especificaciones de la gasolina Regular Establece un RON mínimo de 91, excepto en Nicaragua y Guatemala (RON 88) y un contenido máximo de azufre de 50 mg/kg en Costa Rica, 150 mg/kg en Panamá y 500 mg/kg en Guatemala, El Salvador y Honduras

Después de su publicación, las especificaciones de RTCA se deben implementar y publicar en la legislación nacional de los países miembros del COMIECO. La Resolución 425-2020 entró en vigor el 1 de febrero de 2021, en Costa Rica, Guatemala, Honduras, El Salvador y Panamá, y el 23 de junio de 2021 en Nicaragua y cada estado miembro debe publicarla.

En la figura 40 se comparan los límites regulatorios de RON y contenido de azufre de los dos grados de gasolina en los países centroamericanos.

Figura 40: Grados de gasolina en Centroamérica

	Gasolina regular, RON mín	Gasolina premium, RON mín	Contenido máximo de azufre (mg/kg)
Costa Rica	91	95	50
El Salvador	91	95	500
Guatemala	88	95	500
Honduras	91	95	500
Nicaragua	88	95	500
Panamá	91	95	150

Fuente: Especificaciones nacionales y regionales de gasolina

Etanol

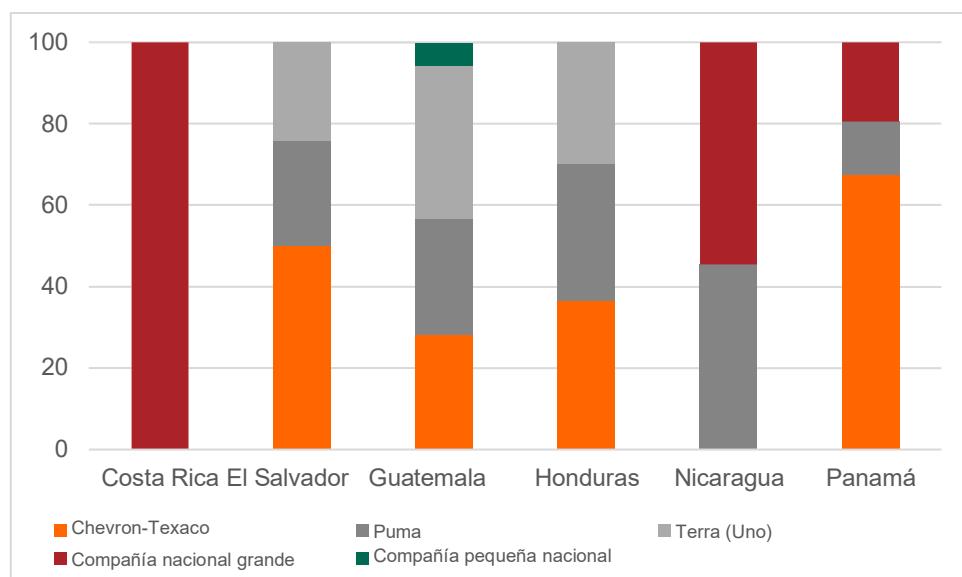
La norma regional [RTCA 75.02.46:07](#) define las especificaciones de etanol anhidro. En ella se establece que la gasolina mezclada con etanol en una proporción de hasta 10% v/v debe cumplir con las especificaciones RTCA de la gasolina regular y premium. La gasolina mezclada con más del 10% v/v de etanol debe cumplir con las especificaciones establecidas por la entidad nacional competente de cada estado miembro.

ANÁLISIS DE LOS COMPONENTES DE MEZCLA

Dado que la producción de gasolina solo se lleva a cabo en Nicaragua y las importaciones llegan a la región de Estados Unidos y en menor medida de Europa, SGS INSPIRE analizó la información de la distribución de combustible para una mayor comprensión sobre las componentes de mezcla de gasolina que se utilizan en Centroamérica.

A continuación se analiza la participación de la gasolina y diésel que se importa por empresa (origen y tamaño) y por país. Las dos empresas internacionales que abastecen gasolina en Centroamérica son Chevron-Texaco y Esso (Exxon). Puma y Terra, bajo la marca Uno, son las dos empresas regionales que la distribuyen. Otras empresas que abastecen de combustible son nacionales, empresas tanto grandes como pequeñas. Como se observa, Nicaragua no distribuye combustible directamente de ninguna empresa internacional, ya que cuentan con producción nacional. Costa Rica tiene una compañía petrolera nacional, RECOPE, que no refina pero distribuye el 100% del combustible. Las empresas regionales están presentes en cada país excepto en Costa Rica, y solo Guatemala tiene empresas pequeñas nacionales que distribuyen combustible.

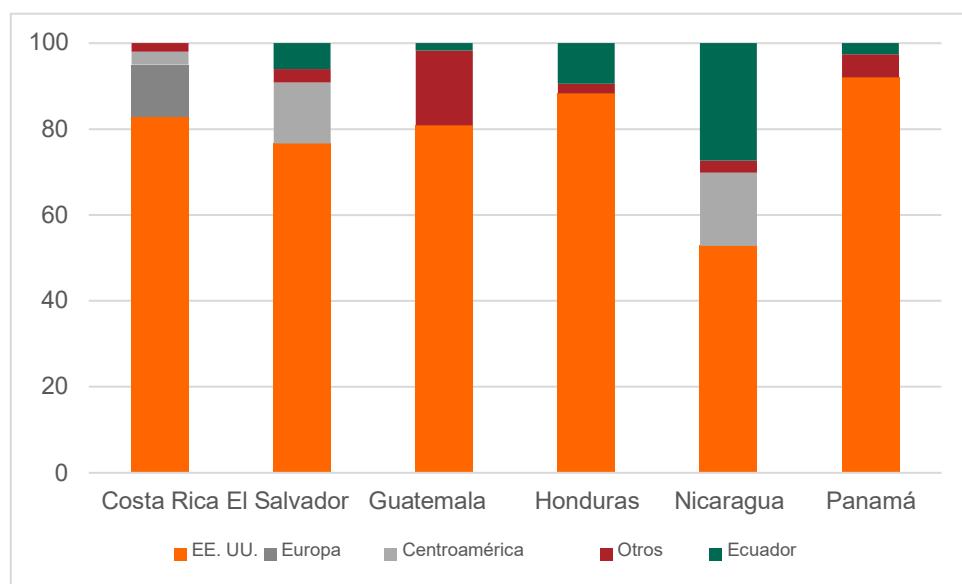
Figura 41: Participación (%) de la gasolina y diésel que se importa y refina por empresa y por país en Centroamérica, 2019



Fuente: CEPAL, 2021

Aunque las empresas que distribuyen combustibles difieren por país, la mayoría de los combustibles se importan de EE. UU., con pequeñas variaciones entre países.

Figura 42: Importaciones de gasolina por país de origen en Centroamérica, 2019

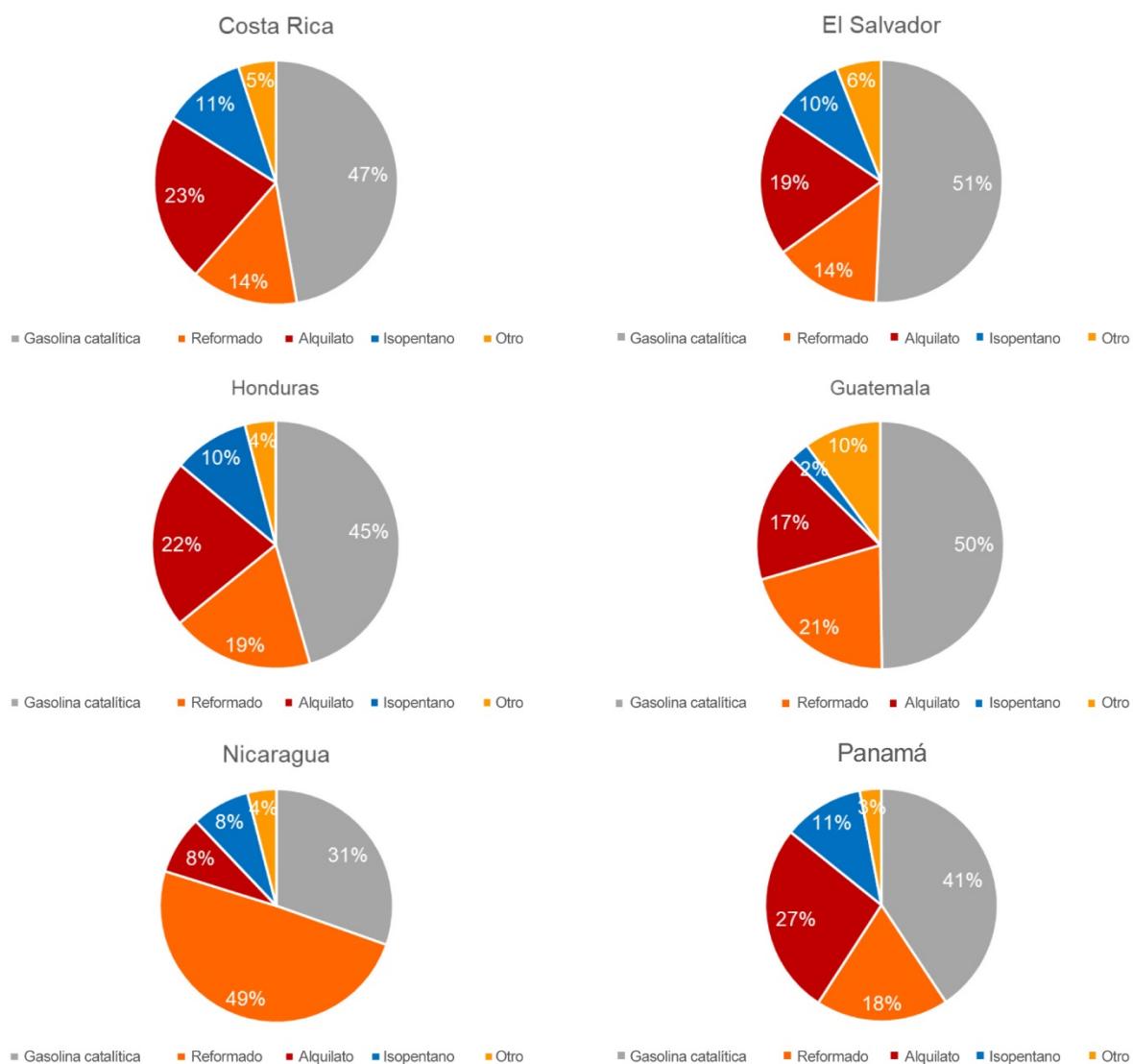


Fuente: CEPAL, 2021

Estos datos se pueden extraer a una combinación promedio de los componentes de la mezcla de gasolina que cada país utiliza, tomando en cuenta, como ya se mencionó en este informe, que la combinación de los componentes difiere entre lotes. La combinación de los componentes de mezcla se calculó con base en la mezcla de dichos componentes de la gasolina de los países de origen de las importaciones (EE. UU., Europa, Ecuador, Centroamérica u otros) y la producción nacional de Nicaragua. Además, se consideró la participación de gasolina premium y regular, ya que los componentes de mezcla de gasolina utilizados para producir ambos grados difieren en EE. UU.

Como se muestra en la figura 43, los componentes de la mezcla que se usan son mayormente gasolina catalítica, reformada, Alquilado e isopentano. La participación de los componentes de mezcla difiere por país, dependiendo del país de origen de las importaciones y de la empresa que los suministra, así como de si el país cuenta con industria de refinación o no.

Figura 43: Componente de la mezcla de gasolina en Centroamérica por país



Fuente: Fuentes regionales y nacionales, Compilación de SGS INSPIRE

CENTROAMÉRICA: COSTA RICA

REGULACIONES

Gasolina

En Costa Rica, el Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica (INTECO) publicó en 2020 la norma nacional [INTE E1:2019](#), la cual detalla las especificaciones de la gasolina RON 91, RON 95 y las mezclas de gasolina con etanol anhidro desnaturalizado EX – donde la X representa el porcentaje de etanol. Esta norma nacional está vigente desde 2020.

Etanol

En Costa Rica, la norma nacional [INTE E5:2017](#) define las especificaciones del etanol anhidro.

NORMAS DE CALIDAD DE COMBUSTIBLES Y OBJETIVOS ACTUALES

Costa Rica cuenta con especificaciones de gasolina y mezclas de etanol, que equivalen a la norma de autorización de gasolina Euro 4. No todas las propiedades son iguales a las especificaciones europeas; esta comparativa se basa principalmente en los límites de azufre.

Además, las normas de emisiones de vehículos importados son Euro 4 desde el 1 de enero de 2018 y Euro 6 desde el 1 de enero de 2021.

COMPARACIÓN CON LAS NORMAS

La figura 44 muestra la comparación de las principales propiedades entre Costa Rica y la UE. Se puede observar que las especificaciones de Costa Rica siguen las normas de la UE. No obstante, los límites de benceno, azufre y PVR son más altos, y RON y MON son más bajos que en las especificaciones de la UE.

La calidad real es más similar a las especificaciones de la UE que las especificaciones de Centroamérica, lo que significa que la gasolina ha mejorado en los últimos años.

La calidad real que se muestra es el valor promedio de 8 muestras: 4 muestras de RON 91 regular y 4 muestras de RON 95 premium tomadas en Rita, Cartago, San José y Grecia.

Figura 44: Comparación entre las especificaciones de Costa Rica y la UE y datos de calidad real

	Especificaciones de Costa Rica		Promedio de calidad real de la gasolina de Costa Rica en invierno 2019/2020 SGS WWFS		Especificaciones de la UE			
Fecha de implementación	2019		-		2017			
Grado seleccionado	RON 91	RON 95	Regular 91	Premium 95	RON 95 E5	RON 95 E10	RON 98 E5	RON 98 E10
Nombre	INTE E1:2019		Valores promedio		EN 228:2012 + A1:2017 (autorización Euro 6)			
Contenido de benceno	< 1,5% v/v		0,56% v/v		< 1 %v/v			
Compuestos aromáticos	< 35% v/v		21,3% v/v		< 35 %v/v			
Olefinas	< 18% v/v		10,8% v/v		< 18 %v/v			
Contenido de plomo	< 0,013 g/l		< 2,5 mg/l		< 5 mg/l			
Manganese	< 2,0 mg/l		< 0,1 mg/l		< 2,0 mg/l			
RON	> 91	> 95	92,2	95,5	> 95	> 95	> 98	> 98
MON	> 79	> 83	83,8	85,9	> 85	> 88	> 85	> 88
Contenido de azufre	< 50 mg/kg		18,9		< 10 mg/kg			

Contenido de oxígeno	2,7% m/m (3,7% m/m si se añade etanol)	-	<2,7 %m/m	<3,7 %m/m	<2,7 %m/m	<3,7 %m/m	
Etanol (EtOH)	< 10% v/v	0% v/v	< 5 %v/v	<10 %v/v	< 5 %v/v	<10 %v/v	
PVR 37,8°C (Verano)	< 69 kPa (< 76 kPa si se añade etanol)	62,4 kPa	<> 60 - 70 kPa	*Depende del país, la PVR está regulada en la Directiva de Calidad de Combustibles de la UE			
MTBE	-	0,50% v/v	-	-	-	-	
Éteres con 5 átomos de C o más	-	0,50% v/v	Con base en el contenido de oxígeno	<22 %v/v	Con base en el contenido de oxígeno	<22 %v/v	

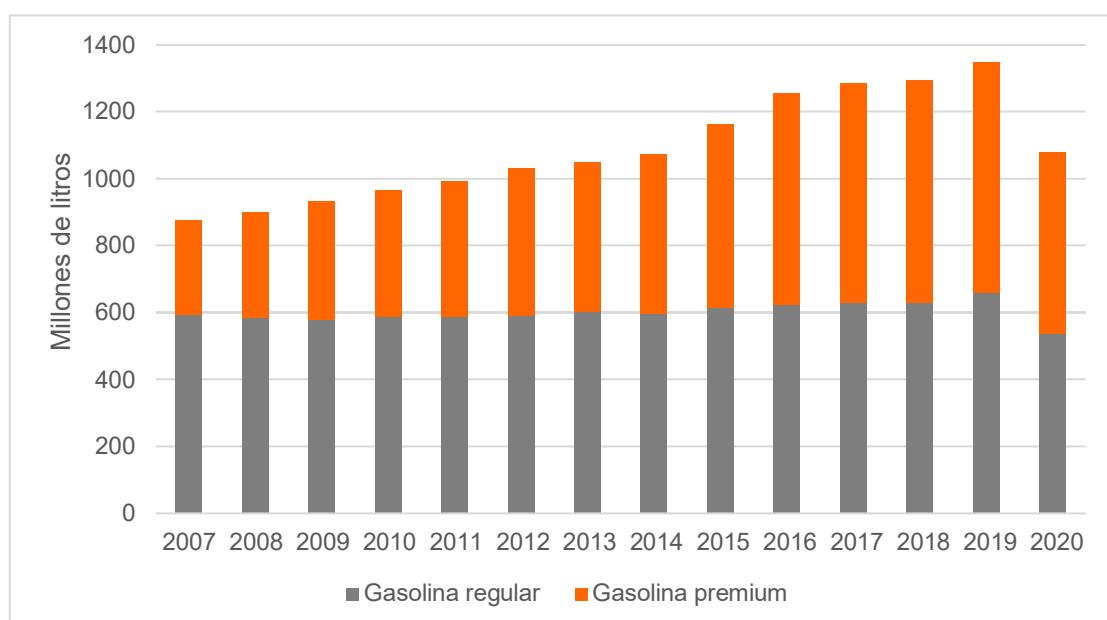
* Los valores que no cumplen con las especificaciones de la UE se presentan en naranja y en azul los que no cumplen con las especificaciones de Costa Rica.

Fuente: Especificaciones de Costa Rica y la UE, SGS Worldwide Fuel Survey, 2021

ANÁLISIS DE LOS COMPONENTES DE MEZCLA

La figura 45 muestra los volúmenes de consumo de gasolina en Costa Rica. En 2020, la mitad del consumo de gasolina fue regular y la mitad premium.

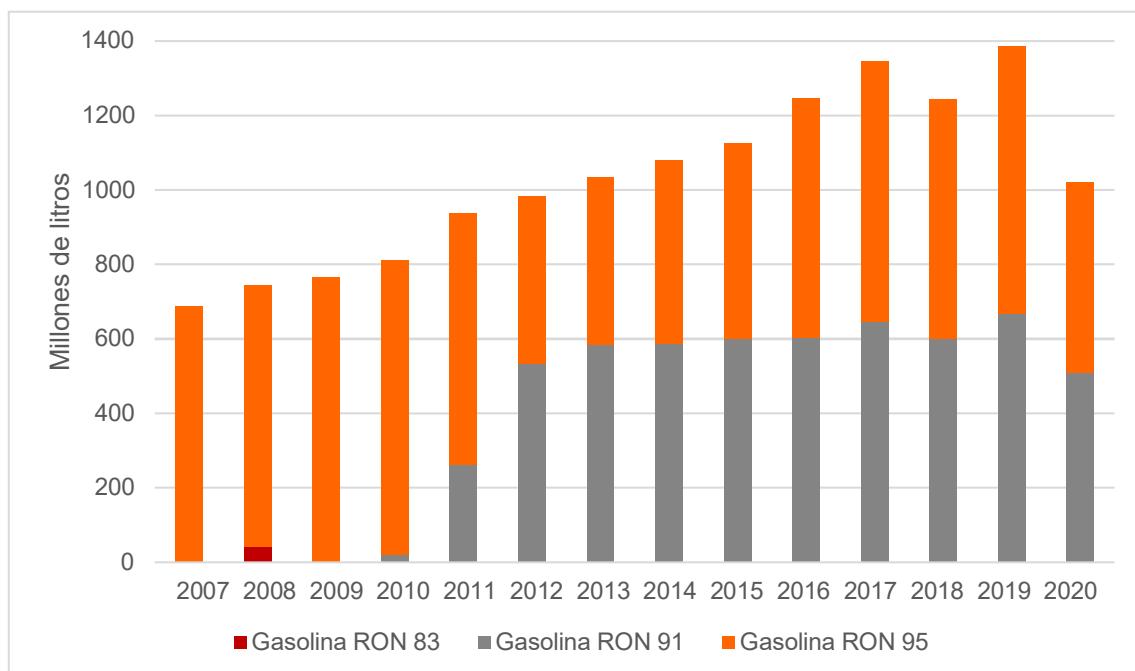
Figura 45: Consumo de gasolina en Costa Rica



Fuente: RECOPE, 2021

Costa Rica importa gran parte de su combustible de EE. UU., como se detalla a continuación.

Figura 46: Importaciones de gasolina en Costa Rica

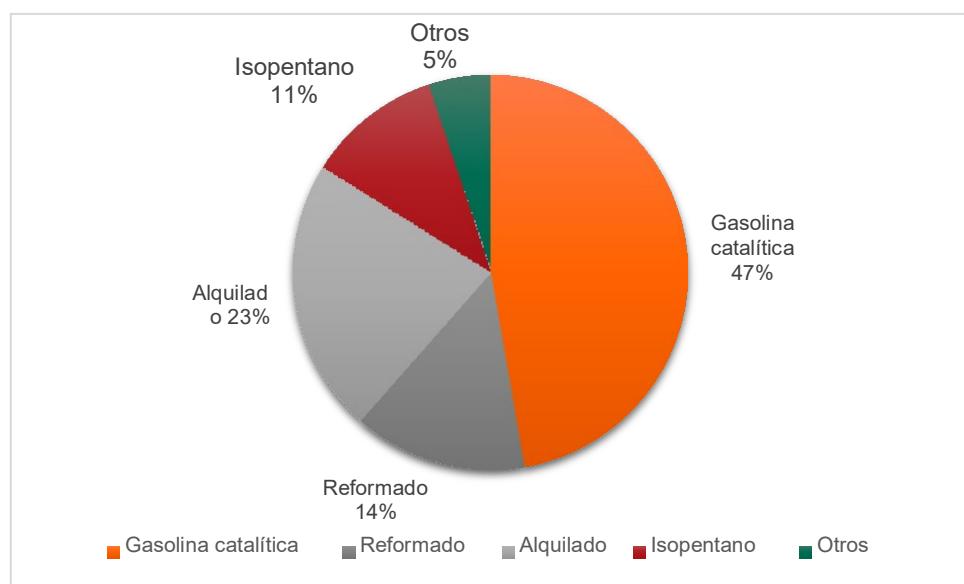


Fuente: RECOPE, 2021

De los países centroamericanos, solo Nicaragua y Costa Rica cuentan con capacidad de refinación, sin embargo, actualmente Costa Rica no produce ningún combustible.

La combinación de componentes de la mezcla de gasolina de Costa Rica se basa principalmente en las importaciones de EE. UU., y en menor grado, en las europeas.

Figura 47: Componentes de la mezcla de gasolina producida en Costa Rica



Fuente: Compilación de SGS INSPIRE

CENTROAMÉRICA: GUATEMALA

REGULACIONES

Gasolina

En Guatemala, la norma nacional NGO 51 015, publicada en el Boletín Oficial del 30 de octubre de 1987, establece las especificaciones de la gasolina mezclada con 10% v/v de etanol (volumen ±0,5%). Este es un grado de gasolina con plomo con un RON de 91 y un contenido máximo de azufre de 1.500 mg/kg. La norma nacional NGO 51 015 fue sustituida por las normas regionales RTCA de gasolina.

Etanol

En Guatemala no hay especificaciones nacionales, solo normas RTCA.

NORMAS DE CALIDAD DE COMBUSTIBLES Y OBJETIVOS ACTUALES

Guatemala tiene normas de autorización de gasolina Euro 2. No todas las propiedades son iguales a las especificaciones europeas; esta comparativa se basa en los límites de azufre.

Además, no existen normas en vigor para las emisiones vehiculares.

COMPARACIÓN CON LAS NORMAS

El cuadro siguiente muestra la comparación de las principales propiedades entre Guatemala y la UE. Apenas desde 2021 se regulan los aromáticos y las olefinas en Guatemala. En Guatemala los límites de hidrocarburos, plomo, octanaje y azufre son más altos que en la UE.

La calidad real es más similar a las especificaciones de la UE que las de Centroamérica, lo que significa que en los últimos años la gasolina ha mejorado. Los valores de todos los parámetros cumplen con las especificaciones de Guatemala, pero el azufre y el octanaje están fuera del alcance de las especificaciones de la UE.

El cuadro siguiente muestra la calidad real con base en 8 muestras (4 regular y 4 premium) tomadas en la ciudad de Guatemala.

Figura 48: Comparación entre las especificaciones de Guatemala y la UE

	Especificaciones de Guatemala		Promedio de calidad real de la gasolina de verano de Guatemala, 2020		Especificaciones de la UE			
Fecha de implementación	2019/2021		N/D		2017			
Grado seleccionado	Gasolina regular	Gasolina superior	Gasolina regular baja	Gasolina superior	RON 95 E5	RON 95 E10	RON 98 E5	RON 98 E10
Nombre	Decreto No. 364-2019 /Resolución 425/2020		Valores promedio		EN 228:2012 + A1:2017 (autorización Euro 6)			
Contenido de benceno	< 2,5% v/v		0,92% v/v		< 1 %v/v			
Compuestos aromáticos	- / < 50% v/v		28,9% v/v		< 35 %v/v			
Olefinas	- / < 30% v/v		12,8% v/v		< 18 %v/v			
Contenido de plomo	< 0,013 g/l				< 5 mg/l			
Manganeso	< 2,5 mg/l				< 2,0 mg/l			
RON	> 88/ > 91* en 2022	> 95	90,3	95,3	> 95	> 95	> 98	> 98
MON	-		82,0	85,4	> 85	> 88	> 85	> 88
Contenido de azufre	< 500 mg/kg		18 mg/kg		< 10 mg/kg			
Contenido de oxígeno	-		-		<2,7 %m/m	<3,7 %m/m	<2,7 %m/m	<3,7 %m/m

Etanol (EtOH)	< 10 %v/v	0% v/v	< 5 %v/v	<10 %v/v	< 5 %v/v	<10 %v/v
PVR 37,8°C (Verano)	< 69 kPa	60,1 kPa	> 60 - 70 kPa	*Depende del país, la PVR está regulada en la Directiva de Calidad de Combustibles de la UE		
MTBE	10% v/v	0% v/v	-			
Éteres con 5 átomos de C o más	-	0% v/v	Con base en el contenido de oxígeno	<22 %v/v	Con base en el contenido de oxígeno	<22 %v/v

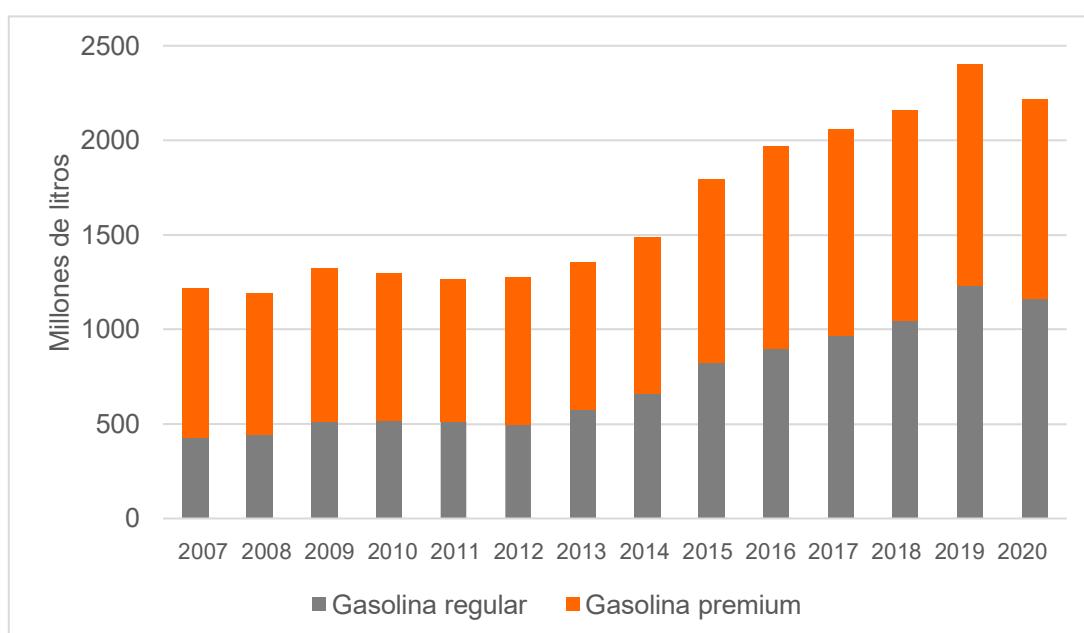
* Los valores que no cumplen con las especificaciones de la UE se presentan en naranja y en azul los que no cumplen con las especificaciones de Costa Rica.

Fuente: Especificaciones de Guatemala y la UE, SGS Worldwide Fuel Survey, 2021

ANÁLISIS DE LOS COMPONENTES DE MEZCLA

La siguiente figura muestra los volúmenes de consumo de gasolina en Guatemala.

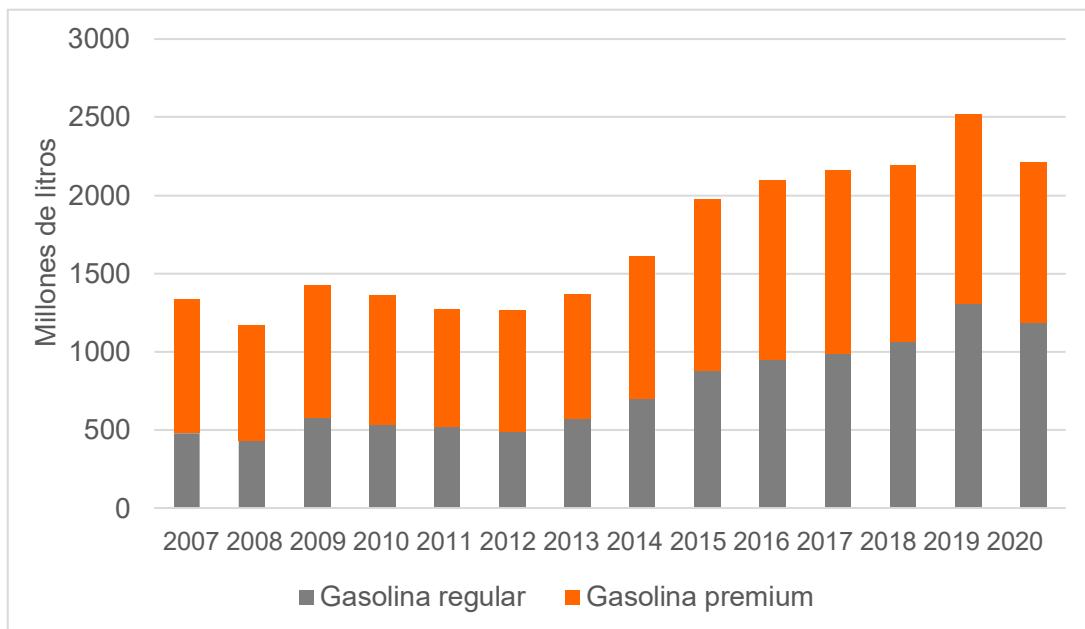
Figura 49: Consumo de gasolina en Guatemala



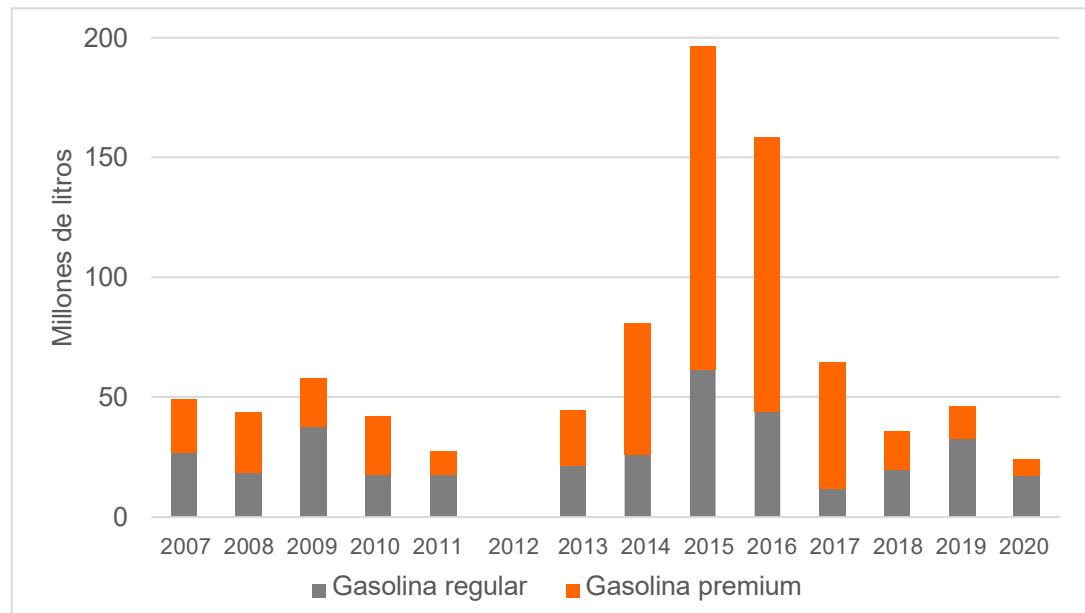
Fuente: Ministerio de Energía y Minas, 2021

La siguiente figura muestra los volúmenes de importación y exportación de gasolina en Guatemala.

Los datos de SGS SOL indican que se importaron casi 2.700 millones de litros de gasolina en distintas terminales. Con base en estos datos, la mayor parte de la gasolina fue de un grado no determinado y la gasolina RON 95 representó 400 millones de litros.

Figura 50: Importaciones de gasolina en Guatemala

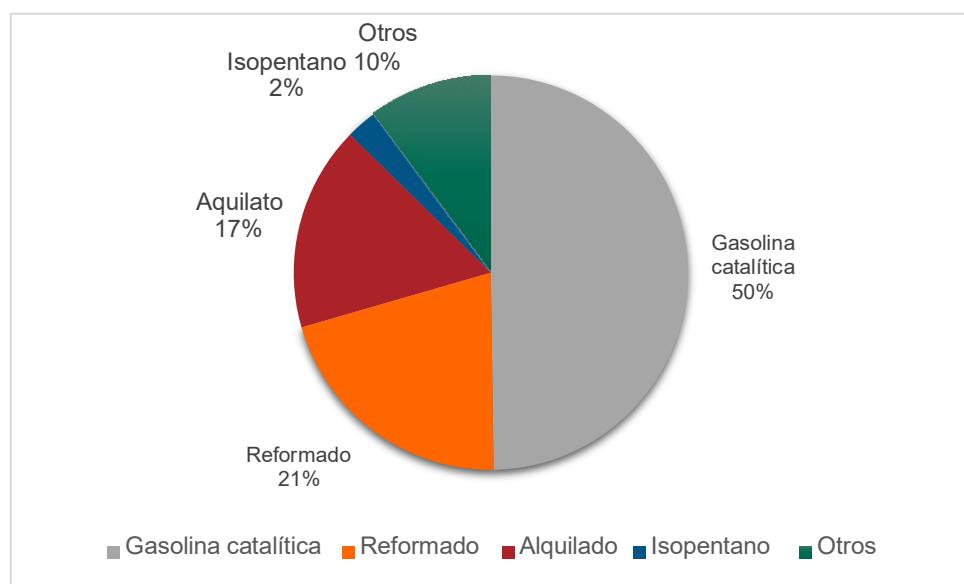
Fuente: Ministerio de Energía y Minas, 2021

Figura 51: Exportaciones de gasolina desde Guatemala

Fuente: Ministerio de Energía y Minas, 2021

La combinación de componentes de la mezcla de gasolina de Guatemala se basa principalmente en las importaciones de EE. UU., y en menor grado, en las importadores de países no identificados.

Figura 52: Componentes de la mezcla de gasolina producida en Guatemala



Fuente: Compilación de SGS INSPIRE

CENTROAMÉRICA: EL SALVADOR

REGULACIONES

Gasolina

El Salvador define las especificaciones de gasolina en las normas RTCA ([RTCA 75.01.20:19](#) para la gasolina premium y [RTCA 75.01.19:19](#) para la regular).

Etanol

En El Salvador no hay especificaciones nacionales, solo las normas RTCA.

NORMAS DE CALIDAD DE COMBUSTIBLES Y OBJETIVOS ACTUALES

El Salvador tiene normas de autorización de gasolina Euro 2. No todas las propiedades son iguales a las especificaciones europeas; esta comparativa se realiza principalmente de acuerdo con el azufre.

Además, cuenta con normas de emisiones vehiculares, pero son anteriores a las normas Euro. Los límites de las emisiones vehiculares se establecen en la norma [NSO 13.11.03:01](#), publicada en el Diario Oficial No. 360 del 4 de junio de 2003. Los contaminantes regulados son hidrocarburos(HC), dióxido de carbono (CO₂) y monóxido de carbono (CO) para vehículos con motores de encendido por chispa.

COMPARACIÓN CON LAS NORMAS

La figura 53 presenta un panorama de la comparación de la propiedades principales en El Salvador y la UE. La calidad real es más similar a las especificaciones de la UE que las de Centroamérica, lo que significa que en los últimos años la gasolina ha mejorado. En El Salvador los límites de hidrocarburos, plomo, octanaje, azufre y oxígeno son menos estrictos que en la UE.

Como se muestra a continuación, la calidad real de la gasolina en El Salvador cumple con las especificaciones salvadoreñas y de la UE, excepto el octanaje, que es más bajo que lo que exige la reglamentación.

La calidad real que se muestra en el cuadro es el valor promedio de 8 muestras: 4 muestras de RON 88 regular y 4 muestras de RON 95 premium tomadas en Santa Ana y San Salvador.

Figura 53: Comparación entre las especificaciones de El Salvador y la UE y datos de calidad real

	El Salvador		Promedio de calidad real de la gasolina de El Salvador en invierno 2019/2020 de SGS WWFS		UE			
Fecha de implementación	2021	2021	-		2017			
Grado seleccionado	Gasolina regular	Gasolina premium	Normal	Premium	RON 95 E5	RON 95 E10	RON 98 E5	RON 98 E10
Nombre	RTCA 75.01.19:19	RTCA 75.01.20:19	Valores promedio		EN 228:2012 + A1:2017 (autorización Euro 6)			
Contenido de benceno	5% v/v		0,8 %v/v		< 1 %v/v			
Compuestos aromáticos	50% v/v		29,2 %v/v		< 35 %v/v			
Olefinas	30% v/v		14,2 %v/v		< 18 %v/v			
Contenido de plomo	< 0,013 g/l		0,005 g/l		< 5 mg/l			
Manganese	2,0% v/v		< 0,1 mg/l		< 2,0 mg/l			
RON	> 91	> 95	90	94,7	> 95	> 95	> 98	> 98
MON	-		81,8	85,1	> 85	> 88	> 85	> 88

Contenido de azufre	< 500 mg/kg	16 mg/kg	< 10 mg/kg			
Contenido de oxígeno	0,7% v/v	-	<2,7 %m/m	<3,7 %m/m	<2,7 %m/m	<3,7 %m/m
Etanol (EtOH)	-	0 %v/v	< 5 %v/v	<10 %v/v	< 5 %v/v	<10 %v/v
PVR 37,8°C (Verano)	< 69 kPa	62,7 kPa	<> 60 - 70 kPa			
			*Depende del país, la PVR está regulada en la Directiva de Calidad de Combustibles de la UE			
MTBE	-	0 %v/v	-			
Éteres con 5 átomos de C o más	-	0 %v/v	Con base en el contenido de oxígeno	<22 %v/v	Con base en el contenido de oxígeno	<22 %v/v

* Los valores que no cumplen con las especificaciones de la UE se presentan en naranja y en azul los que no cumplen con las especificaciones de El Salvador.

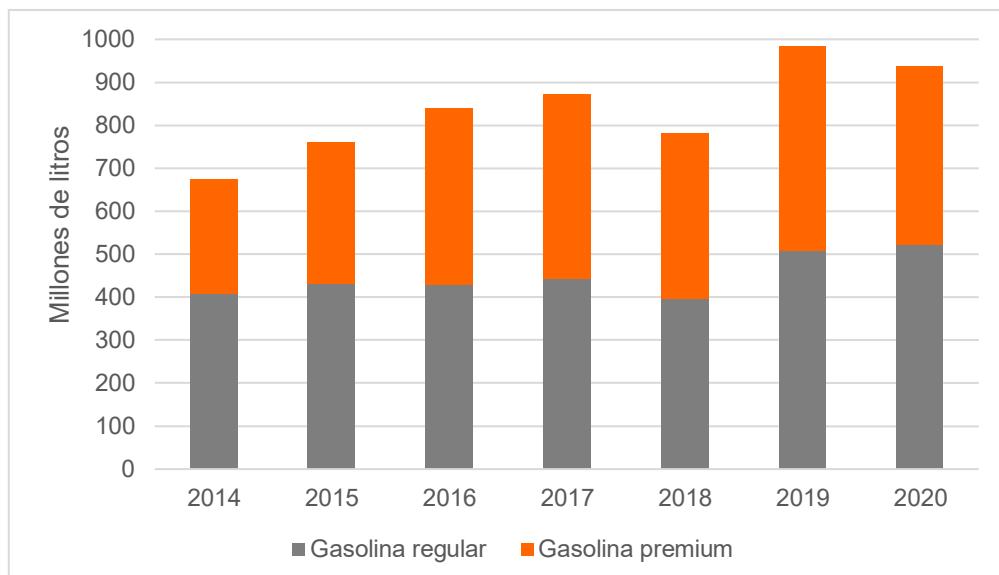
Fuente: Especificaciones de El Salvador y la UE, SGS Worldwide Fuel Survey, 2021

ANÁLISIS DE LOS COMPONENTES DE MEZCLA

La figura 52 muestra los volúmenes de consumo de gasolina en El Salvador. En 2020, la gasolina regular representaba el 57% del volumen consumido y la premium el 43%.

Hasta abril de 2021, Chevron distribuía aproximadamente el 70% de la gasolina, Puma el 27% y Uno el 3%.

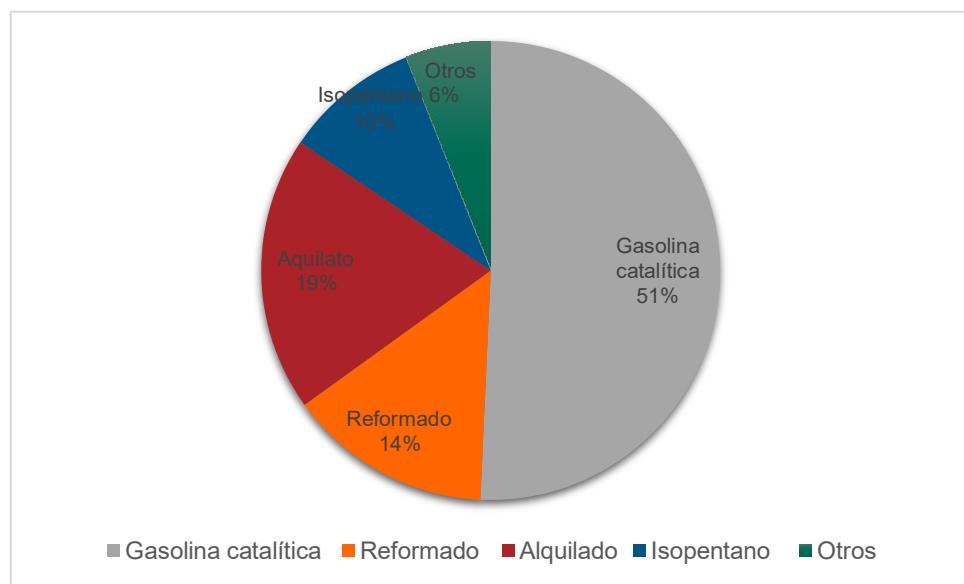
Figura 54: Consumo de gasolina en El Salvador



Fuente: Ministerio de Economía, Dirección de Hidrocarburos y Minas, 2021

La combinación de componentes de la mezcla de gasolina salvadoreña se basa principalmente en las importaciones de EE. UU., y en menor grado, de Ecuador y de otros países centroamericanos.

Figura 55: Componentes de la mezcla de gasolina producida en El Salvador



Fuente: Compilación de SGS INSPIRE

CENTROAMÉRICA: HONDURAS

REGULACIONES

Gasolina

Honduras define las especificaciones de gasolina con las normas RTCA ([RTCA 75.01.20:19](#) de gasolina premium y [RTCA 75.01.19:19](#) de la regular).

Etanol

En Honduras no hay especificaciones nacionales, solo normas RTCA.

NORMAS DE CALIDAD DE COMBUSTIBLES Y OBJETIVOS ACTUALES

Honduras tiene la norma de autorización de gasolina Euro 2. No todas las propiedades son iguales a las especificaciones europeas; esta comparativa se realiza principalmente de acuerdo con el azufre.

Además, no existen normas en vigor para las emisiones vehiculares.

COMPARACIÓN CON LAS NORMAS

La figura 56 presenta un panorama de la comparación entre las propiedades principales de Honduras y la UE. La calidad real es más similar a las especificaciones de la UE que las de Centroamérica, lo que significa que en los últimos años la gasolina ha mejorado.

En Honduras los límites de hidrocarburos, plomo, octanaje, azufre y oxígeno son menos estrictos que en la UE.

Como se muestra a continuación, la calidad real de la gasolina en Honduras cumple con las especificaciones hondureñas y de la UE, excepto el octanaje, que es más bajo al exigido y el azufre, que es más alto que el que exige la UE.

La calidad real que se muestra en el cuadro es el valor promedio de 7 muestras: 3 muestras de RON 88 regular y 4 muestras de RON 95 premium tomadas en San Pedro Sula.

Figura 56: Comparación entre las especificaciones de Honduras y la UE y datos de calidad real

	Honduras		Promedio de la gasolina real de Honduras en invierno 2019/2020 de SGS WWFS		UE			
Fecha de implementación	2021	2021	-		2017			
Grado seleccionado	Gasolina premium	Gasolina regular	Regulalr baja	Premium	RON 95 E5	RON 95 E10	RON 98 E5	RON 98 E10
Nombre	RTCA 75.01.08:19 p.m.	RTCA 75.01.19:19	Valores promedio		EN 228:2012 + A1:2017 (autorización Euro 6)			
Contenido de benceno	2,5% v/v		0,68% v/v		< 1 %v/v			
Compuestos aromáticos	50% v/v		29,1% v/v		< 35 %v/v			
Olefinas	30% v/v		16,3% v/v		< 18 %v/v			
Contenido de plomo	< 0,013 g/l		< 2,5 mg/l		< 5 mg/l			
Manganese	0,25% v/v		< 0,1 mg/l		< 2,0 mg/l			
RON	> 95	> 91	94,3	89,4	> 95	> 95	> 98	> 98
MON	-		-		> 85	> 88	> 85	> 88
Contenido de azufre	< 500 mg/kg		14,6 mg/kg		< 10 mg/kg			

Contenido de oxígeno	2,7% v/v	-	<2,7 %m/m	<3,7 %m/m	<2,7 %m/m	<3,7 %m/m
Etanol (EtOH)	-	0 %v/v	< 5 %v/v	<10 %v/v	< 5 %v/v	<10 %v/v
PVR 37,8°C (Verano)	< 69 kPa	63,8 kPa	> 60 - 70 kPa			
MTBE	-	0% v/v	-			
Éteres con 5 átomos de C o más	-	0% v/v	Con base en el contenido de oxígeno	<22 %v/v	Con base en el contenido de oxígeno	<22 %v/v

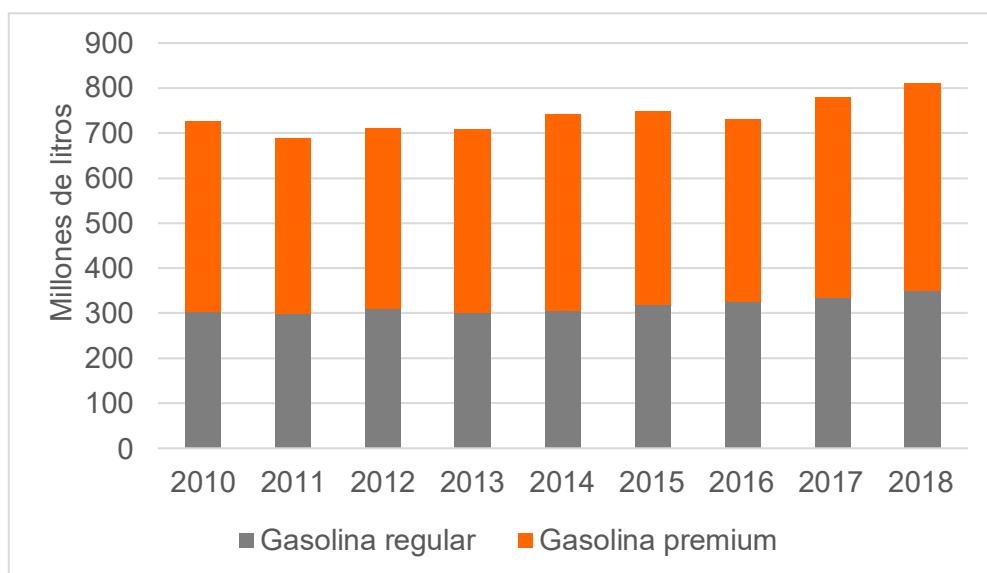
* Los valores que no cumplen con las especificaciones de la UE se presentan en naranja y en azul los que no cumplen con las especificaciones de Honduras.

Fuente: Especificaciones de Honduras y la UE, y SGS Worldwide Fuel Survey, 2021

ANÁLISIS DE LOS COMPONENTES DE MEZCLA

La figura 57 muestra los volúmenes de consumo de gasolina de Honduras. En 2018, la gasolina regular representaba el 41% del volumen consumido y la premium el 59%.

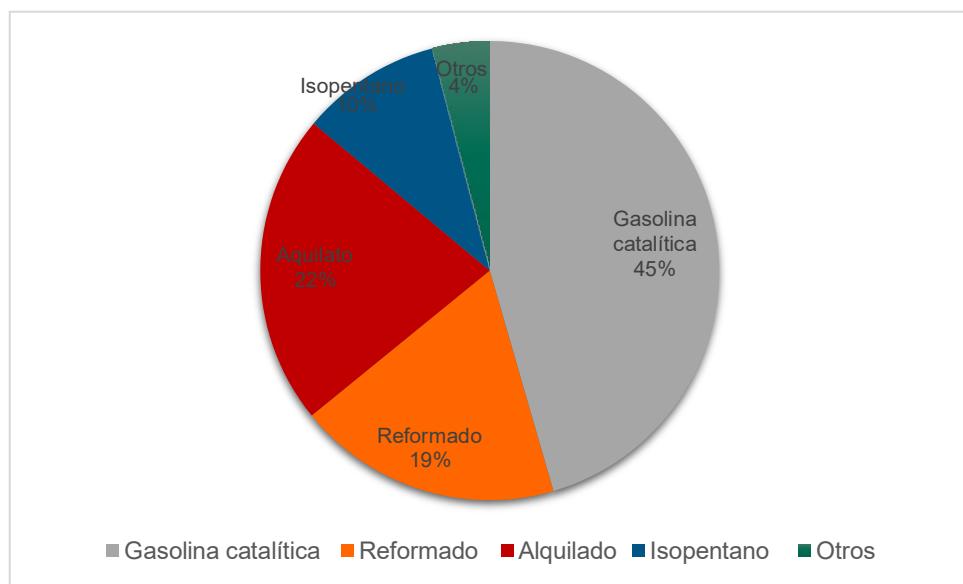
Figura 57: Consumo de gasolina en Honduras



Fuente: Comisión Económica para América Latina y el Caribe, Secretaría de Energía de Honduras

La combinación de componentes de la mezcla de gasolina de Honduras se basa principalmente en las importaciones de EE. UU., y en menor grado, de Ecuador y de otros países.

Figura 58: Componentes de la mezcla de gasolina producida en Honduras



Fuente: Compilación de SGS INSPIRE

CENTROAMÉRICA: NICARAGUA

REGULACIONES

Gasolina

Nicaragua define las especificaciones de gasolina con normas RTCA ([RTCA 75.01.20:19](#) para la gasolina premium y [RTCA 75.01.19:19](#) para la regular).

Etanol

En Nicaragua no hay especificaciones nacionales, solo normas RTCA.

NORMAS DE CALIDAD DE COMBUSTIBLES Y OBJETIVOS ACTUALES

Nicaragua tiene la norma de autorización de gasolina Euro 2. No todas las propiedades son iguales a las especificaciones europeas; esta comparativa se realiza principalmente de acuerdo con el azufre.

Además, no existen normas en vigor para las emisiones vehiculares.

COMPARACIÓN CON LAS NORMAS

La figura 59 presenta un panorama de la comparación entre las propiedades principales de Nicaragua y la UE. Nicaragua es el único país centroamericano con producción nacional de gasolina y como la refinería es muy sencilla, tiene la gasolina de peor calidad de la región.

En Nicaragua los límites de hidrocarburos, plomo, octanaje, azufre y oxígeno son menos estrictos que en la UE.

Figura 59: Comparación entre las especificaciones de Nicaragua y la UE

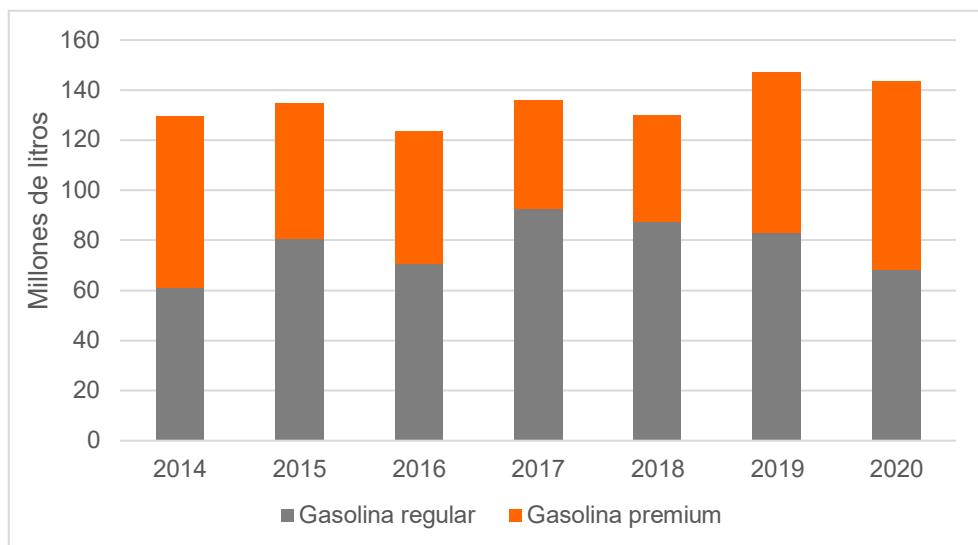
	Nicaragua		UE			
Fecha de implementación	2021	2021	2017			
Grado seleccionado	Gasolina premium	Gasolina regular	RON 95 E5	RON 95 E10	RON 98 E5	RON 98 E10
Nombre	RTCA 75.01.20:19	RTCA 75.01.19:19	EN 228:2012 + A1:2017 (autorización Euro 6)			
Contenido de benceno	5% v/v		< 1 %v/v			
Compuestos aromáticos	50% v/v		< 35 %v/v			
Olefinas	30% v/v		< 18 %v/v			
Contenido de plomo	< 0,013 g/l		< 5 mg/l			
Manganese	Reporte		< 2,0 mg/l			
RON	> 95	> 88	> 95	> 95	> 98	> 98
MON	-		> 85	> 88	> 85	> 88
Contenido de azufre	< 500 mg/kg		< 10 mg/kg			
Contenido de oxígeno	2,7% v/v		< 2,7 %m/m	< 3,7 %m/m	< 2,7 %m/m	< 3,7 %m/m
Etanol (EtOH)	-		< 5 %v/v	< 10 %v/v	< 5 %v/v	< 10 %v/v
PVR 37,8°C (Verano)	< 69 kPa		<> 60 - 70 kPa			
	*Depende del país, la PVR está regulada en la Directiva de Calidad de Combustibles de la UE					
MTBE	-		-			
Éteres con 5 átomos de C o más	-		Con base en el contenido de oxígeno	< 22 %v/v	Con base en el contenido de oxígeno	< 22 %v/v

Fuente: Especificaciones de Nicaragua y la UE

ANÁLISIS DE LOS COMPONENTES DE MEZCLA

La refinería de Managua, Nicaragua es la única que produce gasolina en Centroamérica. La figura 60 muestra los volúmenes de producción. La producción local representa cerca del 30% del consumo local de gasolina.

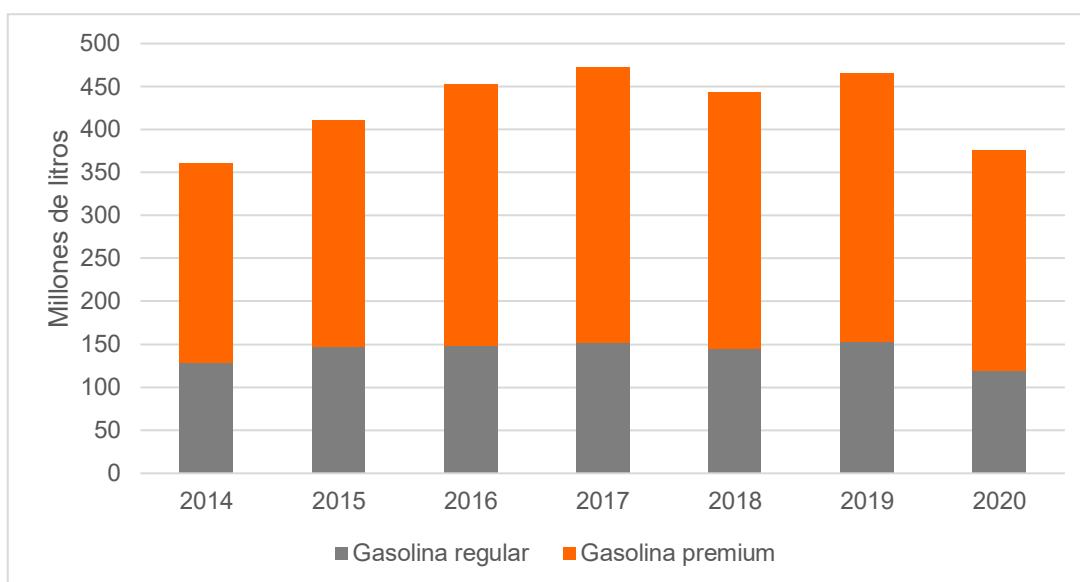
Figura 60: Producción de gasolina en Nicaragua



Fuente: Ministerio de Energía y Minas, Dirección General de Hidrocarburos, 2021

La figura 61 muestra los volúmenes de consumo de gasolina en Nicaragua. En 2020, la gasolina regular representaba el 35% del volumen consumido y la premium el 65%.

Figura 61: Consumo de gasolina en Nicaragua

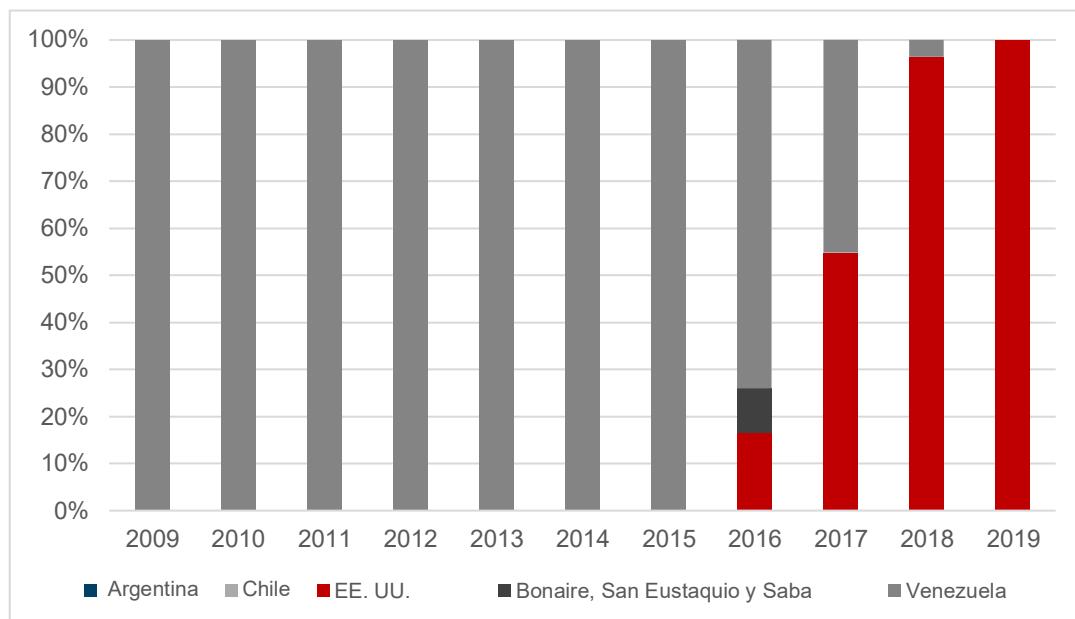


Fuente: Ministerio de Energía y Minas, Dirección General de Hidrocarburos, 2021

Como se muestra en la Figura 62, de 2009 a 2015 en Nicaragua la gasolina regular solo se importaba de Venezuela y a partir de 2016 se comenzó a importar de Estados Unidos y desde el territorio holandés de ultramar San Eustaquio. La situación cambió en años posteriores y en 2019, tanto la gasolina regular como la premium se importan únicamente de EE. UU.

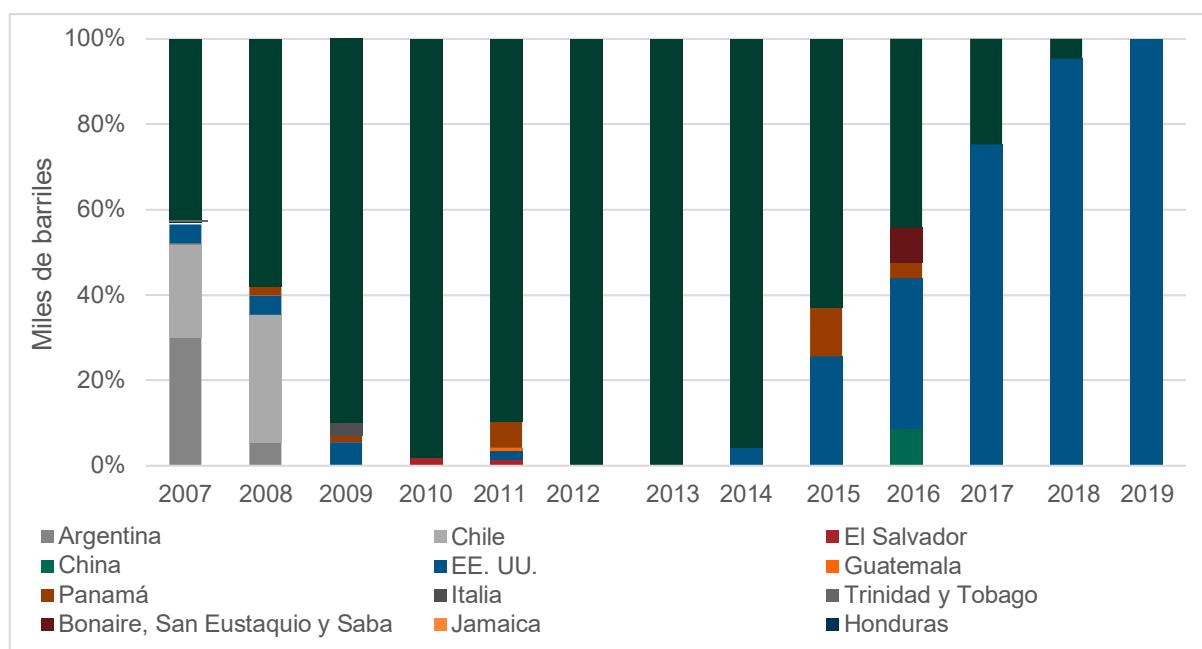
De acuerdo con el Ministerio de Energía y Minas en el período de 2000 a 2016, no se exportó gasolina de Nicaragua, excepto en 2012 que se exportaron 2.000 barriles.

Figura 62: Importaciones de gasolina regular en Nicaragua



Fuente: Ministerio de Energía y Minas, Dirección General de Hidrocarburos, 2021

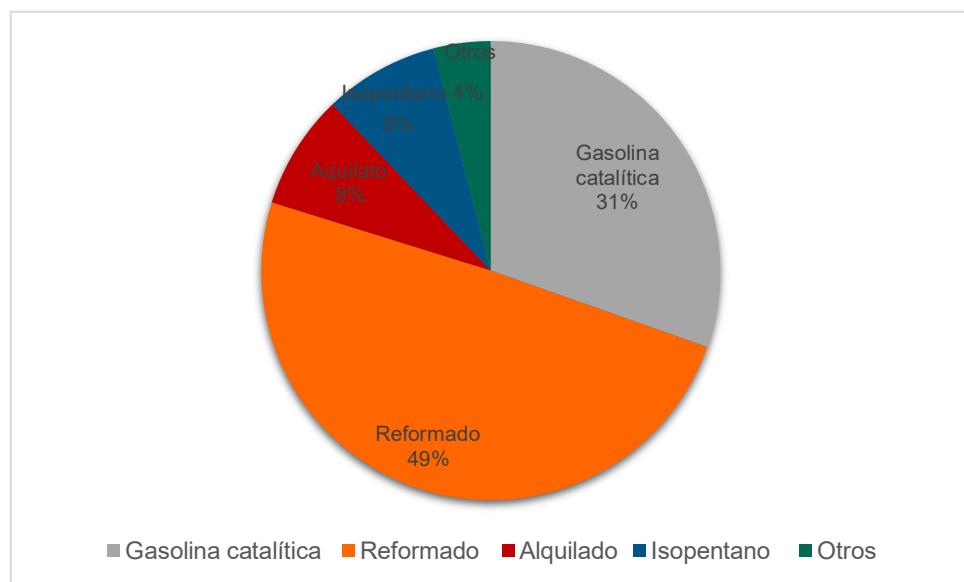
Figura 63: Importaciones de gasolina premium en Nicaragua



Fuente: Ministerio de Energía y Minas, Dirección General de Hidrocarburos, 2021

La combinación de componentes de la mezcla de gasolina de Nicaragua se basa principalmente en la producción nacional y en las importaciones de EE. UU., y en menor grado, de Ecuador y de otros países centroamericanos.

Figura 64: Componentes de la mezcla de gasolina producida en Nicaragua



Fuente: Compilación de SGS INSPIRE

CENTROAMÉRICA: PANAMÁ

REGULACIONES

Gasolina

El [6 de mayo de 2013](#), Panamá ratificó el protocolo de Guatemala, y el 21 de junio de 2013 el Ministerio de Comercio e Industria de Panamá se hizo miembro del COMIECO, como se estipula en la [Resolución 309-2013](#). Sin embargo, Panamá no es miembro pleno de la SIECA y tiene publicadas diferentes especificaciones de combustible por la Comisión Panameña de Normas Industriales y Técnicas, COPANIT. La especificación de gasolina actual es la DGNTI-COPANIT 71-381-2008. De cualquier manera, Panamá transpone las normas RTCA más recientes.

La especificación está en vigor desde el 8 de abril de 2008 y define dos grados: RON 91 (que aquí se denomina gasolina regular) y RON 95 (que aquí se denomina gasolina premium). La única diferencia entre los dos grados es el RON mínimo, el resto de los límites es igual. La norma DGNTI-COPANIT 71-381-2008 establece una disminución gradual del contenido máximo de azufre en la gasolina de la siguiente manera:

Figura 65: Contenido máximo de azufre en la gasolina de Panamá

Fecha	Contenido de azufre (mg/kg)
Del 8 de mayo de 2008 al 30 de septiembre de 2008	1.000
Del 1 de octubre de 2008 al 30 de septiembre de 2009	800
Del 1 de octubre de 2009 al 31 de enero de 2021	500
Del 1 de febrero de 2021 a la actualidad	150

Fuente: DGNTI-COPANIT 71-381-2008 y especificaciones RTCA

Además, las especificaciones panameñas de gasolina mezclada con etanol (de 5 a 10% v/v) se establecieron en la norma DGNTI-COPANIT 83-2013, aprobada en la [Resolución N°002](#) del 30 de mayo de 2014.

Etanol

En Panamá, la norma nacional DGNTI-COPANIT 82-2013 define las especificaciones de etanol anhidro. Se aprobó en la [Resolución N°001](#) del 30 de mayo de 2014.

En Panamá el contenido de etanol a mezclar con la gasolina se estableció en la [Ley N°42 del 20 de abril de 2011](#), en 2% v/v a partir del 1 de abril de 2013, con un aumento gradual de 10% hasta el 1 de abril de 2016. La ley se modificó por la [Ley N°21 del 26 de marzo de 2013](#), para establecer el contenido de etanol al 5% a partir del 1 de septiembre de 2013, en algunas zonas de Panamá y a partir del 1 de abril de 2014 en todo el país. La ley N°21 estipula que, en caso de que no haya disponibilidad de producción nacional de etanol, se permite el uso de gasolina sin etanol, con autorización previa de la Secretaría Nacional de Energía. El mandato de etanol terminó el 22 de agosto de 2014, cuando la Secretaría Nacional de Energía publicó la [Resolución N° 2188](#) que autoriza el uso de gasolina sin etanol. Se tomó esta medida después de que el único productor de etanol del país, Campos de Pesé S.A., [anunció](#) que dejaría de producirlo debido al precio de venta demasiado bajo establecido por el gobierno.

El 4 de marzo de 2021, el Congreso de Panamá emitió un [proyecto de ley](#) para reformar la Ley 42 de 2011, a fin de implementar el uso de etanol anhidro como oxigenante en la gasolina y establecer en el país la industria de producción de etanol.

Panamá tiene previsto producir etanol a partir de caña de azúcar. Se construirán plantas de etanol cerca de los ingenios azucareros para aprovechar la infraestructura existente y las economías de escala.

Aunque el gobierno quiere crear una industria nacional de producción de etanol, el documento también contempla los beneficios del uso de alcohol importado para la producción de etanol:

- La importación de etanol de industrias consolidadas, como Brasil o Estados Unidos, reduciría el precio promedio del etanol a mezclar con la gasolina en Panamá, por lo que no impactaría al consumidor
- Establecer la industria del etanol en Panamá a partir de la caña de azúcar requeriría un gran esfuerzo que involucra a muchos participantes locales. Importar etanol ayudaría a desarrollar el programa a su propio ritmo
- La cosecha de caña de azúcar se hace de enero a abril, producir combustible de etanol del alcohol importado ayudaría a mitigar el efecto de la temporalidad de la cosecha de la caña de azúcar
- Panamá podría volverse un punto estratégico de almacenamiento y distribución de alcoholes en la región

En conclusión, con la capacidad instalada actual de 4 ingenios azucareros, se podrían manejar más de 1.500.000 toneladas de caña de azúcar además de las que actualmente se procesan, lo que significa que se podrían cosechar más de 18,000 hectáreas adicionales. Esto permitiría la producción de más de 110 millones de litros de etanol.

Está previsto que el programa de la mezcla de etanol sea el siguiente:

Figura 66: Programa del mandato de mezcla de etanol de acuerdo con el proyecto de ley

Fecha	Exigencia de mezcla	Ubicaciones
1 de abril de 2023	5%	Provincia de Panamá, hacia el norte por el río Chagres, al este hasta la zona de 24 de diciembre, al oeste hasta el Canal de Panamá. En la provincia de Panamá Oeste en los distritos de La Chorrera y Arraiján
1 de abril de 2024	5%	En todo el país
1 de abril de 2025	7%	En todo el país
1 de abril de 2026	10%	En todo el país

Fuente: Propuesta para actualización de Ley 42 de 2011

La Secretaría Nacional de Energía podría aumentar el 10% v/v mezcla de etanol en etanol anhidro con base en los adelantos tecnológicos. También podrían ampliarse los combustibles permitidos para mezclar con etanol. Además, la Secretaría Nacional de Energía podría autorizar el uso de otros biocombustibles, como etanol hidratado.

En el supuesto que no se cumplan los mandatos de mezcla de etanol, los plazos o las zonas geográficas establecidas, la Secretaría Nacional de Energía podría modificarlos. Asimismo, si no hubiera disponibilidad de etanol nacional, podría permitir el uso de gasolina sin etanol.

NORMAS DE CALIDAD DE COMBUSTIBLES Y OBJETIVOS ACTUALES

Las especificaciones nacionales de gasolina son normas de autorización Euro 2 y las especificaciones RTCA que se aplican actualmente son normas de autorización Euro 3. No todas las propiedades son iguales a las especificaciones europeas; esta comparativa se realiza principalmente de acuerdo con el azufre.

Además, no existen normas en vigor para las emisiones vehiculares.

COMPARACIÓN CON LAS NORMAS

La figura 67 presenta un panorama de la comparación entre las propiedades principales de Panamá y la UE. La calidad real es más similar a las especificaciones de la UE que las de Centroamérica, lo que significa que en los últimos años la gasolina ha mejorado.

En Panamá los límites de hidrocarburos, plomo, octanaje, azufre y oxígeno son menos estrictos que en la UE. La calidad real de la gasolina en Panamá cumple con las especificaciones panameñas y de la UE, excepto el octanaje, que es más bajo que lo que exige la reglamentación y el azufre, que es más alto que lo que exige la UE.

La calidad real que se muestra en el cuadro es el valor promedio de 8 muestras: 4 muestras de RON 91 regular y 4 muestras de RON 95 premium tomadas en Santa Clara, San Cristóbal y Vista Hermosa.

Figura 67: Comparación entre las especificaciones de Panamá y la UE y datos de calidad real

	Panamá		Promedio de calidad real de la gasolina de Panamá en invierno de 2019/2020 de SGS WWFS		UE			
Fecha de implementación	2014/2021		-		2017			
Grado seleccionado	RON 91	RON 95	Regular 91	Premium 95	RON 95 E5	RON 95 E10	RON 98 E5	RON 98 E10
Nombre	DGNTI-COPANIT 83-2013/ Resolución 425/2020		Valores promedio		EN 228:2012 + A1:2017 (autorización Euro 6)			
Contenido de benceno	< 5% v/v / <1,5% v/v		0,71% v/v		< 1 %v/v			
Compuestos aromáticos	< 50% v/v		30,8% v/v		< 35 %v/v			
Olefinas	< 30% v/v		15,9% v/v		< 18 %v/v			
Contenido de plomo	< 0,013 g/l		< 2,5 mg/l		< 5 mg/l			
Manganese	-		5 mg/kg		< 2,0 mg/l			
RON	> 91	> 95	90,6	94,4	> 95	> 95	> 98	> 98
MON	-	-	-		> 85	> 88	> 85	> 88
Contenido de azufre	< 500 mg/kg / < 150 mg/kg		29,0		< 10 mg/kg			
Contenido de oxígeno	-/ < 0,7% v/v		-		<2,7 %m/m	<3,7 %m/m	<2,7 %m/m	<3,7 %m/m
Etanol (EtOH)	10% v/v		0% v/v		< 5 %v/v	<10 %v/v	< 5 %v/v	<10 %v/v
PVR 37,8°C (Verano)	< 69 kPa (< 76 kPa si se añade etanol)		61,8 kPa		<> 60 - 70 kPa			
					*Depende del país, la PVR está regulada en la Directiva de Calidad de Combustibles de la UE			
MTBE	0% v/v si se añade etanol		0% v/v		-			
Éteres con 5 átomos de C o más	-		0% v/v		Con base en el contenido de oxígeno	<22 %v/v	Con base en el contenido de oxígeno	<22 %v/v

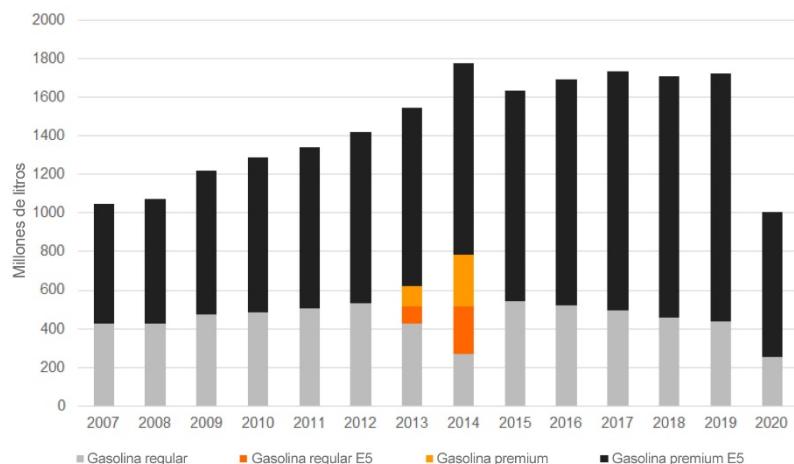
* Los valores que no cumplen con las especificaciones de la UE se presentan en naranja y en azul los que no cumplen con las especificaciones panameñas.

Fuente: Especificaciones de Panamá y la UE, SGS Worldwide Fuel Survey, 2021

ANÁLISIS DE LOS COMPONENTES DE MEZCLA

La figura 68 muestra los volúmenes de consumo de gasolina de Panamá. En 2020, la gasolina regular representaba el 30% del volumen consumido y la premium el 70%. La gasolina mezclada con 5% de etanol (E5) solo se consumió de 2013 a 2014, cuando se aplicó el mandato de etanol.

Figura 68: Consumo de gasolina en Panamá



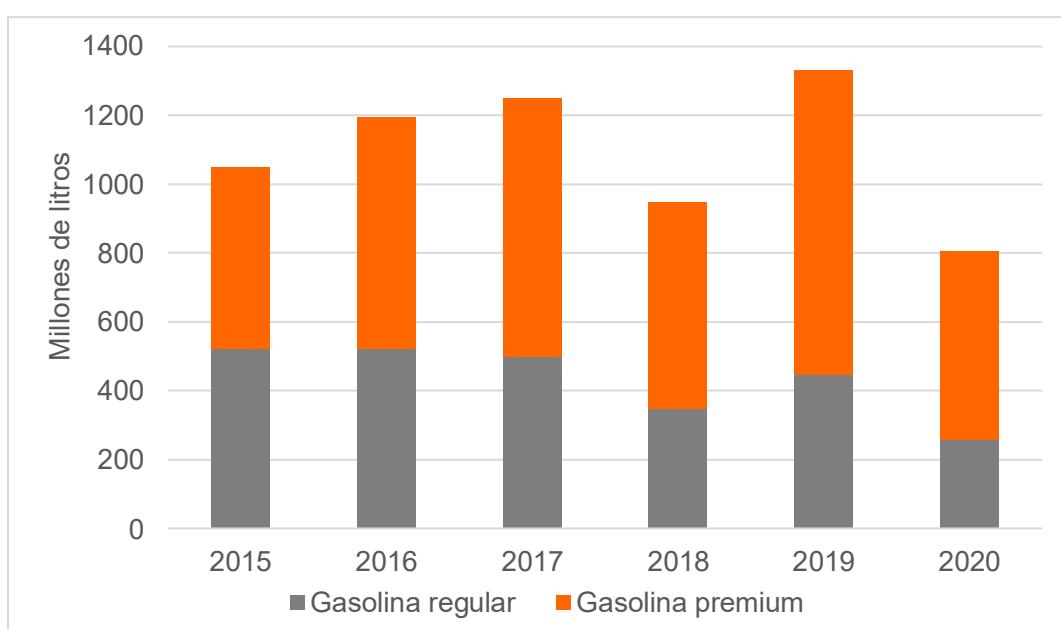
Fuente: Secretaría Nacional de Energía, 2021

La siguiente figura muestra los volúmenes de importación de gasolina en Panamá.

Además, los datos de SGS SOL indican que se importaron casi 784 millones de litros de gasolina en las distintas terminales, 713 millones de litros de gasolina sin especificación de grado, 54 millones de litros de premium y 18 millones de litros de regular.

De acuerdo con la Comtrade de Naciones Unidas, las importaciones fueron de Estados Unidos, Holanda y Alemania en su mayoría en 2017 (último año de datos).

Figura 69: Importaciones de gasolina en Panamá

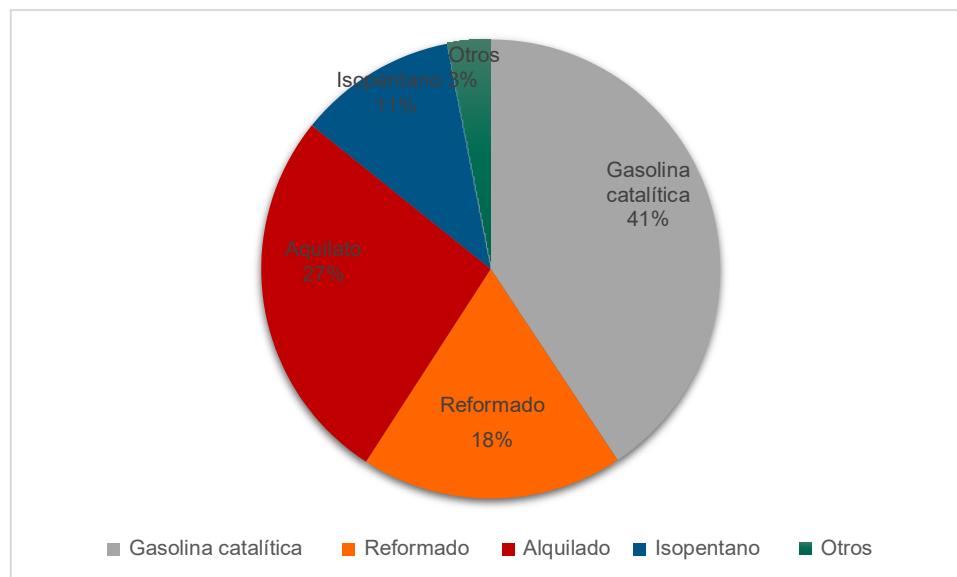


Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2021

De los países centroamericanos, solo Nicaragua y Costa Rica cuentan con capacidad de refinación, sin embargo, actualmente Costa Rica no produce ningún combustible.

La combinación de componentes de la mezcla de gasolina de Panamá se basa principalmente en las importaciones de EE. UU., y en menor grado, de Ecuador y de otros países.

Figura 70: Componentes de la mezcla de gasolina producida en Panamá



Fuente: Compilación de SGS INSPIRE

SECCIÓN 2. OPTIMIZACIÓN DE LOS COMPONENTES DE LA GASOLINA PARA LA MEZCLA CON ETANOL

Esta sección analiza los resultados del modelo de optimización de la mezcla y muestra cómo el incremento en la mezcla de etanol podría optimizar la combinación de los componentes de la mezcla en cada país.

El modelo de mezcla pretende minimizar el precio de una gasolina terminada generada con el modelo, basándose en los precios de sus componentes. Además, busca el cumplimiento de los parámetros de calidad establecidos, con el uso de los componentes de la mezcla de gasolina disponibles en el país seleccionado. El modelo además optimiza el precio del componente de la mezcla mediante restricciones de calidad. Estas restricciones permiten que la mezcla cumpla con las propiedades establecidas en la gasolina terminada. El modelo trabaja con composición volumétrica (% v/v) de los componentes. Los componentes de la mezcla y su cantidad máxima se restringen de acuerdo con la disponibilidad en el país seleccionado.

La figura 132 muestra los precios que se tomaron en cuenta para los componentes de la mezcla de gasolina en el modelo.

Figura 132: Precios de los componentes de la mezcla de gasolina utilizados en el modelo de optimización de 2019

	Precio (USD/gal)
MTBE FOB USG	1,9
Alquilado FOB USGC barcaza	1,8
Reformado FOB USGC barcaza	1,8
Butano normal	0,7
Gasolina catalítica C5-400	1,6
Nafta de coquización	1,1
Isobutano	0,8
Isomerado C5	1,6
Pentano normal	0,7
Gasolina RBOB 83.7 USGC Houston prompt pipeline	1,6
Gasolina RBOB 91.3 USGC Houston prompt pipeline	1,7

Fuente: HCX

Con la herramienta de optimización de Excel, Solver, se evalúan múltiples combinaciones de componentes y se comparan los resultados de las ecuaciones con las propiedades de la gasolina terminada.

Después de múltiples iteraciones, el modelo obtuvo el % v/v de los componentes a ser mezclados con etanol, que cumplían todas las restricciones de calidad y de precio.

Los componentes de la mezcla utilizados en el modelo son principalmente reformado, gasolina catalítica, isobutano, Isomerado, Alquilado y etanol. No obstante, como se muestra en la [Sección 1](#), hay algunos países (es decir, Argentina, Ecuador, México, Perú) que producen otros componentes de la mezcla. En la figura 133 se definen los componentes de la mezcla incluidos en el modelo y otros componentes menores producidos en las refinerías de Latinoamérica, de acuerdo con los puntos de destilación. Es posible sustituir componentes con características similares en el proceso de mezclado de componentes para la producción de gasolina.

Figura 133: Comparación de los componentes de la mezcla de gasolina según los puntos de destilación

Componentes de la mezcla de gasolina	Definición
Reformado	La combinación compleja de hidrocarburos que se obtienen en un proceso hidrorrefinador-powerformer y con un rango de ebullición aproximado de 27°C a 210°C (de 80°F a 410°F)
Componentes de la mezcla de alto octanaje	Combinación compleja de alto octanaje de los hidrocarburos que se obtienen por la deshidrogenación catalítica de una nafta nafténica. Consiste predominantemente de aromáticos y no aromáticos que tienen números de carbono en su mayoría en el rango de C5 a C11 y con un rango de ebullición aproximado de 45°C a 185°C (113°F a 365°F)
Gasolina de hidrocraqueo	Combinación compleja de hidrocarburos a partir de la destilación de productos de un proceso de hidrocraqueo. Consiste predominantemente de hidrocarburos saturados que tienen números de carbono en su mayoría en el rango de C4 a C10 y con un rango de ebullición aproximado de -20°C a 180°C (-4°F a 356°F)
Gasolina catalítica	Combinación compleja de hidrocarburos producidos a partir de la destilación de productos de un proceso de reformado catalítico. Consiste primordialmente de hidrocarburos aromáticos que tienen números de carbono en su mayoría en el rango de C7 a C12 y con un rango de ebullición aproximado de 90°C a 230°C (194°F a 446°F)
Alquilado (ligero)	Combinación compleja de hidrocarburos producidos a partir de la destilación de los productos de la reacción de isobutano con hidrocarburos monoolefínicos que por lo general van en números de carbono de C3 a C5. Consiste predominantemente de hidrocarburos saturados de cadena ramificada con números de carbono en el rango de C7 a C10 y con un rango de ebullición aproximado de 90°C a 160°C (194°F a 320°F)
Isomerado	Combinación compleja de hidrocarburos obtenidos a partir de la isomerización catalítica de hidrocarburos parafínicos de C4 a C6 de cadena lineal. Consiste predominantemente de hidrocarburos saturados como isobutano, isopentano, 2,2 dimetilbutano, 2-metilpentano y 3-metilpentano. El rango de ebullición es de aproximadamente de 40°C a 140°C (104°F a 284°F)
Isobutano	Compuesto incluido en el Isomerado
Nafta primaria nacional	Oleoproductos refinados, parcialmente refinados o sin refinar producidos por la destilación de gas natural. Consiste en hidrocarburos que tienen números de carbono predominantemente en el rango de C5 a C6 y con un rango de ebullición aproximado de 100°C a 200°C (212°F a 392°F)
Nafta de coquización	Combinación compleja de hidrocarburos que se obtienen mediante el fraccionamiento de destilado de coque hidrodesulfurado. Consiste predominantemente de hidrocarburos que tienen números de carbono en su mayoría en el rango de C5 a C11 y con un rango de ebullición aproximado de 23°C a 196°C (73°F a 385°F)

Fuente: CONCAWE, *Petroleum Substances Inventory*

En países que importan bastante gasolina, la combinación de los componentes de la mezcla es un promedio de productos fabricados nacionalmente y componentes que por lo general se importan.

En países netamente importadores, la combinación de los componentes de la mezcla es similar a la composición de las gasolinas convencionales producidas en EE. UU., dado que es el principal exportador de gasolina de la región.

Aspectos económicos de la optimización de componentes de la mezcla

De acuerdo con el estudio [The Impact of Ethanol Blending on U.S. Gasoline Prices](#) llevado a cabo por el National Renewable Energy Laboratory de EE. UU. en 2008, la mezcla de etanol en EE. UU. mantenía los precios de la gasolina al menudeo unos 17 centavos por galón menos que lo que serían sin etanol.

Otro [estudio](#) de la Universidad de California, 'Cost Benefit Analysis of MTBE and Alternative Gasoline Formulations', concluye que el costo de usar MTBE compensa los beneficios, si se toman en cuenta las políticas de calidad del aire y del agua. Hay alternativas de formulaciones de la gasolina que logran los beneficios de la calidad del aire de CaRFG2 sin los riesgos adicionales a los recursos hídricos de California ni los costos del tratamiento del agua. La política californiana de gasolina, CaRFG2, mezclada con etanol tiene un costo neto para lograr los beneficios en la calidad del aire. CaRFG2 con MTBE tiene el costo neto más alto de lograr los beneficios en la calidad del aire. Los factores de costo más importantes del MTBE son el costo del tratamiento del agua a fin de evitar daños a la salud humana, el aumento del costo directo y la posible pérdida de valor de la navegación recreativa.

Puntos clave

La mezcla de componentes optimizados de los países con refinerías sencillas se compone principalmente de gasolina reformada, catalítica e Isomerado. En el caso de los países con refinerías más complejas o con grandes importaciones, la combinación de los componentes de la mezcla es reformado, gasolina catalítica, Isomerado, isobutano y Alquilado, en distintas proporciones.

Por lo general, la adición de etanol reduce la gasolina catalítica antes del reformado. Esto se debe a que sus precios son similares (el reformado es un poco más caro que la gasolina catalítica), pero el reformado tiene mayor octanaje, lo que representa una ventaja en la combinación de los componentes de la mezcla.

La adición de etanol en la combinación optimizada de los componentes de la mezcla provoca que se usen cortes más baratos, ya que el etanol aumenta el octanaje y no contiene azufre ni hidrocarburos. Además, hay una menor necesidad de añadir Alquilado, que es uno de los componentes de la mezcla más caros, y su proceso de producción (la unidad de alquilación) se encuentra con menor frecuencia en las refinerías que el reformado o las unidades FCC. Como se constata en varios países, el Alquilado es el componente de la mezcla que sale de la mezcla al añadir etanol.

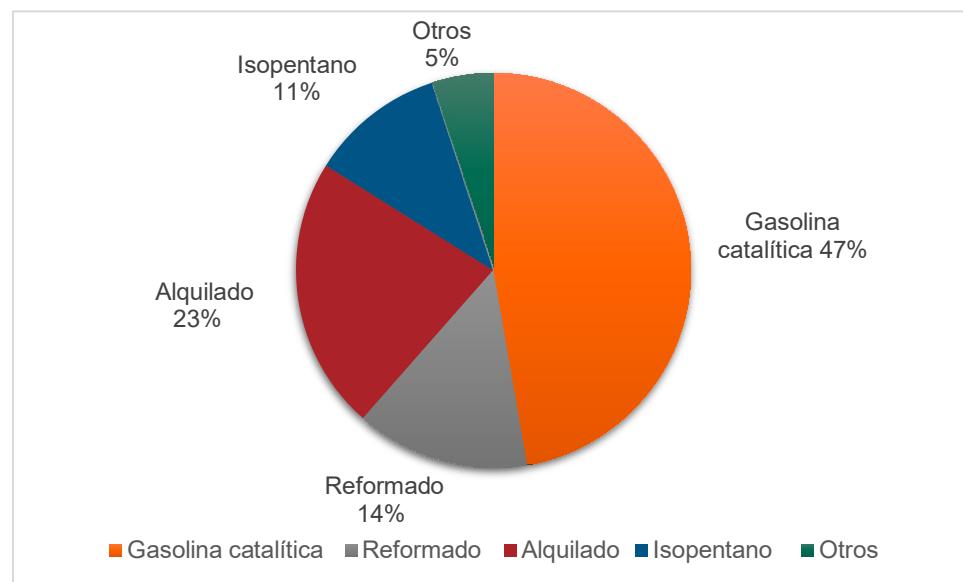
En los países en los que no se utiliza etanol y el principal componente de la mezcla para aumentar octanaje es el MTBE, éste último puede sustituirse por etanol si se controla la PVR más allá de las especificaciones. Si los datos de la calidad real de la PVR están muy por debajo de los límites reglamentarios, es factible dicha sustitución.

Costa Rica

En la figura 143 se muestra la combinación optimizada de los componentes de la mezcla para la producción de gasolina, así como la combinación optimizada si se añade etanol a los grados E10, E15, E20, E25 y E30.

Se compara con la combinación de los componentes de la mezcla de gasolina de Costa Rica, que se muestra a continuación.

Figura 142: Componentes de la mezcla de gasolina producida en Costa Rica

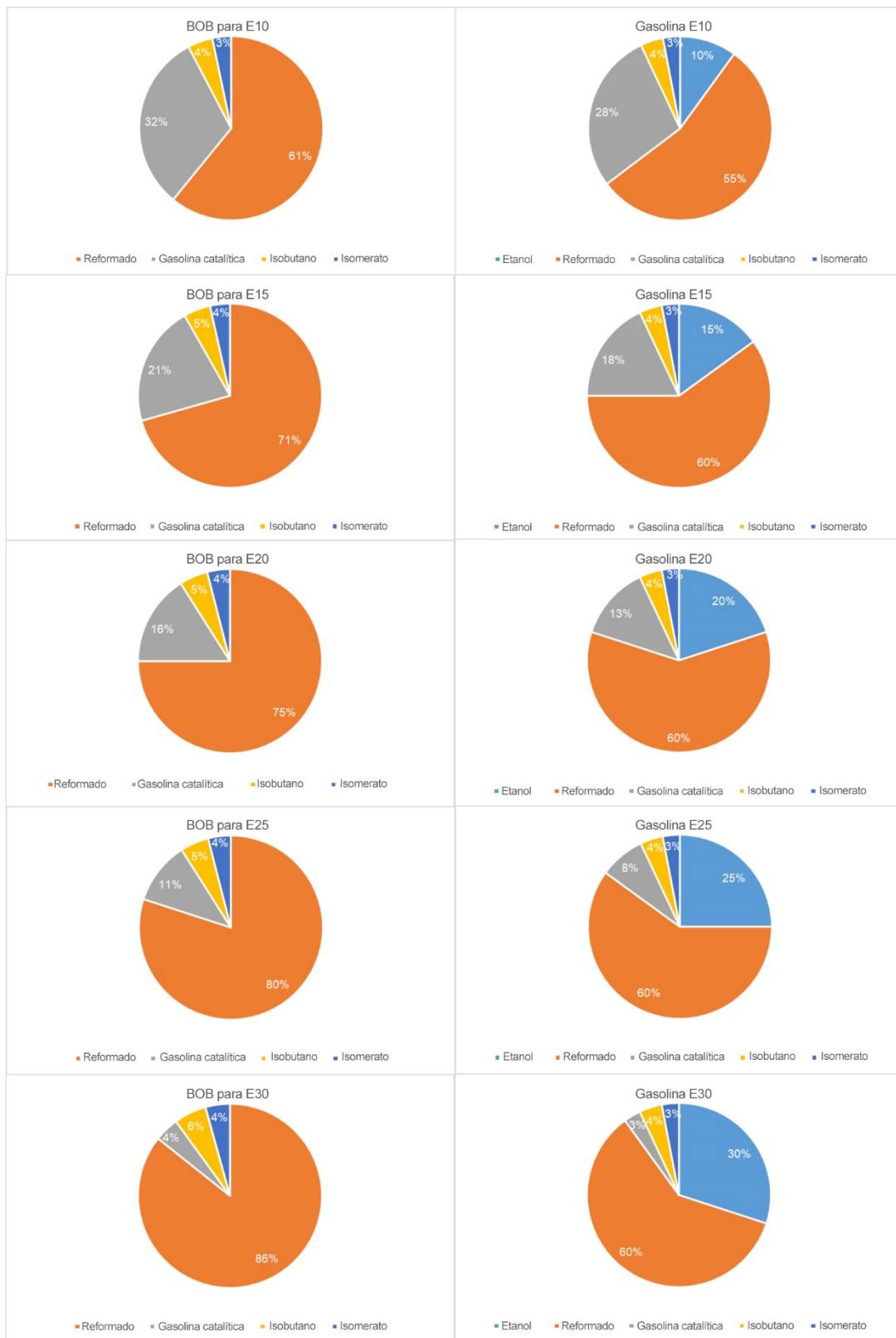


Fuente: Compilación de SGS INSPIRE

La combinación optimizada de los componentes de la mezcla es muy parecida a la [combinación de los componentes de la mezcla](#) actual de Costa Rica . De acuerdo con la combinación optimizada, la gasolina catalítica es el producto que más se usa actualmente, aunque el reformado es el componente de mezcla que más se usa. El isobutano e Isomerado están presentes en pequeñas cantidades.

La adición de etanol implicaría la reducción de la necesidad de agregar productos refinados más caros a la combinación de los componentes de gasolina, en particular el Alquilado. Como se puede ver a continuación, el modelo elimina los Alquilados en la combinación optimizada. Tanto la gasolina catalítica como el reformado se reducen cuando se añade etanol, porque son los componentes predominantes en la mezcla de gasolina.

Figura 143: Combinación de los componentes de la mezcla de mezclas de etanol y composición final de los grados de etanol



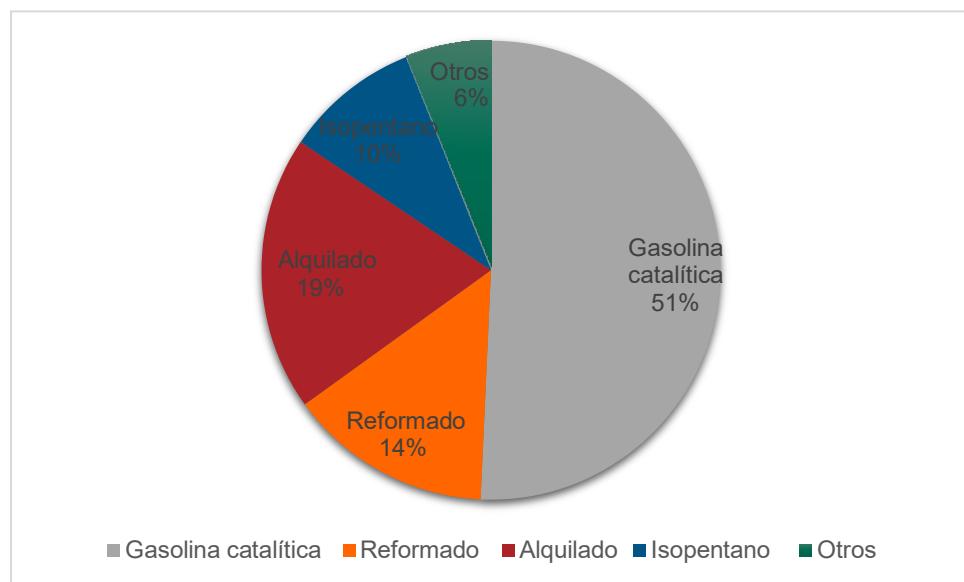
Fuente: HCX

El Salvador

En la figura 149 se muestra la combinación optimizada de los componentes de la mezcla para la producción de gasolina, así como la combinación optimizada si se añade etanol a los grados E10, E15, E20, E25 y E30.

Esto se compara con la combinación de los componentes de la mezcla de gasolina, que se muestra a continuación.

Figura 148: Componentes de la mezcla de gasolina producida en El Salvador



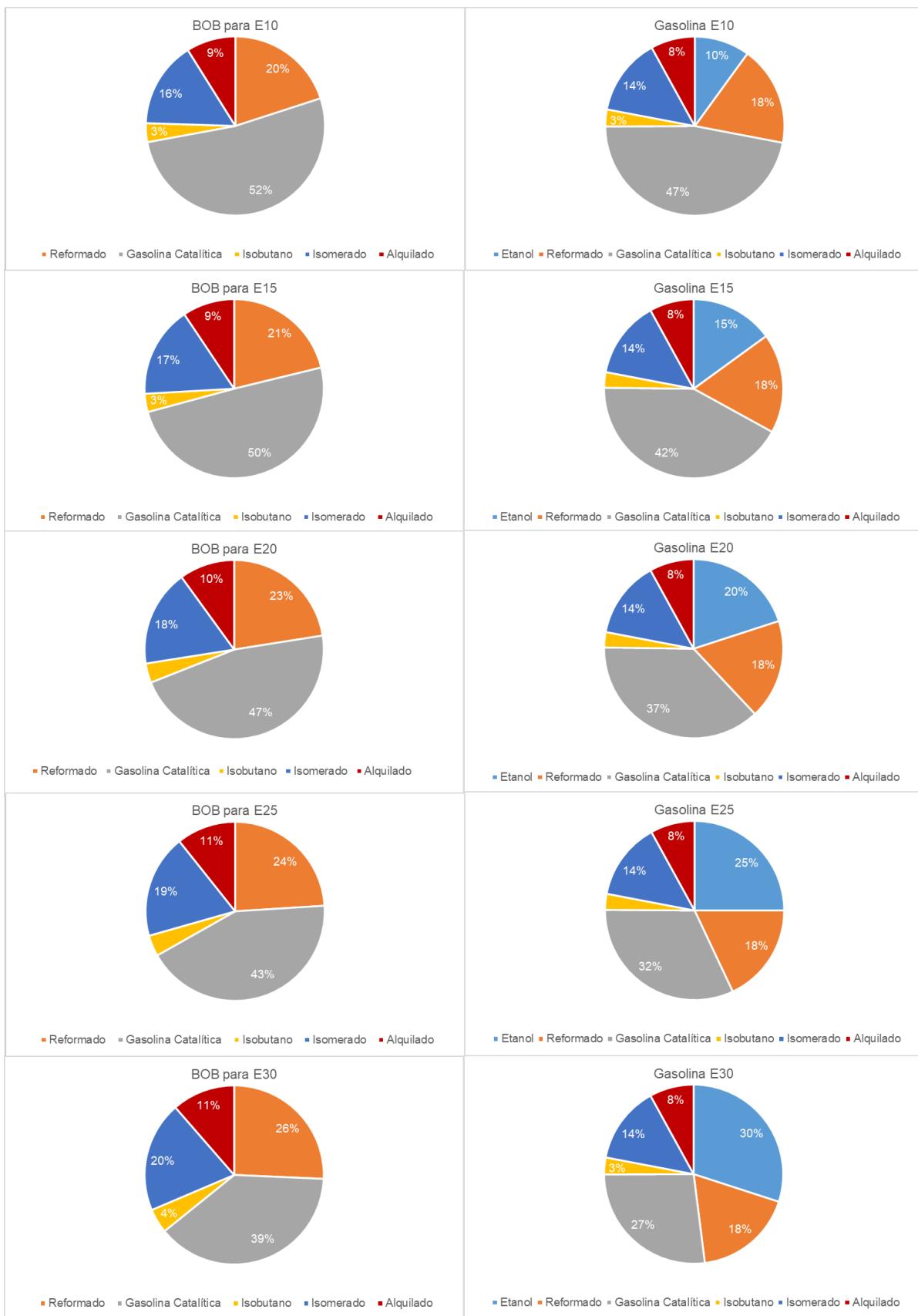
Fuente: Compilación de SGS INSPIRE

La combinación optimizada de los componentes de la mezcla salvadoreña que se muestra a continuación es más compleja que la [mezcla de gasolina actual](#). Como el resto de los países centroamericanos, la gasolina en El Salvador está conformada por gasolina catalítica, reformado y pequeñas cantidades de Isomerado e isobutano.

Según el modelo de optimización, el aumento de contenido de etanol en la gasolina salvadoreña implicaría en su mayoría la reducción de gasolina catalítica, como sucede en otros países del mundo. Esto se debe a que su precio, disponibilidad y octanaje son más bajos al del reformado. Además, el modelo reduce los Alquilados en la mezcla de optimización.

Dado que la gasolina importada por El Salvador proviene principalmente de EE. UU., la adición de 10% v/v no debiera ser problema, ya que esta es la mezcla que se usa con mayor frecuencia en dicho país.

Figura 149: Combinación de los componentes de la mezcla de mezclas de etanol y composición final de los grados de etanol



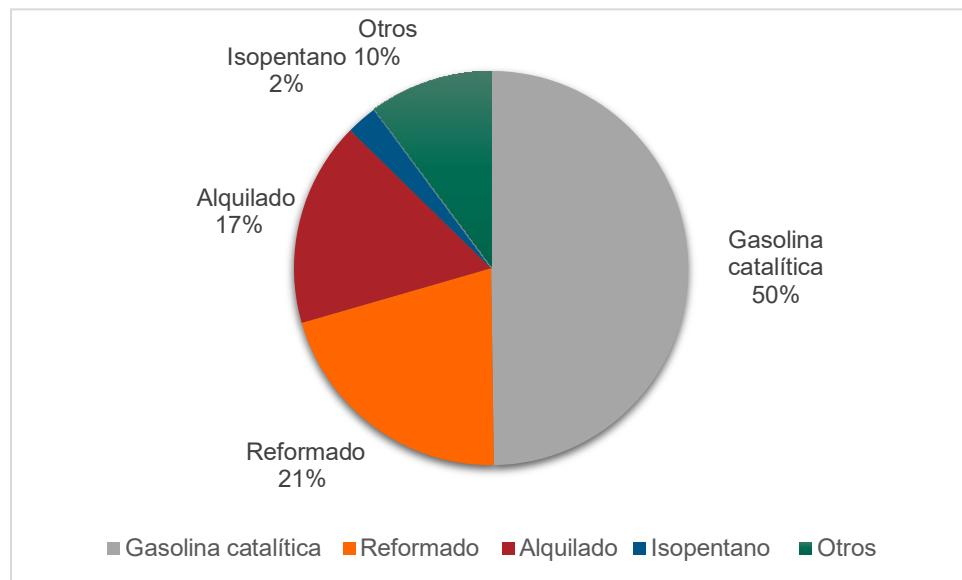
Fuente: HCX

Guatemala

En la figura 151 se muestra la combinación optimizada de los componentes de la mezcla para la producción de gasolina, así como la combinación optimizada si se añade etanol a los grados E10, E15, E20, E25 y E30.

Esto se compara con la combinación de los componentes de la mezcla de gasolina, que se muestra a continuación.

Figura 150: Componentes de la mezcla de gasolina producida en Guatemala



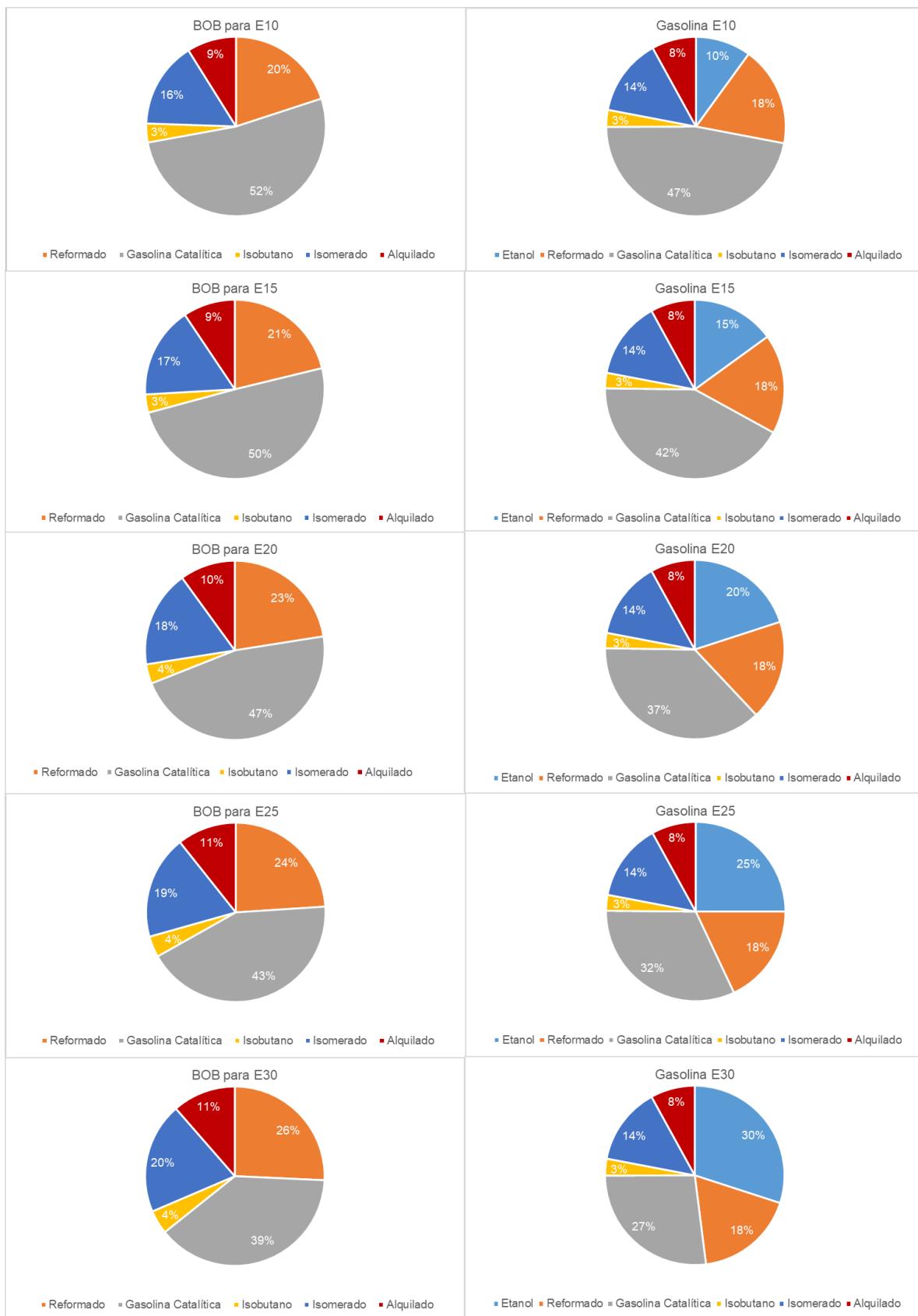
Fuente: Compilación de SGS INSPIRE

La combinación optimizada de los componentes de la mezcla de Guatemala es más compleja que la [mezcla de gasolina actual](#). Como el resto de los países centroamericanos, la gasolina en El Salvador está conformada por gasolina catalítica, reformado y pequeñas cantidades de Isomerado e isobutano.

Según el modelo de optimización, el aumento de contenido de etanol en la gasolina guatemalteca implicaría en su mayoría la reducción de gasolina catalítica, como sucede en otros países del mundo. Esto se debe a que su precio, disponibilidad y octanaje son más bajos al del reformado. Además, el modelo reduce los Alquilados en la mezcla de optimización.

Dado que la gasolina importada por Guatemala proviene principalmente de EE. UU., la adición de 10% v/v no debiera ser problema, ya que esta es la mezcla que se usa con mayor frecuencia en dicho país.

Figura 151: Combinación de los componentes de la mezcla de mezclas de etanol y composición final de los grados de etanol



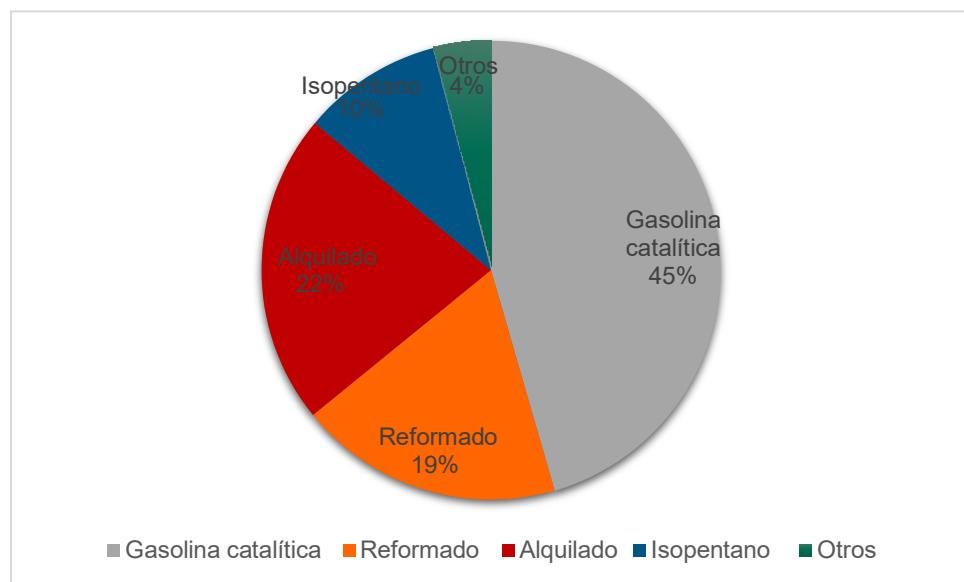
Fuente: HCX

Honduras

En la figura 153 se muestra la combinación optimizada de los componentes de la mezcla para la producción de gasolina, así como la combinación optimizada si se añade etanol a los grados E10, E15, E20, E25 y E30.

Esto también se compara con la combinación de los componentes de la mezcla de gasolina, que se muestra a continuación.

Figura 152: Componentes de la mezcla de gasolina producida en Honduras



Fuente: Compilación de SGS INSPIRE

La situación de Honduras es muy similar a la de Guatemala. La combinación optimizada de los componentes de la mezcla de Honduras es más compleja que la actual. Como el resto de los países centroamericanos, la gasolina en Honduras está conformada por gasolina catalítica, reformado y pequeñas cantidades de isomerado e isobutano.

Según el modelo de optimización, el aumento de contenido de etanol en la gasolina hondureña implicaría en su mayoría la reducción de gasolina catalítica, como sucede en otros países del mundo. Esto se debe a que su precio, disponibilidad y octanaje son más bajos al del reformado. Además, el modelo reduce los Alquilados en la mezcla de optimización.

Dado que la gasolina importada por Honduras proviene principalmente de EE. UU., la adición de 10% v/v no debiera ser problema, ya que esta es la mezcla que se usa con mayor frecuencia en dicho país.

Figura 153: Combinación de los componentes de la mezcla de mezclas de etanol y composición final de los grados de etanol



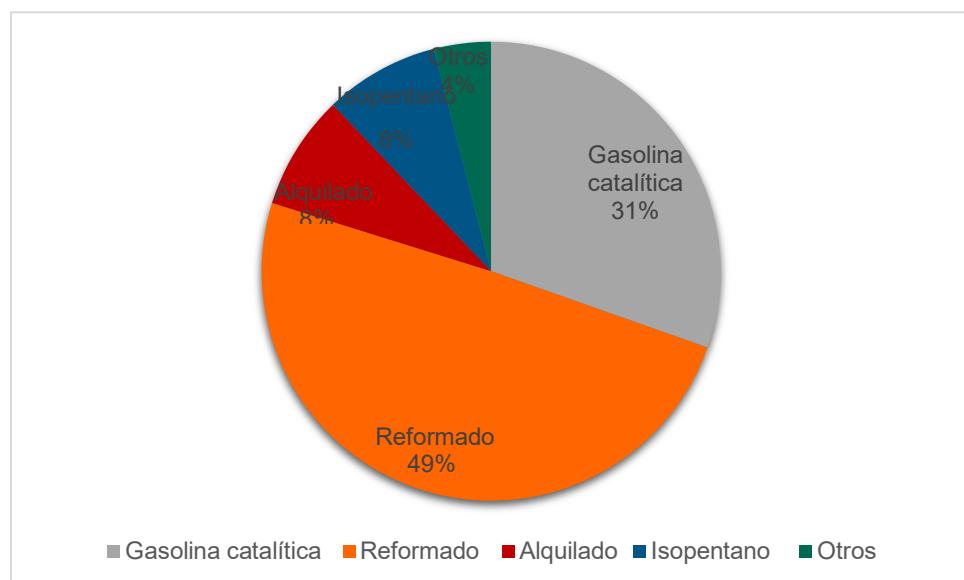
Fuente: HCX

Nicaragua

En la figura 159 se muestra la combinación optimizada de los componentes de la mezcla para la producción de gasolina, así como la combinación optimizada si se añade etanol a los grados E10, E15, E20, E25 y E30.

Se compara con la combinación de los componentes de la mezcla de gasolina como se muestra a continuación.

Figura 158: Componentes de la mezcla de gasolina producida en Nicaragua



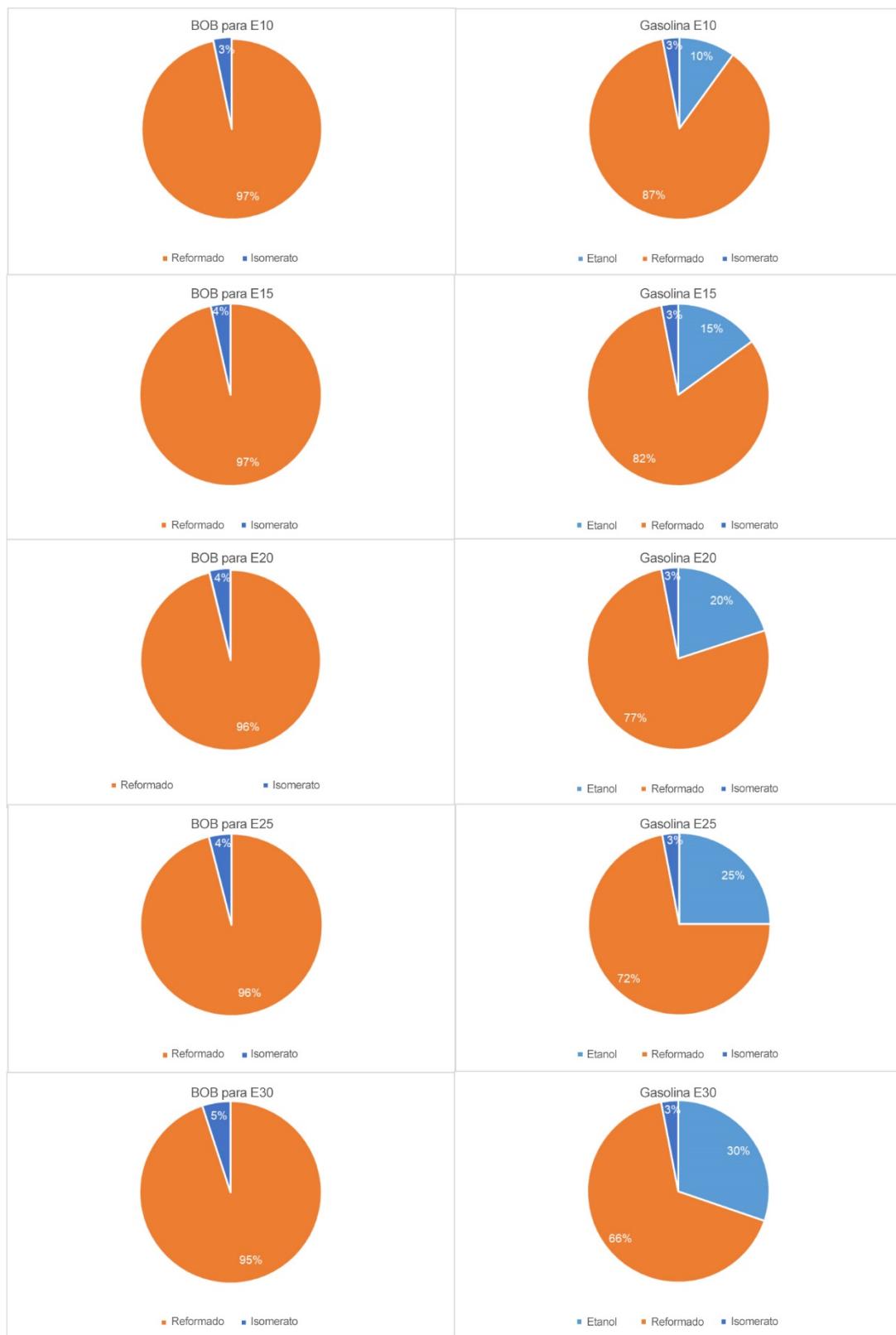
Fuente: Compilación de SGS INSPIRE

La diferencia de la combinación de los componentes de la mezcla actuales para la producción de gasolina (que [aquí](#) se muestra) en comparación con la combinación optimizada que se muestra a continuación es significativa. Sin embargo, esto se debe a que la combinación de los componentes de la mezcla se calculó tomando en cuenta las importaciones de gasolina. En la combinación, el reformado y la gasolina catalítica son los componentes de la mezcla que mayormente se incluyen en la gasolina que se usa en Nicaragua, mientras que la combinación optimizada indica reformado y pequeñas cantidades de Isomerado, ya que el reformado es lo que más se produce en la refinería. El modelo elimina Alquilados en la mezcla de optimización.

El promedio de componentes de la mezcla en Nicaragua es más sencillo que en otros países centroamericanos, ya que es menor la proporción de importaciones de EE. UU. que en los países vecinos y la producción nacional cubre el 30% de la demanda de gasolina.

El aumento del contenido de etanol en la combinación de los componentes de la mezcla ayuda a reducir el azufre y a aumentar el octanaje. También implicaría la reducción de reformado. Esto significaría que la adición de etanol en la gasolina de Nicaragua ayudaría a reducir la necesidad de incluir compuestos de alto octanaje que se producen en refinerías más complejas y normalmente son más caros.

Figura 159: Combinación de los componentes de la mezcla de mezclas de etanol y composición final de los grados de etanol



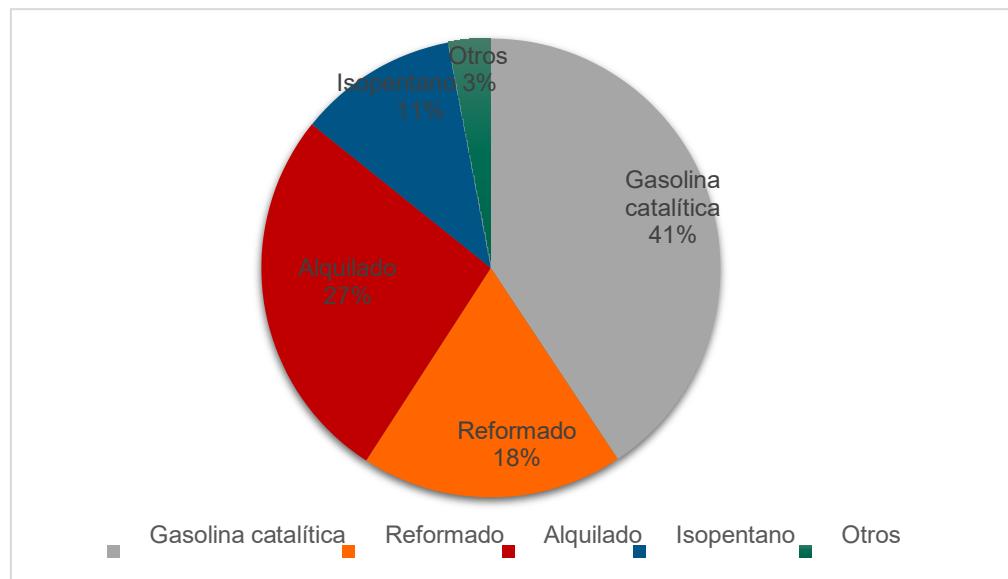
Fuente: HCX

Panamá

En la figura 161 se muestra la combinación optimizada de los componentes de la mezcla para la producción de gasolina, así como la combinación optimizada si se añade etanol a los grados E10, E15, E20, E25 y E30.

Se compara con la combinación de los componentes de la mezcla de gasolina como se muestra a continuación.

Figura 160: Componentes de la mezcla de gasolina producida en Panamá



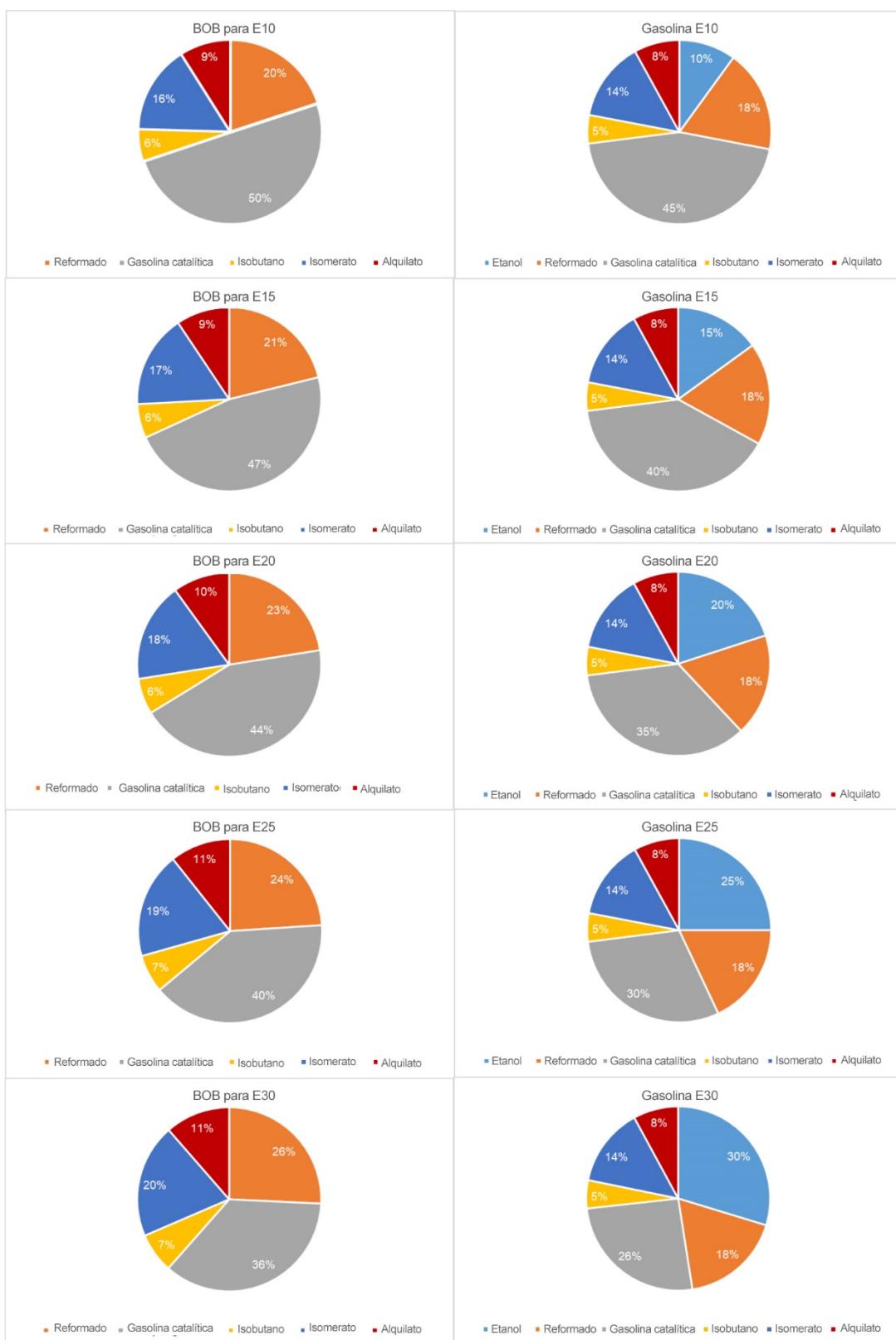
Fuente: Compilación de SGS INSPIRE

La situación de Panamá es muy similar a la de otros países centroamericanos que importan gasolina de EE. UU. Como el resto de los países centroamericanos, la [gasolina en Panamá](#) está conformada por gasolina catalítica, reformado y pequeñas cantidades de Alquilado, Isomerado e isobutano.

Según el modelo de optimización, el aumento de contenido de etanol en la gasolina panameña implicaría en su mayoría la reducción de gasolina catalítica, como sucede en otros países del mundo. Esto se debe a que su precio, disponibilidad y octanaje son más bajos al del reformado. Además, el modelo reduce los Alquilados en la mezcla de optimización.

Dado que la gasolina importada por Panamá proviene principalmente de EE. UU., la adición de 10% v/v no debiera ser un problema ya que esta es la mezcla que se usa con mayor frecuencia en dicho país.

Figura 161: Combinación de los componentes de la mezcla de mezclas de etanol y composición final de los grados de etanol



Fuente: HCX

SECCIÓN 3: ANÁLISIS DEL IMPACTO POTENCIAL DE LA MEZCLA DE ETANOL EN LAS EMISIONES

SGS INSPIRE analizó el impacto potencial de mezclar etanol en la gasolina a distintos niveles (10%, 15%, 20%, 25% y 30%) en los parámetros de emisiones no reguladas: monóxido de carbono (CO), compuestos orgánicos volátiles (COV), compuestos orgánicos volátiles evaporativos (COV evap), óxidos de nitrógeno (NO_x), óxidos de azufre (SO_x), amoniaco (NH_3), plomo, butadieno, acetaldehídos, formaldehídos, benceno, dióxido de carbono (CO_2), óxido nitroso (N_2O), metano (CH_4), materia en partículas con diámetro menor a 10 micrómetros (PM10) y con diámetro menor a 2,5 micrómetros (PM2.5).

La contaminación del aire es la presencia de una o más sustancias en una concentración o duración por arriba de los niveles naturales, con el potencial de producir efectos adversos (Seinfeld y Pandis, 2006). La figura 166 resume los contaminantes del aire y las clases de contaminantes de interés, sus principales fuentes y su evaluación de acuerdo con el Centro Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer.

Figura 166: Contaminantes del aire, clases de contaminantes de interés y sus fuentes

Principales contaminantes del aire					
Contaminante / clase de contaminante	Ejemplos	Fuentes principales de la industria del petróleo	IARC cancerígenos*	Potencia relativa de riesgo de cáncer	Precursor de ozono
Oxidantes fotoquímicos	Ozono	A partir de NO_x , COV y CO	N/D		N/D
Dióxido de azufre (SO_2)	SO_2	Combustión de combustible fósil	N/D		
Monóxido de carbono (CO)	CO	Combustión de combustible fósil, oxidación de COV biogénicos emisiones	N/D		Sí
Óxidos de nitrógeno (NO_x)	NO_x	Procesos de combustión	N/D		Sí
Contaminantes peligrosos del aire (CPA)	Benceno, 1,3-butadieno, formaldehído, ácidos	Combustión incompleta, procesamiento químico, uso de solvente	Grupo 1	Benceno: 0,026 1,3-butadieno: 0,155 Formaldehído: 0,005	
Plomo (Pb)	Pb	Combustión de combustible con plomo, procesamiento del plomo	Grupo 2A		
PM, incluye PM2.5, PM10	Iones inorgánicos (es decir, sulfato); óxidos metálicos; material carbonoso	Combustión de combustibles fósiles y biomasa, emisiones biogénicas, conversión de gas a partícula	N/D		

Carbono orgánico (CO)	Hopanos, esteranos, hidrocarburos aromáticos policíclicos, levoglucosano	Combustión de combustibles fósiles y de biomasa, oxidación de compuestos orgánicos gaseosos	N/D		
Contaminantes secundarios del aire					
Amoniaco (NH ₃)	NH ₃	Descomposición de materia orgánica de desperdicio, escape de gas	N/D		
Emisiones de gases de efecto invernadero	Monóxido de carbono (CO ₂), metano (CH ₄), óxido nitroso (N ₂ O) y gases fluorinados	Quema de combustibles fósiles como carbón, petróleo y gas natural	N/D		Sí
Acetaldehídos	CH ₃ CHO	Puede estar formado por la descomposición del etanol	Grupo B2	0,002	

* Grupo 1: cancerígeno en humanos

Grupo 2A: posible cancerígeno en humanos

Grupo 2B: posible cancerígeno en humanos

Grupo 3: no clasificable como cancerígeno en humanos

Fuente: International Agency for Research on Cancer (IARC), U.S. Environmental Protection Agency (EPA), European Commission, The University of Illinois at Chicago, California Environmental Protection Agency

El modelo usado para este análisis es el [Modelo internacional de emisiones vehiculares \(IVE\)](#). El modelo es un modelo computarizado (JAVA) diseñado para calcular las emisiones de vehículos de motor (motocicletas, autos, camiones, autobuses) con distintas tecnologías y condiciones de manejo. Calcula las emisiones de contaminantes del criterio, contaminantes tóxicos y gases de efecto invernadero (GEI) tomando en cuenta las emisiones de escape y evaporativas.

El concepto de este modelo fue el de brindar a los países en desarrollo una herramienta rápida de cálculo de inventarios de emisiones de los vehículos en circulación. Debe desarrollar cálculos de las emisiones enfocados en el control de emisiones, predecir cómo las diferentes estrategias afectarán las emisiones locales y con el tiempo, medir el avance en la reducción de emisiones. Se ha usado para generar inventarios de emisiones vehiculares en Buenos Aires, Bogotá, Sao Paulo, Lima, Santiago de Chile, México, entre otras.

Fue desarrollado por la Universidad de California en Riverside, el Colegio de Ingeniería del Environmental Research and Technology Center, el International Center for Research on Sustainable Systems y la Research in Sustainable Global Systems Company, con financiamiento de la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA).

El modelo IVE permite crear, agregar y manipular archivos nuevos de datos en su interior o importarlos desde otro software. Es posible cambiar directamente la ubicación y características del combustible para ajustar las tasas de emisión de la región analizada. También incorpora los patrones de conducción, lo cual permite corregir emisiones de acuerdo con los hábitos de manejo locales.

SGS INSPIRE recolectó información de la flota por tipo de vehículo y combustible de cada país. El modelo utiliza tasas de emisión con base en la tecnología vehicular (autos, camionetas, camiones, autobuses, motocicletas), antigüedad promedio de la flota vehicular, distancia promedio manejada por tipo de vehículo por país, así como condiciones geográficas y climáticas (altitud, humedad, temperatura).

Metodología del modelo de emisiones

La base del proceso de predicción de emisiones del modelo IVE es aplicar una tasas de emisión base con una serie de factor de corrección para calcular la cantidad de contaminantes de una gran variedad de tipos de vehículos. La bases de datos de factores de emisiones base, así como la de los ajustes de factores están a disposición para descargar. Estos factores se pueden ajustar para la región analizada y se pueden generar y manipular nuevos archivos de datos en el modelo IVE.

A continuación se muestran los resultados de cada país del estudio. Los resultados se representan por grado, a menos que los grados usen el mismo componente de la mezcla de gasolina (BOB), que muestre las mismas emisiones.

El modelado se hizo con los datos del SGS Worldwide Fuel Survey de la calidad real de la gasolina de los países en los que hay esta información, los mismos datos que se muestran en la [Sección 1](#). Para Nicaragua, República Dominicana y Jamaica, el modelo se realizó con las especificaciones actuales de gasolina, ya que no había datos de la calidad real.

Puntos clave

En la mayoría de los países, la adición de etanol disminuye las emisiones de CO, COV, NO_x, SO_x, NH₃, butadieno, formaldehídos, benceno, CO₂, N₂O, PM2.5 y PM10. En algunos países como Bolivia o Chile, no disminuyó la emisión de butadieno, pero es demasiado baja con respecto a otros países.

Las emisiones de los COV evaporativos y CH₄ siguen siendo constantes con la adición de etanol en todos los países del informe, porque no se encontró un factor de corrección que redujera las emisiones que pudiera funcionar.

Las emisiones de acetaldehídos aumentó solo a partir de E20, es decir, cuando se añade a la gasolina 20% v/v de etanol. Con 30% v/v de etanol mezclado en la gasolina, las emisiones de acetaldehído aumentan 10% a partir de la línea base o E0 (adición de 0% v/v de etanol). Este aumento es bajo comparado con la disminución del 62% de emisiones de benceno observada de E30 a E0 en todos los países. De acuerdo con la Agencia de Protección Ambiental (EPA) de EE. UU., los acetaldehídos tienen baja toxicidad aguda por inhalación y moderada por exposición oral o dérmica.

Las emisiones más altas de todas fueron de CO₂. Las emisiones de N₂O no disminuyen significativamente. Las emisiones de CO difieren en la región. Fueron altas en los países con flotas de vehículos viejos que no implementan emisiones vehiculares estrictas. En Ecuador, las emisiones de benceno fueron las únicas diferentes entre los dos grados de octanaje evaluados.

Al analizar la comparación de las emisiones de distintos grados de gasolina por octanaje se muestra que algunos países usan el mismo componente de mezcla para BOB y presentan las mismas emisiones, como Chile, Colombia o República Dominicana, otros usan un BOB muy similar, como Costa Rica y otros usan un BOB diferente, como es el caso de Argentina. En Argentina, las emisiones de COV evap, plomo, benceno, CO₂, N₂O, CH₄, PM2.5, PM10 son las mismas para ambos grados, mientras que las emisiones de CO, COV, NO_x, SO_x, NH₃, butadieno, acetaldehídos y formaldehídos disminuyen al aumentar el octanaje.

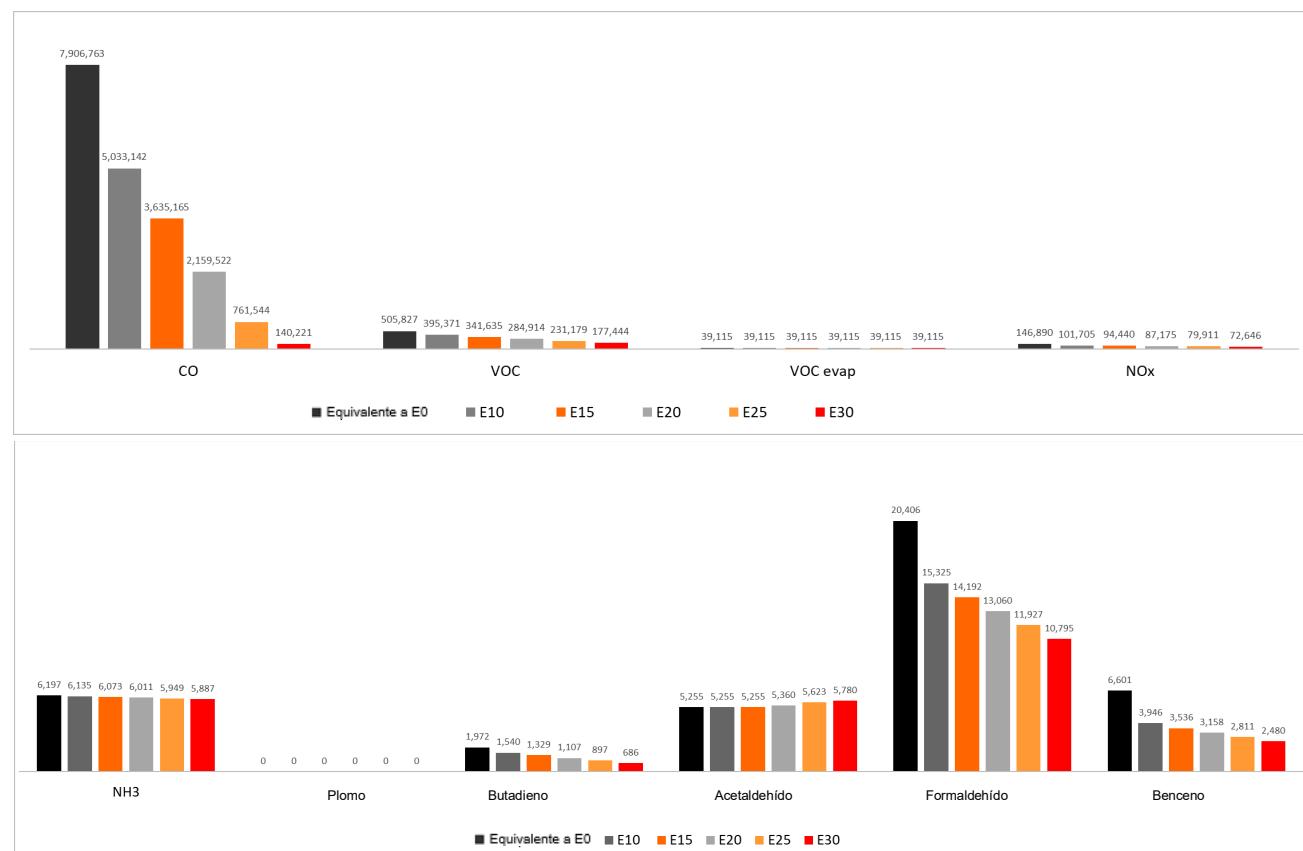
Costa Rica

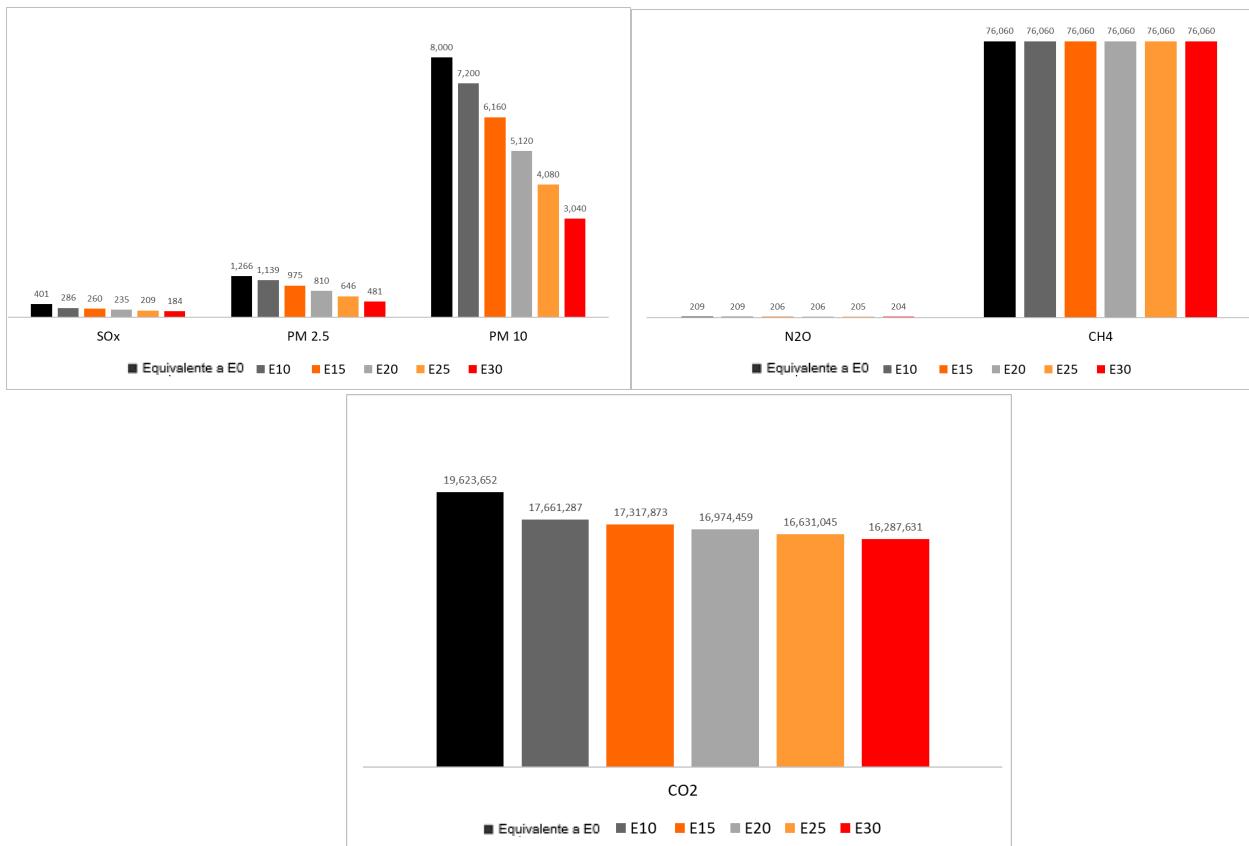
A continuación se describen las emisiones de los parámetros no regulados en kg por día.

Como se observó, las emisiones que disminuyeron con la adición de etanol en el grado regular RON 91 son CO, COV, NO_x, SO_x, NH₃, butadieno, formaldehídos, benceno, CO₂, N₂O, PM2.5 y PM10. Las emisiones de acetaldehídos aumentaron a partir de E20. Las emisiones de CO₂ son las más altas de todas.

Figura 173: Grado regular RON 91 de Costa Rica: emisiones de los parámetros no regulados por mezcla de etanol

kg por día	Equivalente a E0	E10	E15	E20	E25	E30
CO	7,906,763	5,033,142	3,635,165	2,159,522	761,544	140,221
COV	505,827	395,371	341,635	284,914	231,179	177,444
COV evap.	39,115	39,115	39,115	39,115	39,115	39,115
NOx	146,890	101,705	94,440	87,175	79,911	72,646
SOx	401	286	260	235	209	184
NH₃	6,197	6,135	6,073	6,011	5,949	5,887
Plomo	0	0	0	0	0	0
Butadieno	1,972	1,540	1,329	1,107	897	686
Acetaldehídos	5,255	5,255	5,255	5,360	5,623	5,780
Formaldehído	20,406	15,325	14,192	13,060	11,927	10,795
Benceno	6,601	3,946	3,536	3,158	2,811	2,480
CO₂	19,623,652	17,661,287	17,317,873	16,974,459	16,631,045	16,287,631
N₂O	209	209	206	206	205	204
CH₄	76,060	76,060	76,060	76,060	76,060	76,060
PM 2.5	1,266	1,139	975	810	646	481
PM 10	8,000	7,200	6,160	5,120	4,080	3,040





Fuente: HCX

Figura 174: Grado premium RON 95 de Costa Rica: emisiones de los parámetros no regulados por mezcla de etanol

kg por día	Equivalente a E0	E10	E15	E20	E25	E30
CO	7,906,500	5,032,880	3,634,902	2,159,259	761,282	139,958
COV	505,810	395,354	341,618	284,898	231,162	177,427
COV evap.	39,115	39,115	39,115	39,115	39,115	39,115
NOx	146,830	101,663	94,401	87,139	79,878	72,616
SOx	367	261	238	214	191	168
NH₃	6,191	6,129	6,067	6,005	5,943	5,881
Plomo	0	0	0	0	0	0
Butadieno	1,972	1,540	1,329	1,107	897	686
Acetaldehídos	5,255	5,255	5,255	5,360	5,622	5,780
Formaldehído	20,405	15,324	14,192	13,059	11,927	10,794
Benceno	5,400	3,228	2,892	2,583	2,299	2,029
CO₂	19,623,652	17,661,287	17,317,873	16,974,459	16,631,045	16,287,631
N₂O	207	207	205	205	204	203
CH₄	76,060	76,060	76,060	76,060	76,060	76,060
PM 2.5	1,266	1,139	975	810	646	481
PM 10	8,000	7,200	6,160	5,120	4,080	3,040

Al analizar la comparación de las emisiones de los grados regular y premium se muestra que todas las emisiones son muy similares, lo cual indica que usan un BOB muy similar.

Aquí no se incluirán gráficas ya que son muy similares a las obtenidas de la gasolina grado regular.

Fuente: HCX

El Salvador

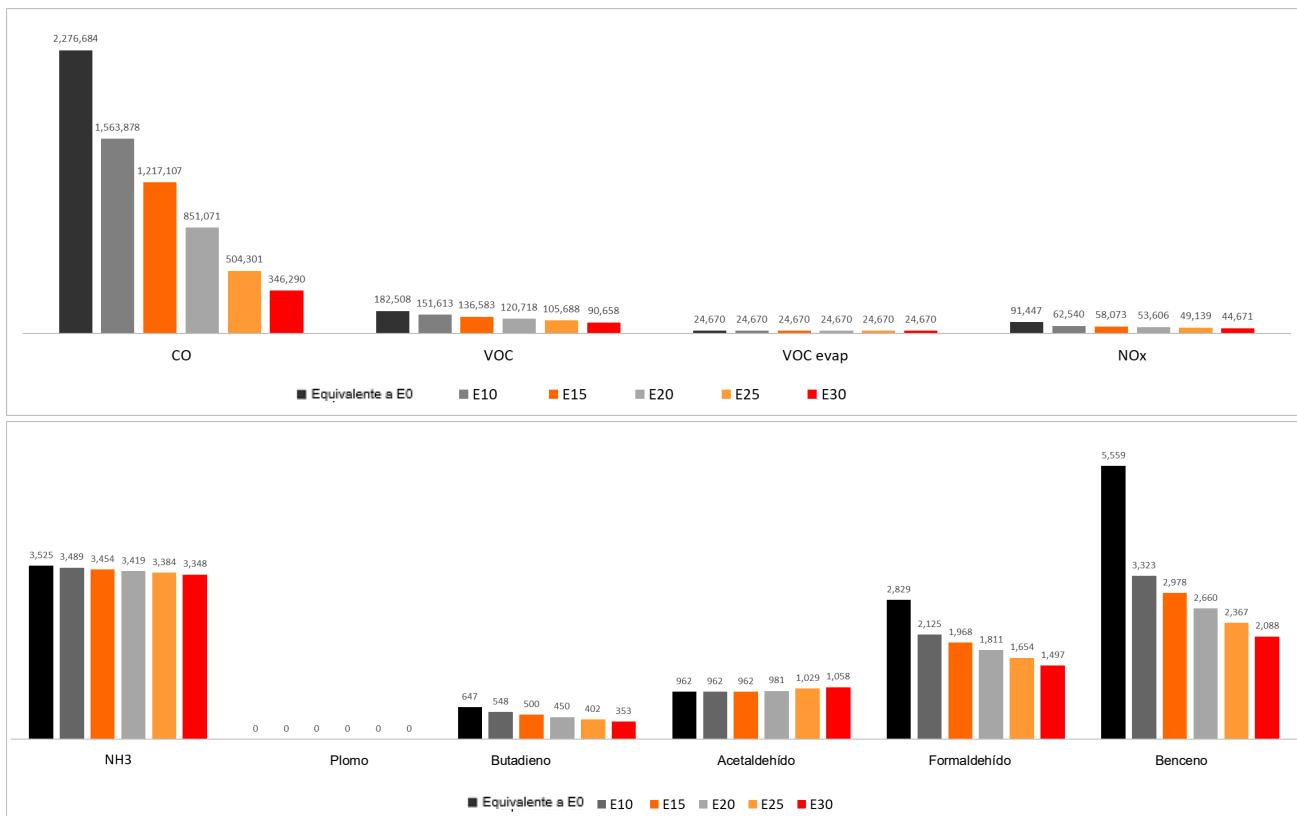
A continuación se describen las emisiones de los parámetros no regulados en kg por día.

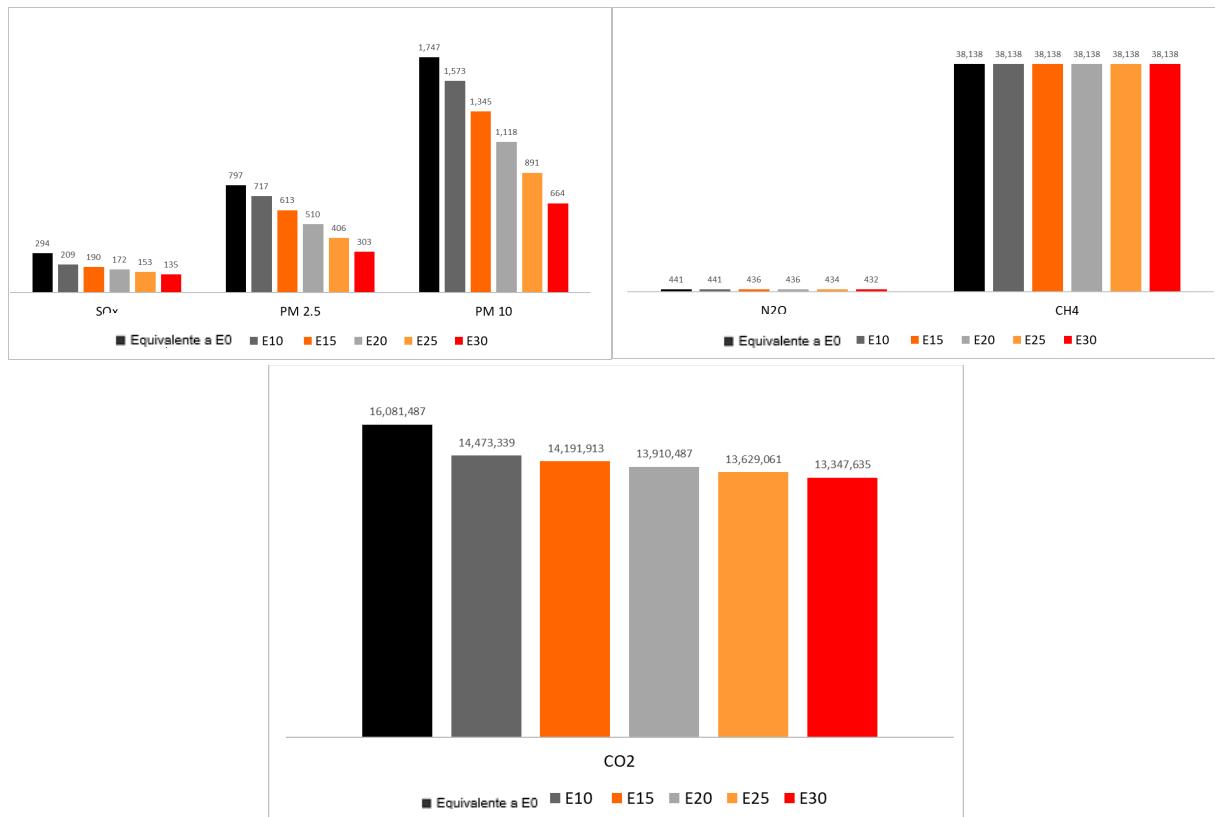
Como se observó, las emisiones que disminuyeron con la adición de etanol en los grados regular RON 88 y premium RON 95 son CO, COV, NO_x, SO_x, NH₃, butadieno, formaldehídos, benceno, CO₂, N₂O, PM2.5 y PM10. Las emisiones de acetaldehídos aumentaron a partir de E20.

Las emisiones de CO y CO₂ son bastante altas comparadas con otras emisiones.

Figura 178: Grado regular RON 88 de El Salvador: emisiones de los parámetros no regulados por mezcla de etanol

kg por día	Equivalente a E0	E10	E15	E20	E25	E30
CO	2,276,684	1,563,878	1,217,107	851,071	504,301	346,290
COV	182,508	151,613	136,583	120,718	105,688	90,658
COV evap.	24,670	24,670	24,670	24,670	24,670	24,670
NOx	91,447	62,540	58,073	53,606	49,139	44,671
SOx	294	209	190	172	153	135
NH₃	3,525	3,489	3,454	3,419	3,384	3,348
Plomo	0	0	0	0	0	0
Butadieno	647	548	500	450	402	353
Acetaldehídos	962	962	962	981	1,029	1,058
Formaldehído	2,829	2,125	1,968	1,811	1,654	1,497
Benceno	5,559	3,323	2,978	2,660	2,367	2,088
CO₂	16,081,487	14,473,339	14,191,913	13,910,487	13,629,061	13,347,635
N₂O	441	441	436	436	434	432
CH₄	38,138	38,138	38,138	38,138	38,138	38,138
PM 2.5	797	717	613	510	406	303
PM 10	1,747	1,573	1,345	1,118	891	664





Fuente: HCX

Figura 179: Premium RON 95 de El Salvador: emisiones de los parámetros no regulados por mezcla de etanol

kg por día	Equivalente a E0	E10	E15	E20	E25	E30
CO	2,275,096	1,562,348	1,215,606	849,601	502,858	344,876
COV	182,108	151,242	136,226	120,376	105,360	90,344
COV evap.	24,670	24,670	24,670	24,670	24,670	24,670
NO_x	91,355	62,479	58,016	53,553	49,091	44,628
SO_x	250	178	162	146	130	114
NH₃	3,512	3,477	3,442	3,407	3,372	3,337
Plomo	0	0	0	0	0	0
Butadieno	644	546	498	447	399	351
Acetaldehídos	958	958	958	978	1,026	1,054
Formaldehido	2,823	2,120	1,964	1,807	1,650	1,493
Benceno	4,572	2,733	2,449	2,187	1,947	1,717
CO₂	16,081,487	14,473,339	14,191,913	13,910,487	13,629,061	13,347,635
N₂O	426	426	422	422	420	418
CH₄	38,138	38,138	38,138	38,138	38,138	38,138
PM 2.5	797	717	613	510	406	303
PM 10	1,747	1,573	1,345	1,118	891	664

Aquí no se incluirán gráficas ya que son muy similares a las obtenidas de la gasolina grado regular.

Las emisiones de NO_x, NH₃, butadieno, acetaldehídos, formaldehídos, benceno y N₂O de la gasolina RON 88 disminuyeron y aumentaron las de CO en comparación con las de la gasolina RON 95. Sin embargo, la diferencia no es significativa.

Guatemala

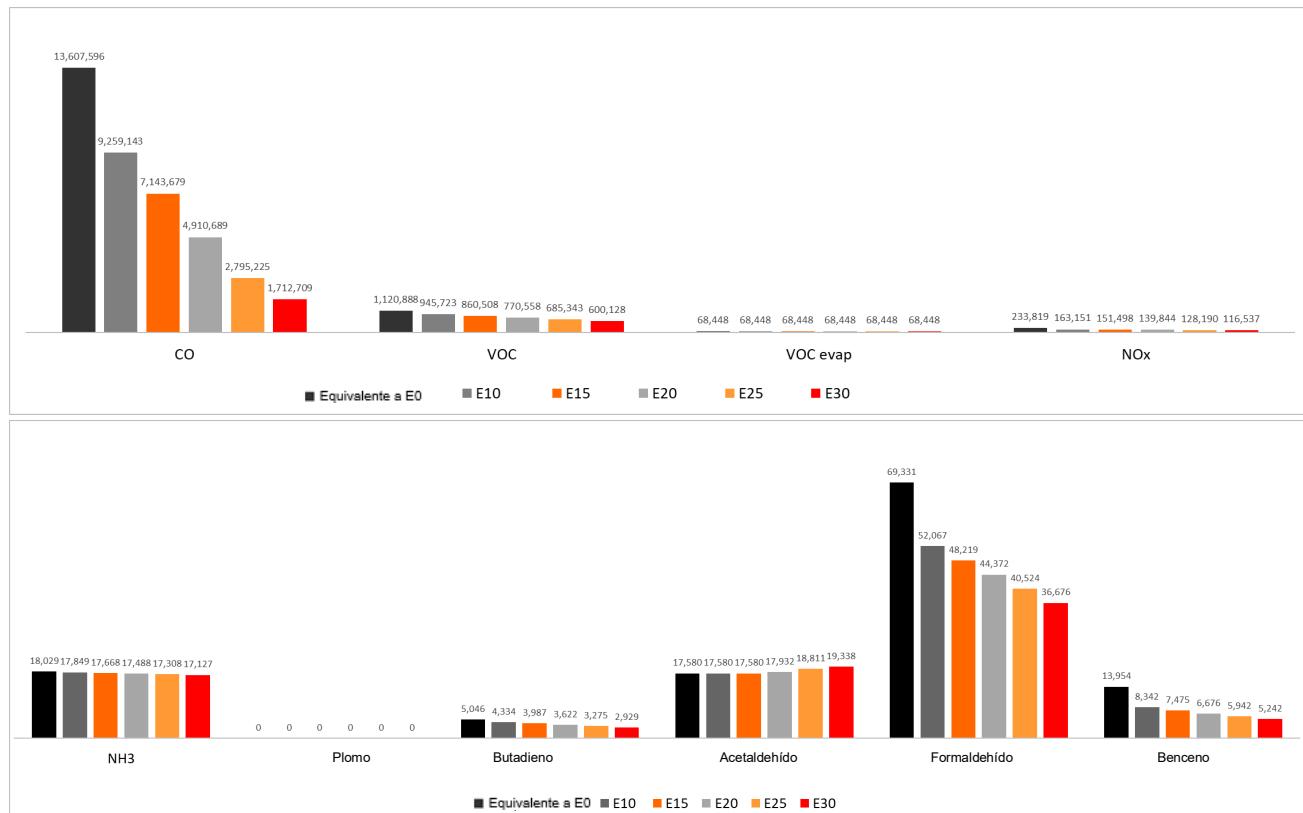
A continuación se describen las emisiones de los parámetros no regulados en kg por día.

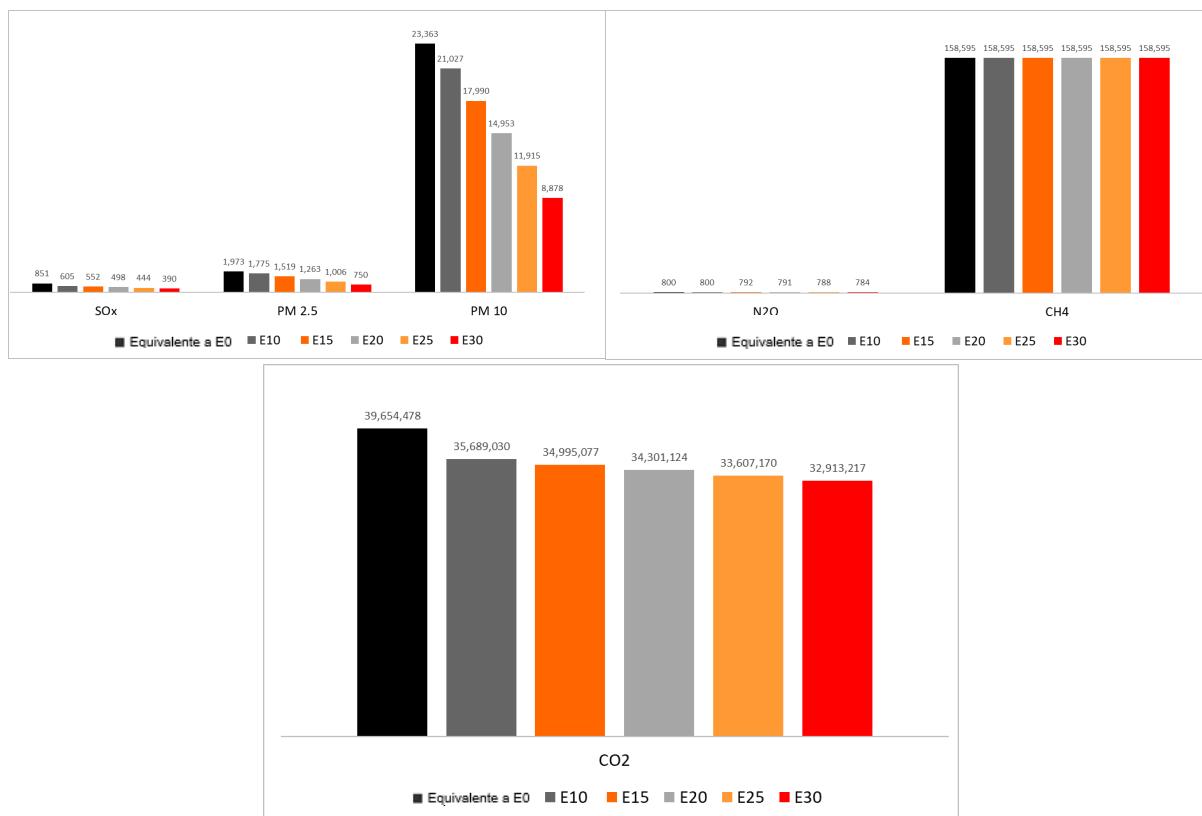
Como se observó, las emisiones que disminuyeron con la adición de etanol en los grados regular RON 91 y premium RON 95 son CO, COV, NO_x, SO_x, NH₃, butadieno, formaldehídos, benceno, CO₂, N₂O, PM2.5 y PM10. Las emisiones de acetaldehídos aumentaron a partir de E20.

Al analizar la comparación de las emisiones de los grados regular y premium, se muestra que las emisiones son diferentes, lo cual significa que el BOB utilizado en ambos grados es diferente.

Figura 180: Regular RON 91 de Guatemala: emisiones de los parámetros no regulados por mezcla de etanol

kg por día	Equivalente a E0	E10	E15	E20	E25	E30
CO	13,607,596	9,259,143	7,143,679	4,910,689	2,795,225	1,712,709
COV	1,120,888	945,723	860,508	770,558	685,343	600,128
COV evap.	68,448	68,448	68,448	68,448	68,448	68,448
NOx	233,819	163,151	151,498	139,844	128,190	116,537
SOx	851	605	552	498	444	390
NH₃	18,029	17,849	17,668	17,488	17,308	17,127
Plomo	0	0	0	0	0	0
Butadieno	5,046	4,334	3,987	3,622	3,275	2,929
Acetaldehídos	17,580	17,580	17,580	17,932	18,811	19,338
Formaldehído	69,331	52,067	48,219	44,372	40,524	36,676
Benceno	13,954	8,342	7,475	6,676	5,942	5,242
CO₂	39,654,478	35,689,030	34,995,077	34,301,124	33,607,170	32,913,217
N₂O	800	800	792	791	788	784
CH₄	158,595	158,595	158,595	158,595	158,595	158,595
PM 2.5	1,973	1,775	1,519	1,263	1,006	750
PM 10	23,363	21,027	17,990	14,953	11,915	8,878





Fuente: HCX

Figura 181: Premium RON 95 de Guatemala: emisiones de los parámetros no regulados por mezcla de etanol

kg por día	Equivalente a E0	E10	E15	E20	E25	E30
CO	13,606,477	9,258,053	7,142,603	4,909,628	2,794,178	1,711,675
COV	1,120,790	945,625	860,410	770,461	685,245	600,030
COV evap.	68,448	68,448	68,448	68,448	68,448	68,448
NO_x	233,644	163,031	151,386	139,741	128,096	116,451
SO_x	773	550	501	452	403	354
NH₃	18,013	17,833	17,653	17,472	17,292	17,112
Plomo	0	0	0	0	0	0
Butadieno	5,045	4,333	3,987	3,621	3,274	2,928
Acetaldehídos	17,579	17,579	17,579	17,931	18,810	19,337
Formaldehído	69,329	52,066	48,218	44,371	40,523	36,675
Benceno	18,456	11,032	9,886	8,830	7,859	6,933
CO₂	39,654,478	35,689,030	34,995,077	34,301,124	33,607,170	32,913,217
N₂O	785	785	778	777	774	770
CH₄	158,595	158,595	158,595	158,595	158,595	158,595
PM 2.5	1,973	1,775	1,519	1,263	1,006	750
PM 10	23,363	21,027	17,990	14,953	11,915	8,878

Fuente: HCX

Aquí no se incluirán gráficas ya que son muy similares a las obtenidas de la gasolina grado regular.

Las emisiones de CO, COV, NO_x, SO_x, NH₃, benceno, N₂O de la gasolina regular RON 91 disminuyeron en comparación con la premium RON 95. Las emisiones de benceno aumentaron. Sin embargo, la diferencia no es significativa.

Honduras

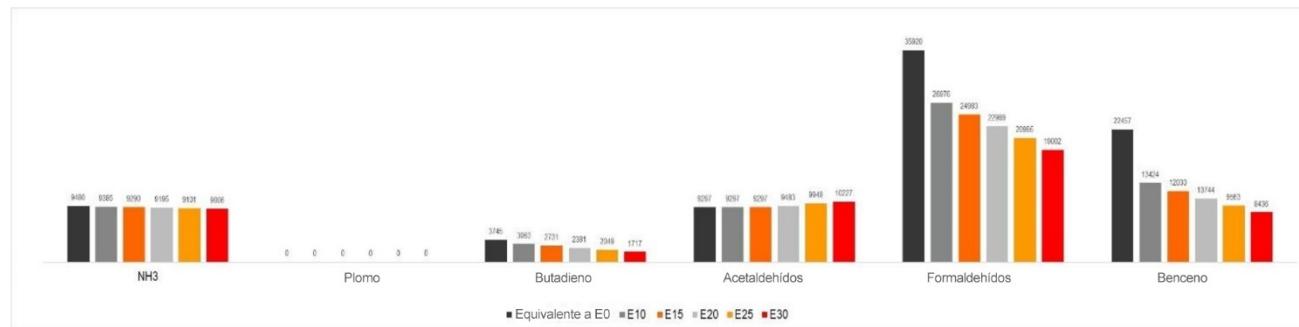
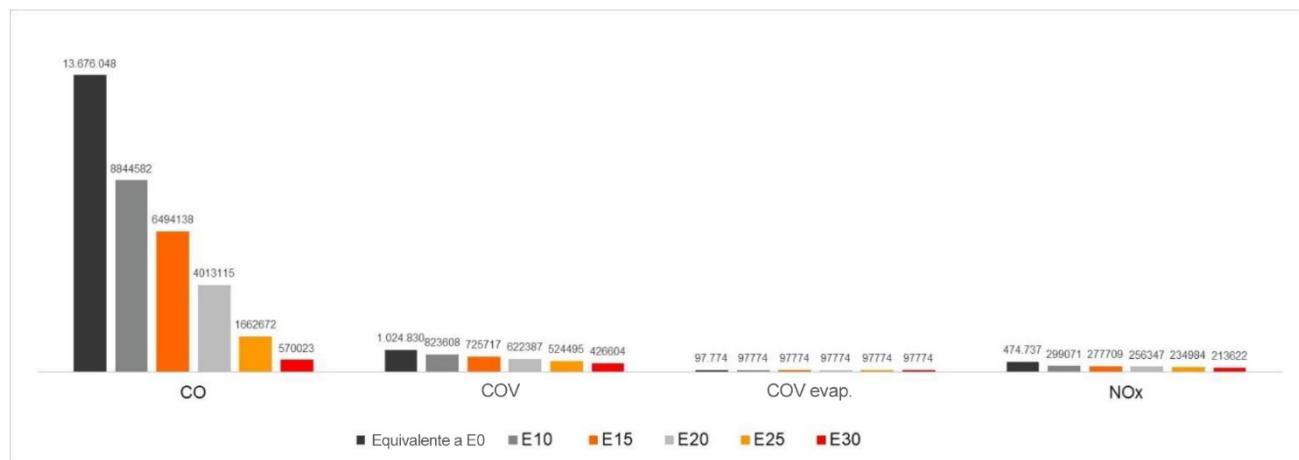
A continuación se describen las emisiones de los parámetros no regulados en kg por día.

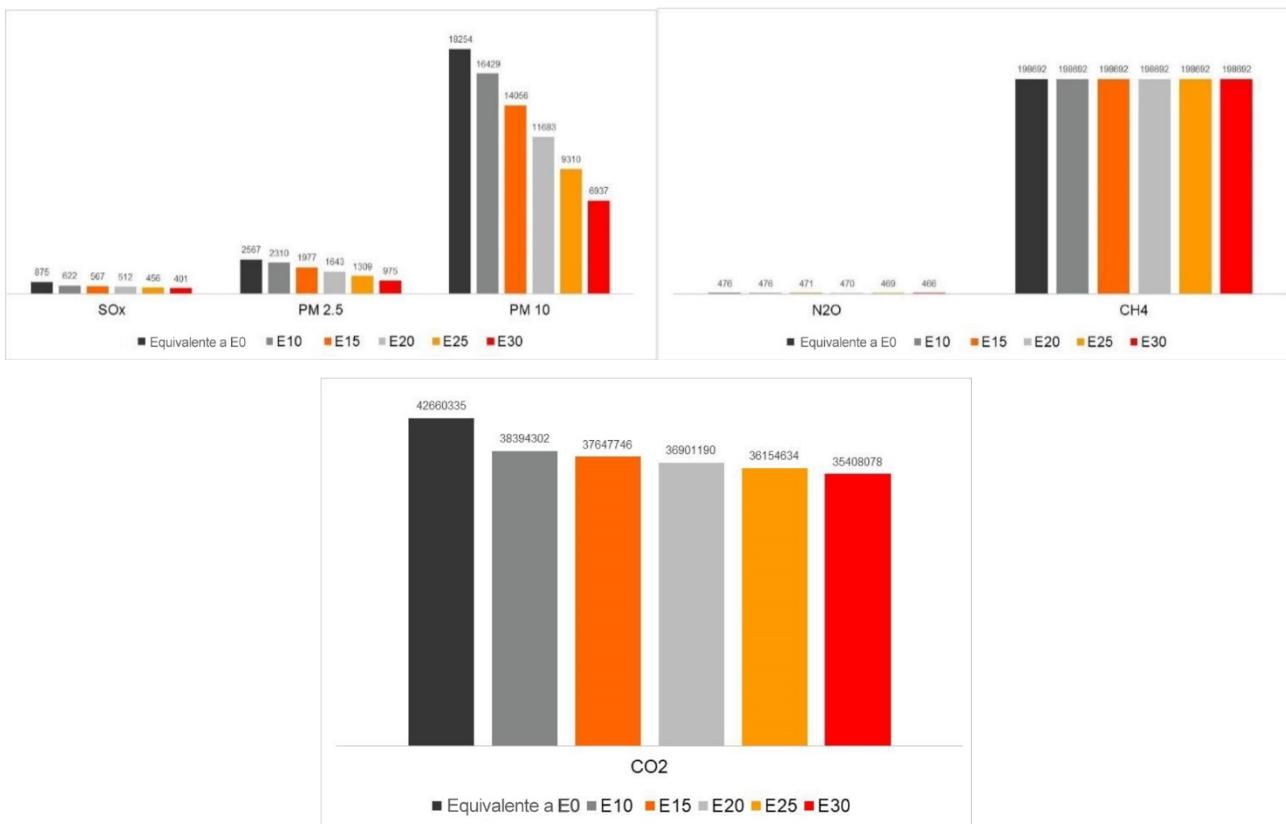
Como se observó, las emisiones que disminuyeron con la adición de etanol en los grados regular RON 91 y premium RON 95 son CO, COV, NO_x, SO_x, NH₃, butadieno, formaldehídos, benceno, CO₂, N₂O, PM2.5 y PM10. Las emisiones de acetaldehídos aumentaron a partir de E20.

Al analizar la comparación de las emisiones de los grados regular y premium, se muestra que las emisiones son diferentes, lo cual significa que el BOB utilizado en ambos grados es diferente.

Figura 182: Regular RON 91 de Honduras: emisiones de los parámetros no regulados por mezcla de etanol

kg por día	Equivalente a E0	E10	E15	E20	E25	E30
CO	13676048	8844582	6494138	4013115	1662672	570023
COV	1024830	823608	725717	622387	524495	426604
COV evap.	97774	97774	97774	97774	97774	97774
NOx	474737	299071	277709	256347	234984	213622
SOx	875	622	567	512	456	401
NH₃	9480	9385	9290	9195	9101	9006
Pbomo	0	0	0	0	0	0
Butadieno	3745	3063	2731	2381	2049	1717
Acetaldehídos	9297	9297	9297	9483	9948	10227
Formaldehído	35920	26976	24983	22989	20995	19002
Benceno	22457	13424	12030	10744	9563	8436
CO₂	42660335	38394302	37647746	36901190	36154634	35408078
N₂O	476	476	471	470	469	466
CH₄	198692	198692	198692	198692	198692	198692
PM 2.5	2567	2310	1977	1643	1309	975
PM 10	18254	16429	14056	11683	9310	6937





Fuente: HCX

Figura 183: Premium RON 95 de Honduras: emisiones de los parámetros no regulados por mezcla de etanol

kg por día	Equivalente a E0	E10	E15	E20	E25	E30
CO	13675677	8844224	6493787	4012771	1662334	569693
COV	1024797	823575	725684	622354	524462	426571
COV evap.	97774	97774	97774	97774	97774	97774
NOx	474709	299051	277690	256330	234969	213608
SOx	787	560	510	460	410	361
NH₃	9476	9381	9287	9192	9097	9002
Plomo	0	0	0	0	0	0
Butadieno	3745	3063	2731	2381	2049	1717
Acetaldehídos	9297	9297	9297	9483	9948	10227
Formaldehído	35920	26976	24982	22989	20995	19002
Benceno	18535	11080	9929	8868	7893	6963
CO₂	42660335	38394302	37647746	36901190	36154634	35408078
N₂O	472	472	467	467	465	463
CH₄	198692	198692	198692	198692	198692	198692
PM 2.5	2567	2310	1977	1643	1309	975
PM 10	18254	16429	14056	11683	9310	6937

Fuente: HCX

Aquí no se incluirán gráficas ya que son muy similares a las obtenidas de la gasolina grado regular.

Las emisiones de CO, COV, NO_x, SO_x, NH₃, benceno de la gasolina RON 91 disminuyeron en comparación con la premium RON 95 y aumentaron las de N₂O. Sin embargo, la diferencia no es significativa.

Nicaragua

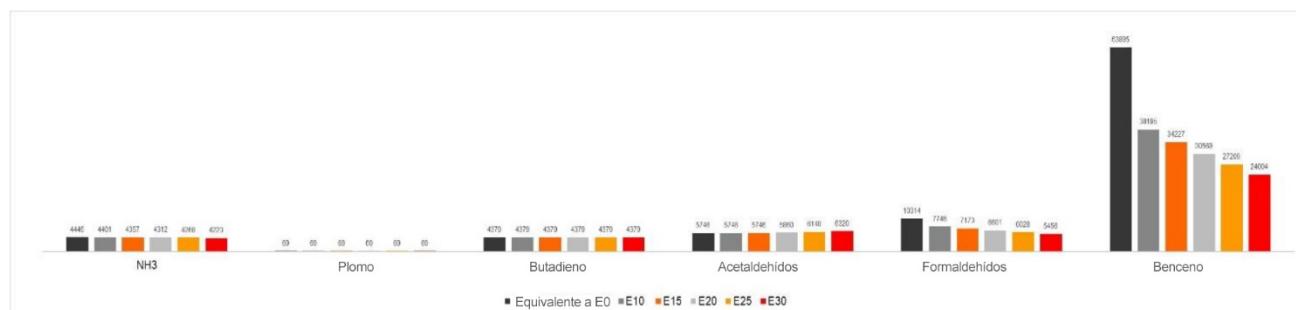
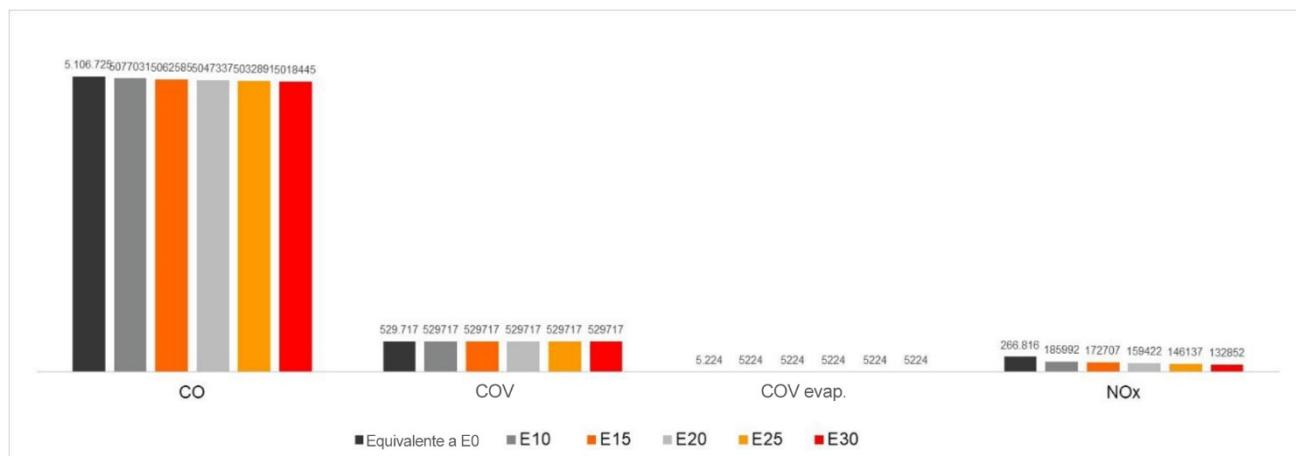
A continuación se describen las emisiones de los parámetros no regulados en kg por día.

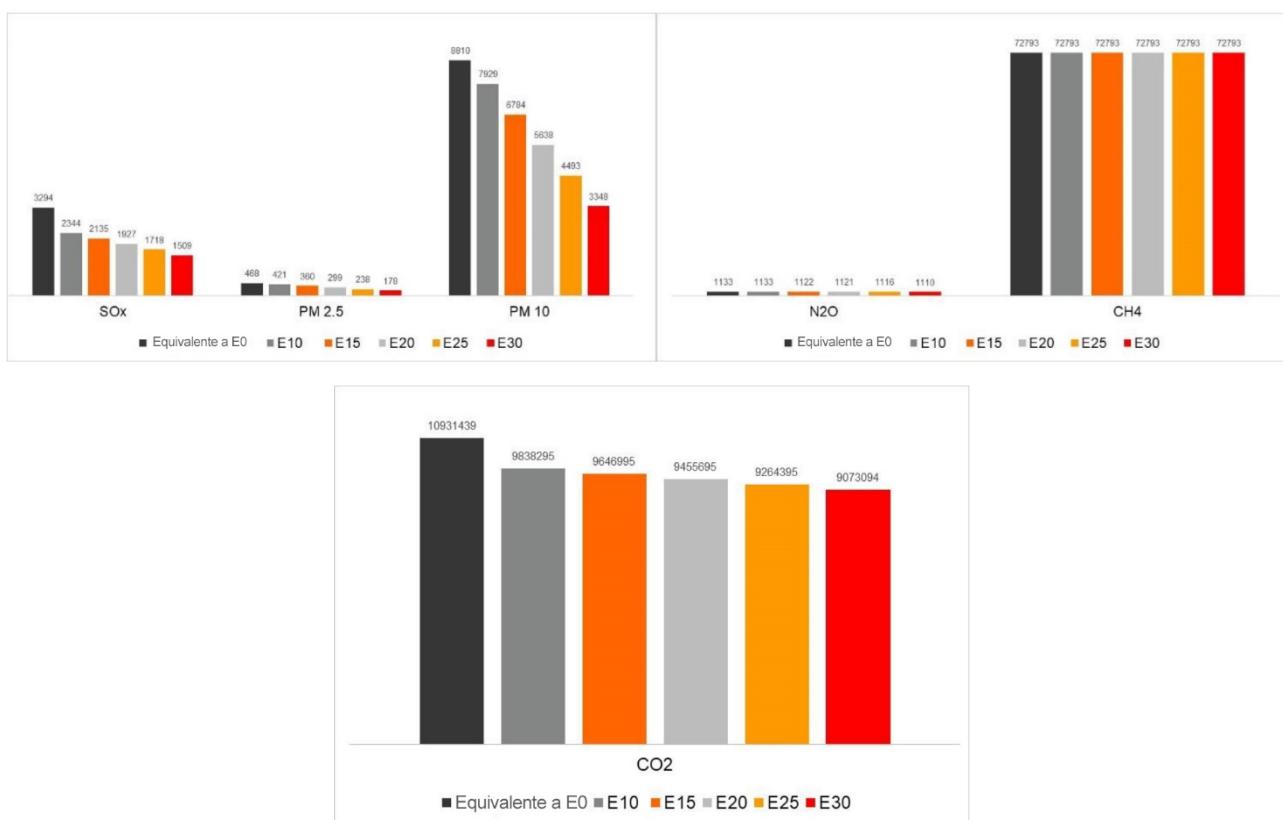
Como se observó, las emisiones que disminuyeron con la adición de etanol en los grados de gasolina regular RON 88 y premium RON 95 son CO, formaldehídos y benceno. Las emisiones de benceno disminuyeron significativamente al añadir etanol. Las emisiones de CO₂ son demasiado altas en comparación con las otras emisiones.

Al analizar la comparación de las emisiones de los grados regular y premium se muestra que todas las emisiones son las mismas, lo cual indica que usan el mismo BOB.

Figura 189: Grados regular y premium de Nicaragua: emisiones de los parámetros no regulados por mezcla de etanol

kg por día	Equivalente a E0	E10	E15	E20	E25	E30
CO	5106725	5077031	5062585	5047337	5032891	5018445
COV	529717	529717	529717	529717	529717	529717
COV evap.	5224	5224	5224	5224	5224	5224
NOx	266816	185992	172707	159422	146137	132852
SOx	3294	2344	2135	1927	1718	1509
NH₃	4446	4401	4357	4312	4268	4223
Plomo	69	69	69	69	69	69
Butadieno	4379	4379	4379	4379	4379	4379
Acetaldehídos	5746	5746	5746	5860	6148	6320
Formaldehído	10314	7746	7173	6601	6028	5456
Benceno	63895	38195	34227	30569	27209	24004
CO₂	10931439	9838295	9646995	9455695	9264395	9073094
N₂O	1133	1133	1122	1121	1116	1110
CH₄	72793	72793	72793	72793	72793	72793
PM 2.5	468	421	360	299	238	178
PM 10	8810	7929	6784	5638	4493	3348





Fuente: HCX

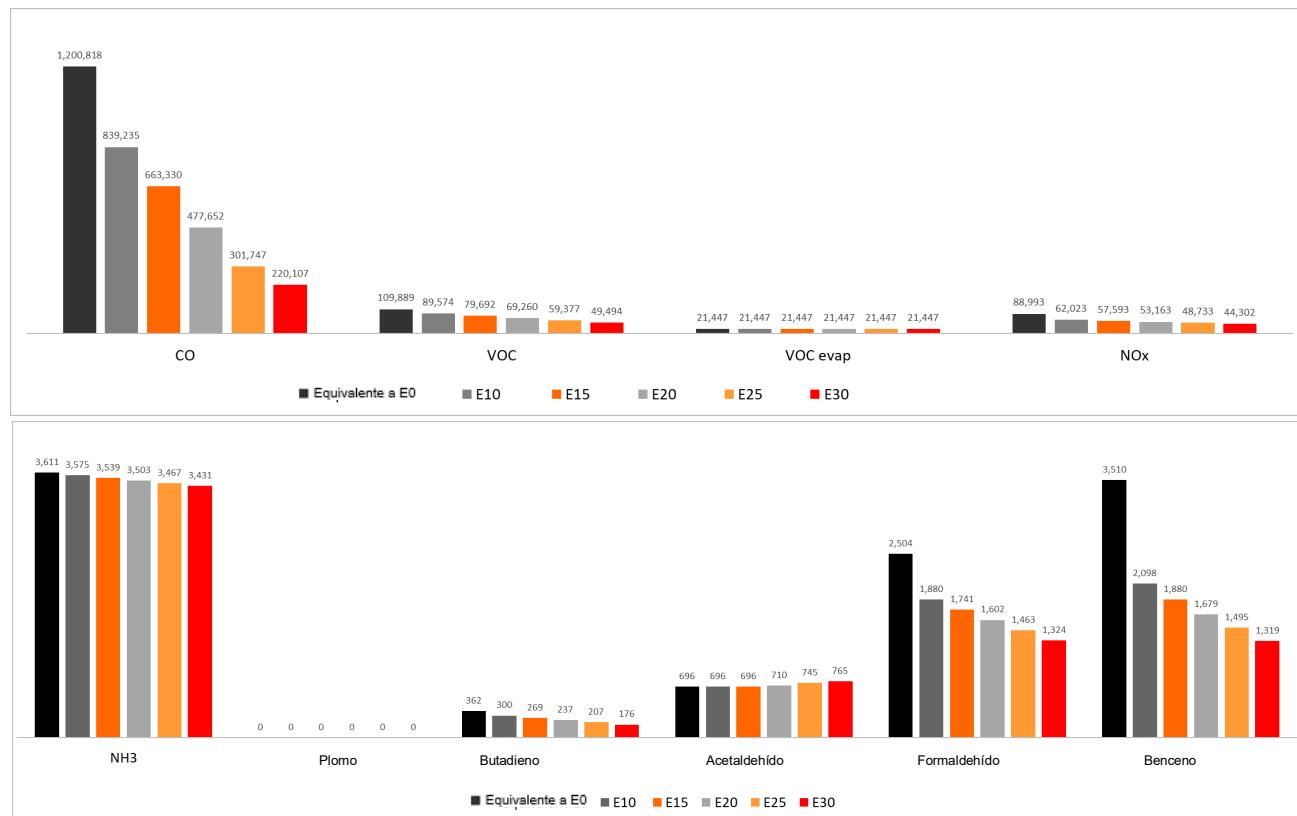
Panamá

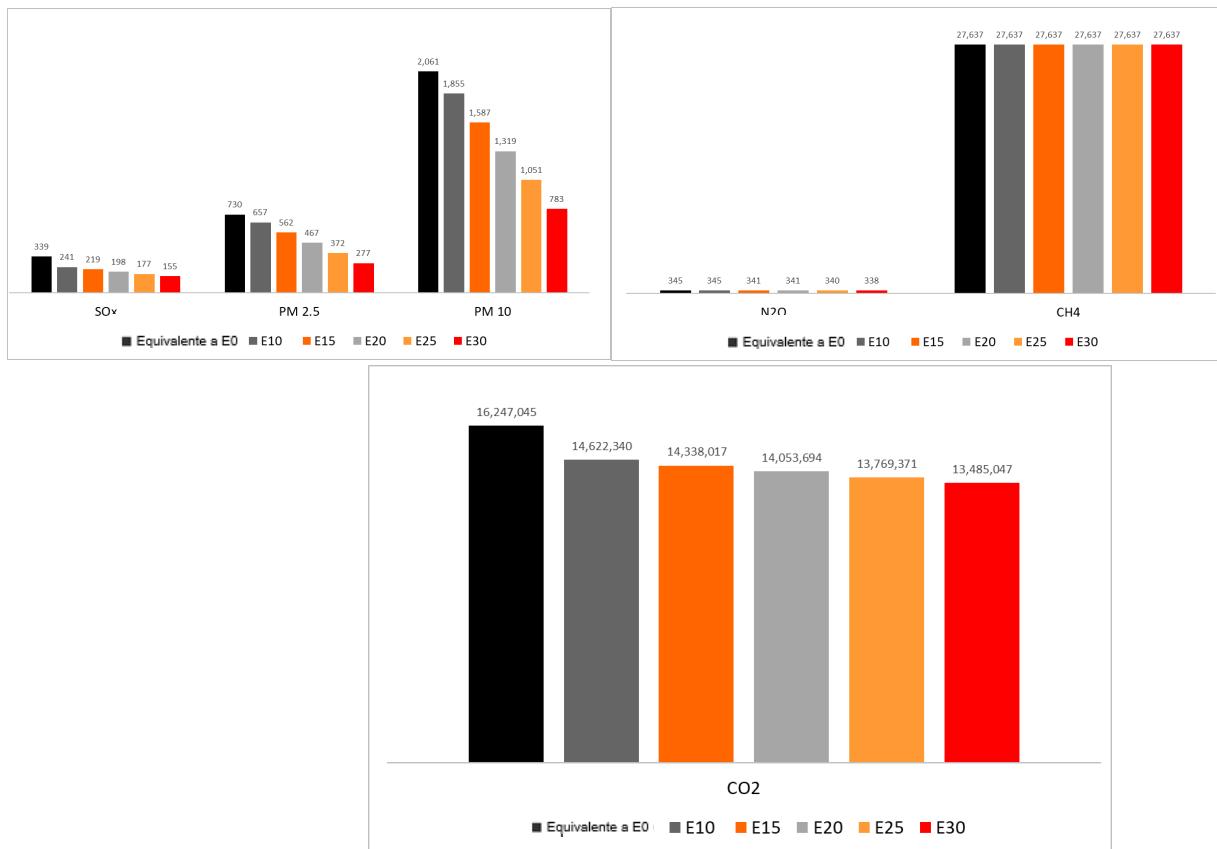
A continuación se describen las emisiones de los parámetros no regulados en kg por día.

Como se observó, las emisiones que disminuyeron con la adición de etanol en el grado de gasolinas regular RON 91 y premium RON 95 son CO, COV, NO_x, SO_x, NH₃, butadieno, formaldehídos, benceno, CO₂, N₂O, PM 2.5 y PM 10. Las emisiones de acetaldehídos aumentaron a partir de E20.

Figura 190: Grado regular RON 91 de Panamá: emisiones de los parámetros no regulados por mezcla de etanol

kg por día	Equivalente a E0	E10	E15	E20	E25	E30
CO	1,200,818	839,235	663,330	477,652	301,747	220,107
COV	109,889	89,574	79,692	69,260	59,377	49,494
COV evap.	21,447	21,447	21,447	21,447	21,447	21,447
NOx	88,993	62,023	57,593	53,163	48,733	44,302
SOx	339	241	219	198	177	155
NH₃	3,611	3,575	3,539	3,503	3,467	3,431
Plomo	0	0	0	0	0	0
Butadieno	362	300	269	237	207	176
Acetaldehídos	696	696	696	710	745	765
Formaldehído	2,504	1,880	1,741	1,602	1,463	1,324
Benceno	3,510	2,098	1,880	1,679	1,495	1,319
CO₂	16,247,045	14,622,340	14,338,017	14,053,694	13,769,371	13,485,047
N₂O	345	345	341	341	340	338
CH₄	27,637	27,637	27,637	27,637	27,637	27,637
PM 2.5	730	657	562	467	372	277
PM 10	2,061	1,855	1,587	1,319	1,051	783





Fuente: HCX

Figura 191: Grado premium RON 95 de Panamá: emisiones de los parámetros no regulados por mezcla de etanol

kg por día	Equivalente a E0	E10	E15	E20	E25	E30
CO	1,201,054	839,464	663,556	477,875	301,967	220,323
COV	109,908	89,594	79,711	69,279	59,397	49,514
COV evap.	21,447	21,447	21,447	21,447	21,447	21,447
NOx	89,022	62,042	57,611	53,179	48,748	44,316
SOx	350	249	227	205	182	160
NH₃	3,614	3,578	3,542	3,506	3,470	3,433
Pbromo	0	0	0	0	0	0
Butadieno	362	300	269	237	207	177
Acetaldehídos	696	696	696	710	745	766
Formaldehído	2,504	1,880	1,742	1,603	1,464	1,325
Benceno	2,913	1,742	1,561	1,394	1,241	1,094
CO₂	16,247,045	14,622,340	14,338,017	14,053,694	13,769,371	13,485,047
N₂O	347	347	344	343	342	340
CH₄	27,637	27,637	27,637	27,637	27,637	27,637
PM 2.5	730	657	562	467	372	277
PM 10	2,061	1,855	1,587	1,319	1,051	783

Fuente: HCX

Las emisiones de CO y benceno de la gasolina RON 91 disminuyeron en comparación con la gasolina RON 95 y aumentaron las emisiones de COV, NOx, SOx, NH₃, N₂O. Sin embargo, la diferencia no es significativa.

Aquí no se incluirán gráficas ya que son muy similares a las obtenidas de la gasolina grado regular.

SECCIÓN 4. ESTUDIOS DE CASO DEL IMPACTO POTENCIAL DEL ETANOL EN PARÁMETROS REGULADOS: GUATEMALA

El SGS llevó a cabo los análisis de gasolina y mezcla de etanol de cuatro países de Latinoamérica con diferentes calidades de gasolina. El U.S. Grains Council eligió analizar muestras de Chile, República Dominicana, Guatemala y Perú. Los motivos por los que se eligieron estos países son:

- Ausencia de etanol: con excepción del Perú, actualmente estos países no mezclan etanol
- Representación regional: estos países tienen distintas cualidades y pueden ser representativos de otras subregiones del continente
- Potencial de mezclas más altas: estos países podrían mezclar altos niveles de etanol, ya sea porque cuentan con una producción nacional o porque su gasolina base puede absorber grandes cantidades de etanol y seguir cumpliendo con las especificaciones actuales

SGS INSPIRE, con la ayuda de las oficinas de SGS en los países ya mencionados, recolectó muestras de gasolina terminada de gasolineras de Santiago, Santo Domingo, Ciudad de Guatemala y Lima. Las muestras de gasolina se transportaron al laboratorio de SGS en Speyer, Alemania y se mezclaron (*splash blending*) con etanol cumpliendo con la norma de la UE EN 15376 en volúmenes cada vez mayores (10%, 15%, 20%, 25% y 30%).

Las muestras de etanol con gasolina se analizaron en el laboratorio de SGS. Los resultados mostrados en esta sección se obtienen con el propósito de ilustrar el impacto potencial de la mezcla de etanol en la gasolina en niveles crecientes de parámetros regulados: octanaje (RON y MON), azufre, plomo y otros cationes y aniones, benceno, aromáticos, olefinas, parafinas, naftenos, PVR, puntos de destilación (T10, T50, T90, FBP, Residuo), contenido de oxígeno, contenido de etanol, volumen de agua, valor calorífico, proporción aire:combustible y éter metil terbutilo (MTBE).

Los resultados mostrarán cómo el etanol mezclado con gasolina terminada modifica los valores de los parámetros elegidos. Sin embargo, en la práctica, si el etanol se mezcla con la gasolina base (en lugar de con la terminada), se mostrarían mayores beneficios, ya que se optimizarían las características de la gasolina base. El producto terminado, una mezcla formada por gasolina base optimizada y etanol, sería más apto para adoptar todos los beneficios de la mezcla de etanol y minimizar los problemas que afronta el proceso. Las diferencias entre la combinación optimizada de los componentes de la mezcla de gasolina y la gasolina terminada se describen ampliamente en la [Sección 2](#).

Los países y las mezclas gasolina-etanol son las siguientes:

Figura 197: Grados de mezcla de etanol seleccionados por país

País	Mezclas de etanol seleccionadas por el U.S. Grains Council para análisis					
Chile (Santiago)	RON 95 E0	RON 95 E10	RON 95 E15	RON 95 E20	RON 95 E25	RON 95 E30
República Dominicana (Santo Domingo)	RON 95 E0	RON 95 E10	RON 95 E15	RON 95 E20	RON 95 E25	RON 95 E30
Guatemala (Ciudad de Guatemala)	RON 95 E0	RON 95 E10	RON 95 E15	RON 95 E20	RON 95 E25	RON 95 E30
Perú (Lima)	RON 90 E7.8	RON 90 E10	RON 90 E15	RON 90 E20	RON 90 E25	RON 90 E30

Fuente: Compilación de SGS INSPIRE

Puntos clave

Como oxigenante, el etanol tiene un octanaje mayor que la gasolina, lo que significa que mezclarlo con gasolina aumentará el octanaje de la mezcla y elimina la necesidad de usar otros potenciadores como el MTBE. La adición de oxigenantes aumenta el contenido de oxígeno total de la mezcla, el cual debe estar por debajo de los límites reglamentarios, dependiendo del contenido de etanol.

La adición de etanol a la gasolina diluye la mezcla, disminuye el contenido de azufre e hidrocarburos (aromáticos, parafinas, naftas, olefinas, benceno), ya que no contiene ni azufre ni hidrocarburos.

Los valores de destilación no se ven afectados por la adición de etanol, como lo demuestra el análisis llevado a cabo. El valor calorífico y la proporción aire:combustible de la mezcla de etanol con gasolina disminuye, pero dicha disminución es mucho menor que el contenido de etanol añadido (es decir, de 8 a 9% del valor calorífico y de 11 a 12% de disminución de la proporción aire:combustible con la adición de 30% v/v de etanol).

El agua es una característica importante de las mezclas de etanol con gasolina. De acuerdo con la norma D 4814 de la ASTM de 'Combustible para motores de automóviles de encendido por chispa', un combustible solo de hidrocarburos puede disolver hasta 0.03% de masa de agua, pero las mezclas de hidrocarburo-alcohol disuelven más agua que la existente al momento de la mezcla lo que brindará protección contra la separación de fase en caso de que pequeñas cantidades extras de agua contaminen la mezcla de combustible, siempre y cuando su temperatura no aumente. El nivel de mejora en la tolerancia al agua (la cantidad de agua que se puede disolver antes de que se dé la separación de fase) aumentará con la concentración de alcohol en el combustible. Por ejemplo, una mezcla de 10% v/v de etanol con una mezcla típica de hidrocarburo a temperatura ambiente puede disolver hasta 0,5% v/v de agua, como lo establece la norma D 4814 de la ASTM.

Esta información también la confirma el National Renewable Energy Laboratory (NREL) de EE. UU., que estipula que una mezcla E10 tolera (existe como una fase única) más de 0.4% v/v de agua a 15°C (60°F). Los resultados del análisis llevado a cabo por SGS indican un contenido de agua mucho menor al tolerado por las mezclas de etanol estudiadas hasta la E30.

Guatemala

Puntos clave

Las muestras para el análisis de parámetros se basa en la gasolina RON 95 y 0% v/v de contenido de etanol. RON 95 es el grado premium en Guatemala y en 2020 tenía el 48% de participación en el mercado.

El octanaje del grado premium de Guatemala ya es RON 95. La adición de etanol lo incrementa hasta casi 100, pero no aumenta más con la adición de más etanol. Como era de esperarse, con la adición de etanol se reducen el azufre e hidrocarburos. En el caso del azufre, aromáticos y olefinas, Perú estaría más cerca de cumplir las especificaciones de la UE si fuera mayor el contenido de etanol en la gasolina.

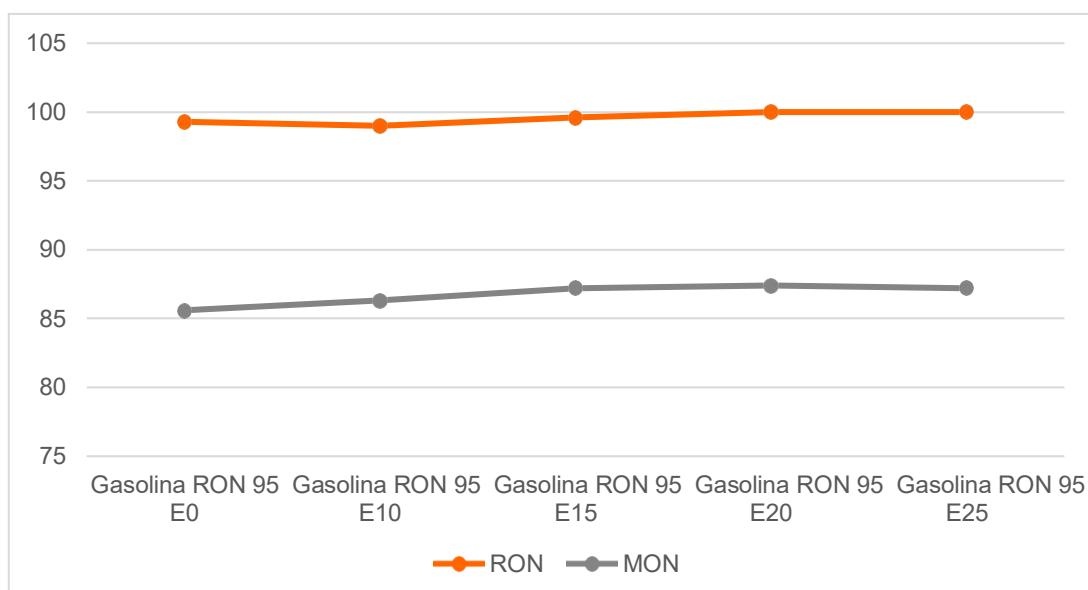
De acuerdo con los resultados de laboratorio, la presión de vapor de la gasolina empieza a aumentar con la adición de etanol en pequeñas cantidades; se mantiene alta hasta que el etanol llega a un 10% v/v, momento en el que la PVR empieza a disminuir. De E0 a E10, la PVR aumenta 7 kPa, un crecimiento muy pronunciado. Solo con la adición de 25% v/v de etanol, la PVR está por debajo de los límites reglamentarios de la UE (69 kPa). Por lo tanto, debe modificarse el BOB para que los componentes no aumenten mucho la PVR con la adición de etanol.

La adición de etanol en la gasolina no afecta sus valores de destilación. El valor calorífico y la proporción aire:combustible disminuye, como era de esperarse, pero no afecta la estabilidad de la mezcla de etanol.

Octanaje

Como se puede ver a continuación, el Número de Octano de Investigación (RON) aumenta proporcionalmente con la adición de 10% v/v etanol. También aumenta el Número de Octano del Motor (MON). Es importante hacer notar que el octanaje no aumenta significativamente con la adición de 10% v/v a 30% v/v.

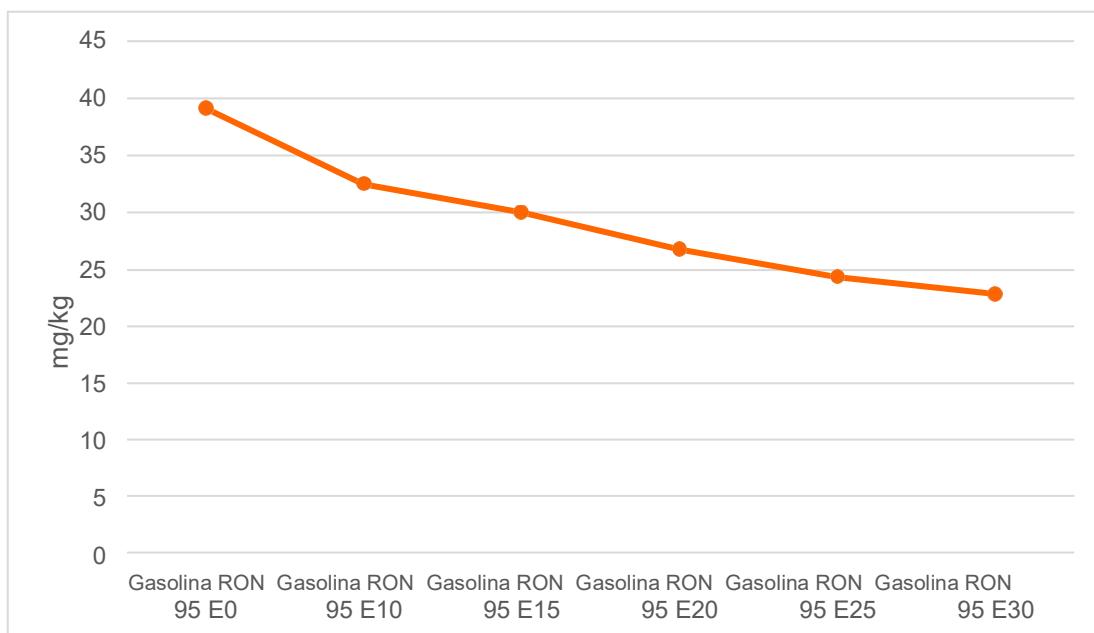
Figura 223: Valores RON y MON en las muestras de gasolina + etanol



Fuente: SGS

Azufre

Debido a que el etanol no contiene nada de azufre, la mezcla de etanol en la gasolina disminuye el contenido de azufre en el combustible. De E0 a E30, el azufre se reduce en 16 mg/kg.

Figura 224: Azufre (mg/kg) en las muestras de gasolina + etanol*Fuente: SGS*

Hidrocarburos

Dado que el etanol no contiene hidrocarburos, la mezcla de etanol en la gasolina disminuye el contenido de los hidrocarburos en el combustible, en especial parafinas y aromáticos.

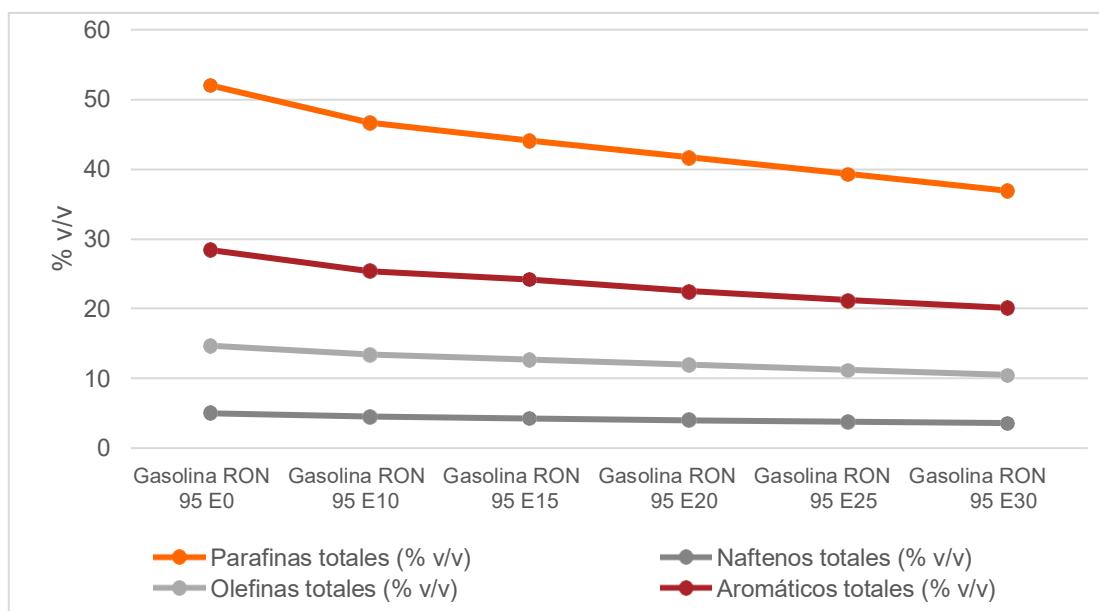
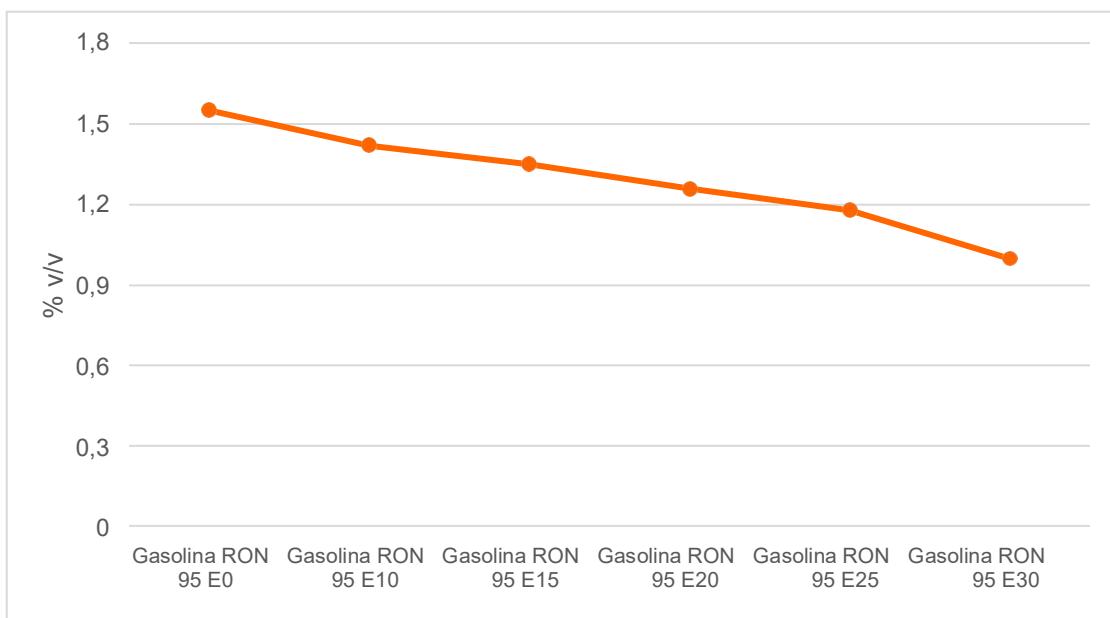
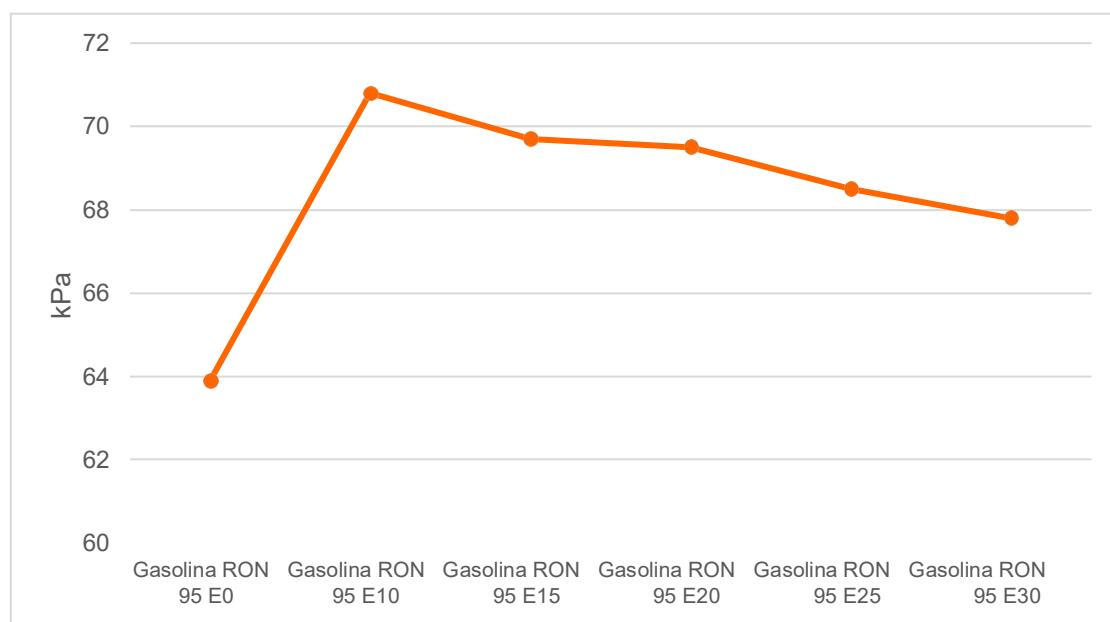
Figura 225: Aromáticos, olefinas, parafinas y naftenos (% v/v) en las muestras de gasolina + etanol*Fuente: SGS*

Figura 226: Benceno (% v/v) en las muestras de gasolina + etanol*Fuente: SGS***Presión de vapor (PVR)**

De acuerdo con los resultados de laboratorio, la presión de vapor de la gasolina empieza a aumentar con la adición de etanol en pequeñas cantidades; se mantiene alta hasta que el etanol llega a un 10% v/v, momento en el que la PVR empieza a disminuir. De E0 a E10, la PVR aumenta 7 kPa, un crecimiento muy pronunciado. Solo con la adición de 25% v/v de etanol, la PVR está por debajo de los límites reglamentarios de la UE (69 kPa). Por lo tanto, debe modificarse el BOB para que los componentes no aumenten mucho la PVR con la adición de etanol.

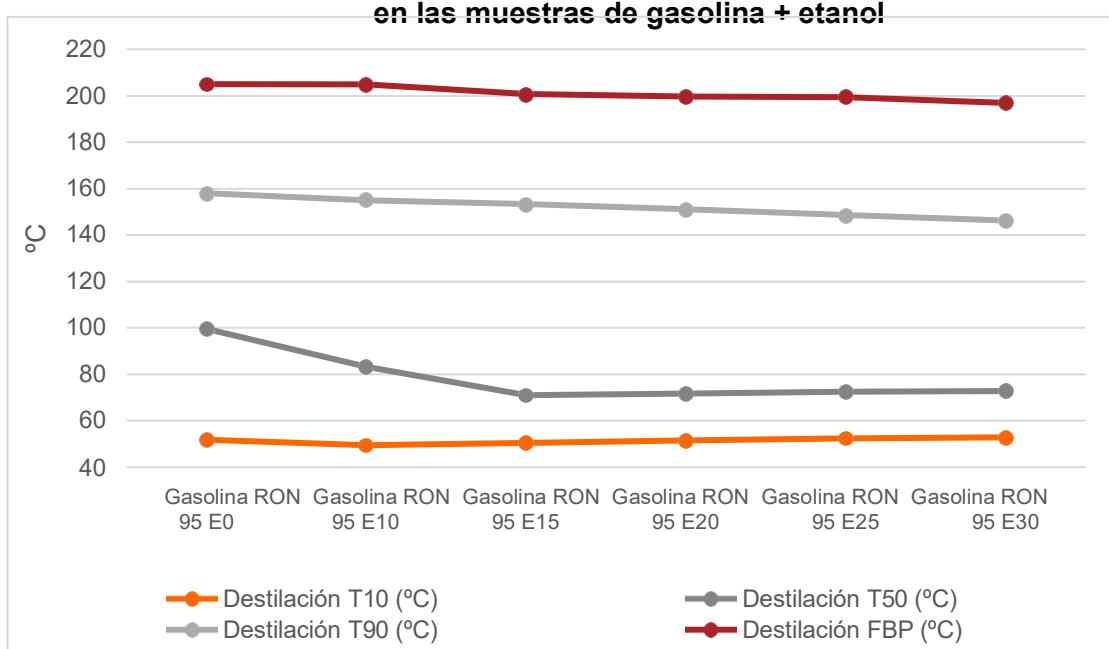
Después de añadir 25% v/v de etanol, la disminución de PVR es menos pronunciada.

Figura 227: Valores de PVR en las muestras de gasolina + etanol (37,8°C)*Fuente: SGS*

Destilación

La adición de etanol conlleva pequeños cambios en las curvas de destilación. Se puede concluir que el etanol no tiene un impacto significativo en la destilación.

Figura 228: Valores de evaporación en la destilación (% v/v) en las muestras de gasolina + etanol

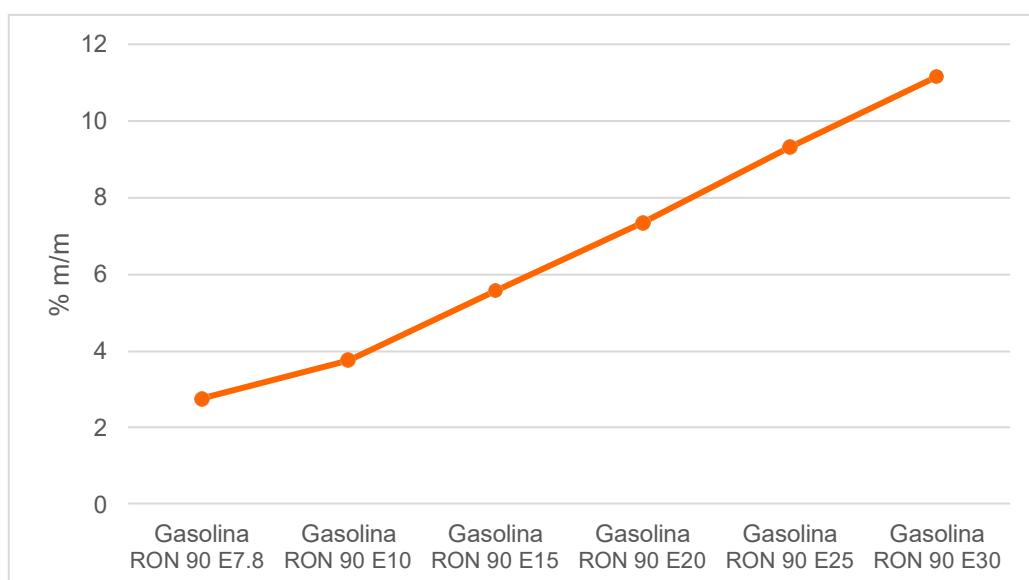


Fuente: SGS

Etanol y contenido de oxígeno

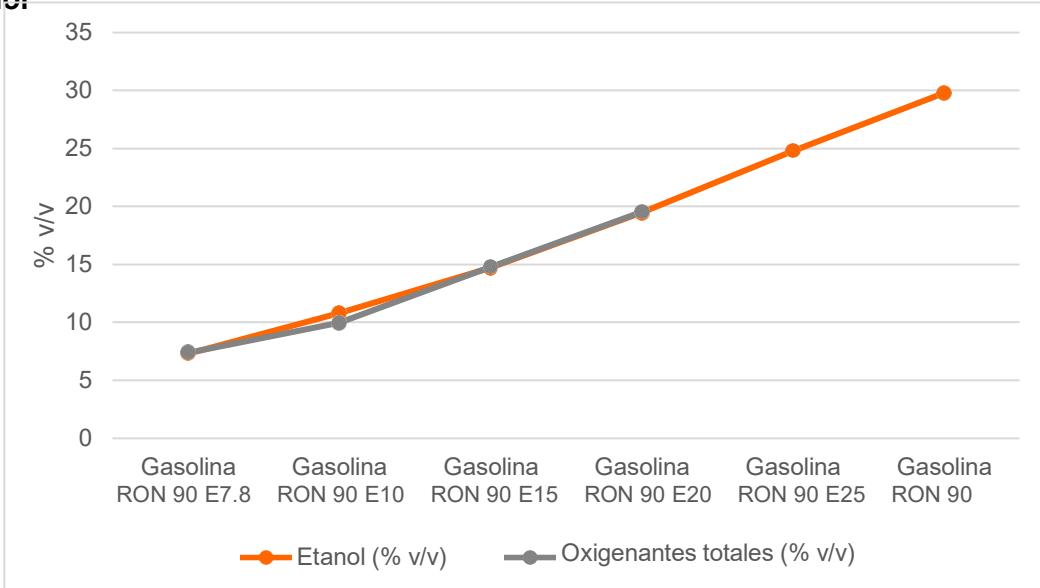
Como se observa a continuación, el contenido de oxígeno aumenta proporcionalmente con la adición de etanol.

Figura 229: Contenido de oxígeno (% m/m) en las muestras de gasolina + etanol



Fuente: SGS

Figura 230: Contenido de etanol y oxigenante total (% v/v) en las muestras de gasolina + etanol

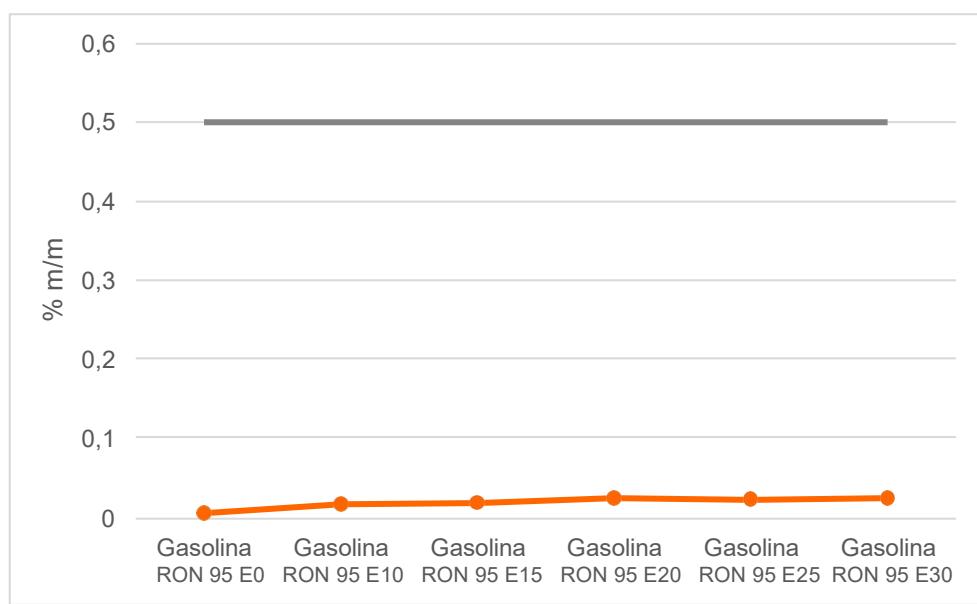


Fuente: SGS

Contenido de agua

Los resultados muestran que la adición de etanol a la gasolina tiene poco impacto en el contenido de agua. De acuerdo con la norma D 4814 de la ASTM, el etanol mezclado hasta E30 tiene un contenido de agua significativamente por debajo de 0.5% v/v que el que se puede disolver en una mezcla de etanol 10% v/v con una mezcla típica de hidrocarburos a temperatura ambiente.

Figura 231: Contenido de agua en las muestras de gasolina + etanol

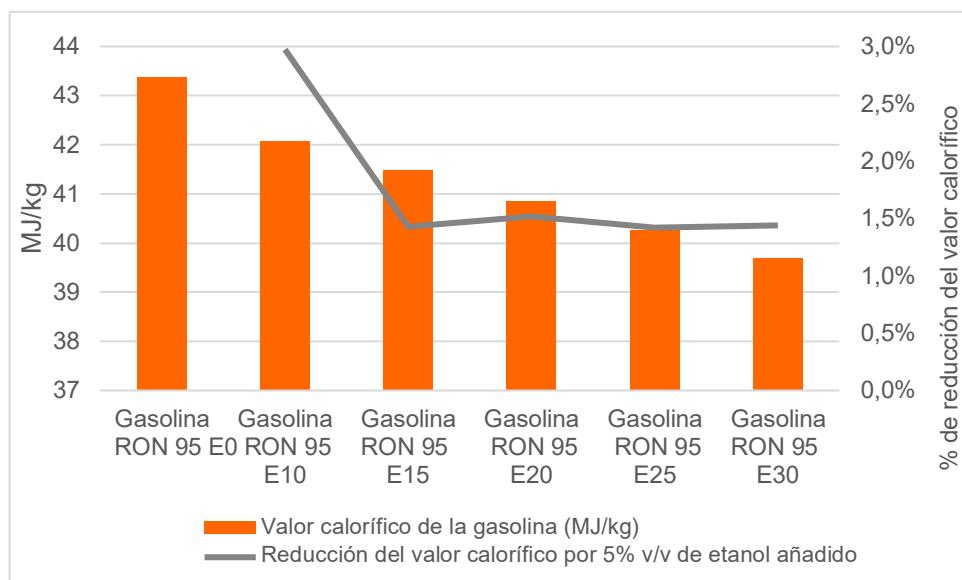


Fuente: SGS

Valor calorífico

En la siguiente gráfica se puede observar que el valor calorífico y el etanol tienen una relación lineal. Cada 5% v/v de etanol añadido disminuye el valor calorífico en aproximadamente 1,5 a 3%.

Figura 232: Valor calorífico de las muestras de gasolina + etanol

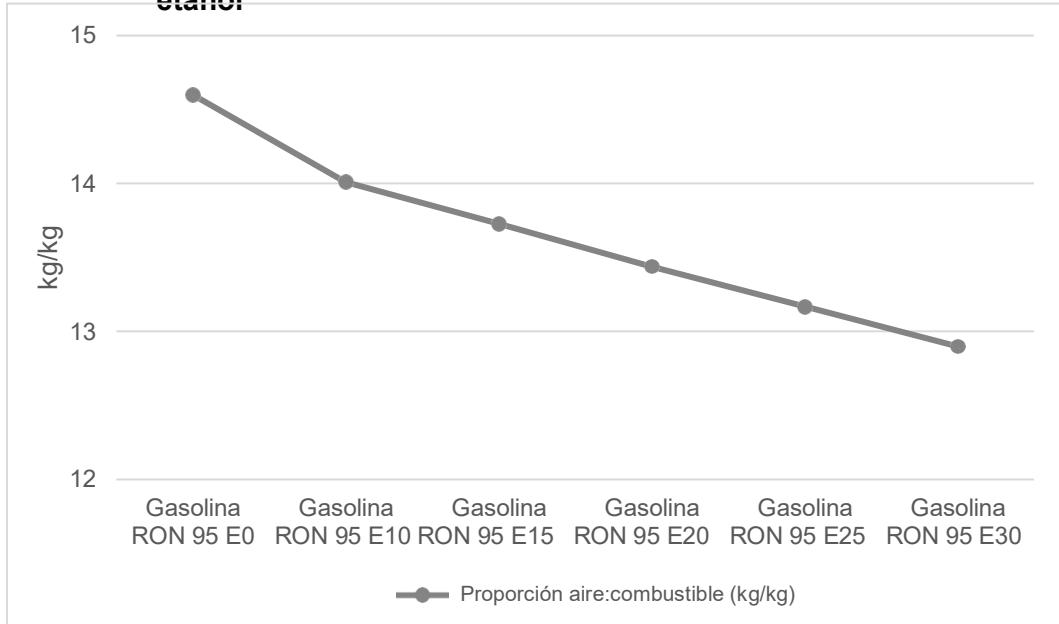


Fuente: SGS

Proporción aire:combustible

En la siguiente gráfica se puede observar que la proporción aire:combustible y el etanol tienen una relación lineal, con respecto al valor calorífico. Cada 5% v/v de etanol añadido disminuye la proporción aire:combustible en aproximadamente 0,3 kg/kg, excepto la primera adición de etanol, en la que la caída es más significativa.

Figura 233: Proporción aire:combustible de las muestras de gasolina + etanol



Fuente: SGS

Otros

El análisis de las muestras no indica contenido de MTBE ni aniones y cationes: silicio, hierro, aluminio, cobre, plomo, estaño, cromo, níquel, zinc, fósforo, magnesio, calcio, sodio, molibdeno, bario, potasio, titanio, vanadio, boro, manganeso, plata, cobalto y litio.

La siguiente figura resume los valores de todos los parámetros estudiados en el grado de gasolina y los grados de mezclas de etanol.

Figura 234: Valores de los parámetros de grados de gasolina y etanol en Guatemala

	Gasolina RON 95 E0	Gasolina RON 95 E10	Gasolina RON 95 E15	Gasolina RON 95 E20	Gasolina RON 95 E25	Gasolina RON 95 E30
RON		99,3	99	99,6	100	100
MON		85,6	86,3	87,2	87,4	87,2
Contenido de agua (% m/m)	0,007	0,018	0,02	0,026	0,024	0,026
PVR (kPa)	63,9	70,8	69,7	69,5	68,5	67,8
Azufre (mg/kg)	39,1	32,5	30	26,8	24,4	22,9
Contenido de oxígeno (% m/m)	0	3,71	5,39	7,23	8,9	10,55
Etanol (% v/v)	0	9,91	14,33	19,28	23,81	28,32
Oxigenantes totales (% v/v)	0	10,02	14,7	19,8	24,44	28,92
Parafinas totales (% v/v)	52	46,7	44,1	41,7	39,3	36,9
Naftenos totales (% v/v)	5	4,5	4,3	4	3,8	3,6
Olefinas totales (% v/v)	14,7	13,4	12,7	12	11,2	10,5
Aromáticos totales (% v/v)	28,4	25,4	24,2	22,5	21,2	20,1
MTBE (% v/v)	0	0	0	0	0	0
Benceno (% v/v)	1,55	1,42	1,35	1,26	1,18	1
Cationes y aniones (mg/kg)	0	0	0	0	0	1,11
Destilación T10 (°C)	51,8	49,5	50,5	51,5	52,5	52,9
Destilación T50 (°C)	99,6	83,3	71	71,8	72,5	72,9

Destilación T90 (°C)	158	155	153,3	151	148,5	146,2
Destilación FBP (°C)	205	204,8	200,7	199,7	199,5	196,9
Residuo de destilación (% v/v)	1,1	1,2	1,1	1,2	1	1
Valor calorífico de la gasolina (MJ/kg)	43,37	42,08	41,48	40,85	40,27	39,69
Proporción aire:combustible (kg/kg)	14,6	14,01	13,73	13,44	13,17	12,9

Fuente: SGS

GLOSARIO

Alquilados

Los Alquilados son una combinación de hidrocarburos parafínicos de cadena ramificada de alto octanaje y baja presión de vapor que se forman a partir del petróleo crudo mediante procesos de refinería bien establecidos, que son muy favorecidos como flujos para mezclar con gasolina.

Azufre

El petróleo crudo se compone principalmente de componentes de hidrocarburos y otros compuestos como los que contienen azufre orgánico e inorgánico. El azufre es el tercer elemento que más se encuentra en el petróleo crudo después del carbono e hidrógeno. El alto contenido de azufre en el petróleo crudo es más complicado y caro de refinar. Por lo tanto, es por eso por lo que todavía hay azufre en los oleoproductos refinados como la gasolina.

El azufre en el combustible mejora la corrosión del metal en el motor, el sistema de combustibles y el sistema posttratamiento. Además, aumenta las emisiones de óxido de azufre en los vehículos. Por esas razones, debe limitarse el contenido de azufre en el combustible, como la gasolina.

Butanos

El butano es una de las corrientes de líquidos más livianos que normalmente se producen en una refinería. La molécula de butano tiene cuatro átomos de carbono y 10 de hidrógeno. Al mezclarse con gasolina, el butano se favorece por su alto octanaje, pero está limitado por su alta presión de vapor. Además, con frecuencia el butano se convierte en isobutano para usar como materia prima de alquilación.

Contenido de oxígeno y oxigenantes

A menudo los compuestos orgánicos oxigenados, como el MTBE y etanol se añaden a la gasolina para aumentar el octanaje o ampliar las existencias de gasolina. La oxigenación del combustible puede afectar las emisiones vehiculares (del tubo de escape, evaporativas, o ambas), el desempeño y/o la durabilidad⁴, es por eso por lo que se controla el contenido de oxígeno en la gasolina.

Craqueo catalítico fluidizado (FCC) y unidades de hidrocraqueo

Unidades de refinería usadas para descomponer productos más pesados en productos que se puedan mezclar para la obtención de gasolinas.

Destilación

La destilación se define por la temperatura a la que se evapora cierto porcentaje de volumen de un líquido y se recupera al enfriarse.

Las características de la destilación de hidrocarburos tienen un efecto importante en la seguridad y el desempeño, en especial en el caso de los combustibles y solventes. El rango de ebullición brinda información de la composición, propiedades y el comportamiento de los combustibles durante el almacenamiento y uso. La volatilidad es el principal determinante de la tendencia de una mezcla de hidrocarburos para producir vapores potencialmente explosivos. Las características de la destilación son muy importantes para las gasolinas tanto de aviación como automotriz, pues afecta el arranque, calentamiento y tendencia al cierre por vapor en altas temperaturas de funcionamiento o gran altitud, o ambas.

La presencia de componentes con alto punto de ebullición en estos y otros combustibles afectan de forma significativa el grado de formación de depósitos de combustión sólidos.

Etanol desnaturalizado

Etanol no apto para el consumo humano.

⁴ https://www.acea.auto/files/WWFC_19_gasoline_diesel.pdf

Gasolina catalítica

Gasolina obtenida a partir de unidades de craqueo catalítico de fluido.

Gasolina de pirólisis

La gasolina de pirólisis es un intermediario de rango de nafta altamente aromática producida como subproducto de la fabricación del etileno en un craqueador a vapor.

La gasolina de pirólisis se puede usar como un componente de mezcla de gasolina de alto octanaje o como fuente de aromáticos por extracción de BTX.

Hidrocarburos

La gasolina contiene mayormente componentes hidrocarburos como aromáticos, olefinas y benceno que se encuentran presentes de forma natural en el petróleo crudo.

El contenido de aromáticos en la gasolina está directamente vinculado con la contaminación del sistema de escape de un motor de gasolina. Por lo tanto, al reducir el contenido de aromáticos se pueden reducir las emisiones totales de hidrocarburos del motor. También es posible reducir las emisiones de benceno y tolueno, pero eso podría aumentar las de aldehído. De acuerdo con la Agencia de Protección Ambiental (EPA) de EE. UU., las emisiones de 1,3-butadieno son significativamente más altas en mayores niveles de olefinas. Además, el benceno es un cancerígeno humano.

Hidrodesulfuración

La hidrodesulfuración (HDS) es un proceso químico catalítico ampliamente usado para eliminar el azufre del gas natural y de los oleoproductos refinados, como la gasolina, gasavión, queroseno, diésel y combustóleo.

Hidrotratamiento

El hidrotratamiento es la reacción de compuestos orgánicos en presencia de hidrógeno a alta presión para eliminar el oxígeno (desoxigenación) junto con otros heteroátomos (nitrógeno, azufre y cloro).

Isomerados

El Isomerado es un componente de la mezcla de gasolina producido por la unidad de isomerización mediante el aumento del octanaje de la nafta ligera.

Ligera de primera destilación

La nafta ligera de primera destilación es un corte de destilación creado a partir de pentano y material de la gama de nafta ligeramente más pesado. Puede provenir de la destilación del petróleo crudo o del fraccionado de los líquidos de gas natural (gasolina natural).

El corte de destilación de nafta ligera tiene tres usos típicos:

- Mezcla directa en un producto terminado de nafta ligera
- Alimentación a la unidad de isomerización para crear Isomerado para mezclar con gasolina
- Mezclado directo en la gasolina

Como materia prima para fabricar gasolina, la nafta ligera es de una calidad bastante baja. Tiende a tener un octanaje bajo y alta presiones de vapor. Por lo tanto, normalmente solo forma parte de una porción muy pequeña del conjunto de gasolina.

Líquidos de gas natural

Los líquidos de gas natural (condensado de concesión, gasolina natural, NGL) son componentes del gas natural que en la superficie son líquidos en las instalaciones de campos de gas o petróleo o en plantas de procesamiento de gas. La composición de los líquidos de gas natural depende del tipo de gas natural y su composición.

Los líquidos de gas natural se clasifican de acuerdo con su presión de vapor como baja (condensados), intermedia (gasolina natural) y alta (gas licuado de petróleo). Los líquidos de gas natural incluyen al propano, butano, pentano, hexano y heptano, pero no al metano y no siempre al etano, ya que los hidrocarburos necesitan refrigeración para ser licuados.

MTBE (éter metil terbutílico)

El MTBE es un oxigenante utilizado como aditivo de gasolina para potenciar el octanaje.

Naftas

Nafta es un término amplio que se refiere a las fracciones de la destilación y otros intermediarios en el punto de ebullición de la gasolina. Por lo general, la nafta se categoriza con base en su punto de ebullición ya sea: nafta ligera o pesada. La nafta ligera está compuesta de pentano y un material ligeramente más pesado.

Las moléculas de nafta pesada normalmente tienen de 7 a 9 átomos de carbono. Su punto de ebullición puede ir de 82°C a 166°C (180°F a 330°F).

Nafta de craqueo catalítico fluidizado (FCC)

Este es un material de la gama de naftas con octanaje y presión de vapor cercanos a las especificaciones de calidad de la gasolina terminada. Normalmente es el mayor producto con alrededor de 50% de la producción FCC.

Octanaje

El octanaje representa la resistencia al golpeteo o cascabeleo de un motor de encendido por chispa (detonación no deseada que daña al motor). Es bien sabido el alto octanaje intrínseco al etanol. No obstante, se puede conseguir una mayor efectividad del octanaje mediante la resistencia al cascabeleo que brinda el alto nivel de enfriamiento por vaporización que sucede al inyectar etanol directamente en los cilindros del motor. Por lo tanto, a mayor octanaje, se esperan menos emisiones debido al buen desempeño del motor.

Presión de vapor (PVR)

Se requiere un mínimo de presión de vapor para garantizar un buen arranque en frío y capacidad de conducción. Se necesita un máximo de presión de vapor para controlar las emisiones evaporativas del vehículo. Por lo tanto, los requisitos contienen un umbral tanto alto, como bajo.

El etanol puro tiene una presión de vapor más baja comparado con la gasolina y las mezclas de alcohol y gasolina tienen un fuerte impacto en las propiedades de volatilidad. La PVR aumenta con la adición de metanol y disminuye con la adición de isopropanol, terbutanol e isobutanol comparado con la gasolina base. Al añadir hasta 10% v/v de etanol en la gasolina, aumenta la presión de vapor de la mezcla, comparado con la de la gasolina base. Una mezcla por arriba de E10 disminuye.⁵

En conclusión, la presión de vapor es un problema menor en las mezclas altas en etanol (por arriba de 10% v/v); para las mezclas bajas, se puede manejar ajustando el previo a la mezcla de oxigenantes (BOB) en la refinería.

⁵ [The Volatility of Reformulated Gasolines with Alcohols](#)

Proporción aire:combustible

La proporción aire:combustible es la relación de masa de aire a combustible sólido, líquido o gaseoso presente en un proceso de combustión. La proporción de aire:combustible determina si una mezcla es combustible, cuánta energía se libera y cuántos contaminantes no deseados se producen en la reacción. Si se proporciona exactamente el aire suficiente para quemar todo el combustible por completo, se dice que la proporción es una mezcla estequiométrica. Las proporciones menores a la estequiométrica se consideran "ricas". Las mezclas ricas son menos eficientes, pero pueden producir más energía y se queman a menor temperatura. Las proporciones mayores a la estequiométrica se consideran con "alta proporción de aire". Las mezclas con alta proporción de aire son más eficientes, pero ocasionarían temperaturas más altas, lo cual conlleva a la formación de NO_x. Algunos motores están diseñados para permitir un quemado con alta proporción de aire.

La proporción aire:combustible es el elemento más crítico para regular en lo que respecta a las emisiones del escape y economía del combustible. Es posible calcular una proporción aire:combustible técnicamente correcta mediante la fórmula molecular y peso del combustible, y escribiendo una ecuación que suponga que todo el carbón se oxida en dióxido de carbono (CO₂) y todo el hidrógeno en agua (H₂O).

Refinados

El término también se usa de forma generalizada en referencia a cualquier residuo de producto de bajo octanaje después del proceso de refinación secundaria.

Reformados

El reformado es un componente de la mezcla de gasolina que se produce en el reformado catalítico, un proceso de refinación en el que catalizadores mezclados e hidrógeno fomentan la reorganización de naftenos de bajo octanaje en compuestos de mayor octanaje, sin una reducción significativa de números de carbono.

Reformado catalítico

El reformado catalítico es un proceso químico usado para convertir naftas de refinería de petróleo destiladas del petróleo crudo (que por lo general tiene calificaciones bajas de octanaje) en productos líquidos de alto octanaje llamados reformados, que son componentes de mezcla premium para gasolina de alto octanaje.

Shipping On-line (SOL) de SGS

El sistema de datos interno de SGS que monitorea el flujo comercial de los *commodities* en el sector de recursos naturales (petróleo y gas, *commodities* agrícolas y minerales). Rastrea viajes de buques con detalles en el volumen y tipo de cargamento, así como tipos de operaciones en los puertos.

Valor calorífico

El valor calorífico se define como la cantidad de calor que se produce en la combustión de un volumen de unidad de combustible, que se expresa en kcal/m³, kJ/m³ o BTU/ft³.

LISTA DE FUENTES

- Secretaría de Energía de Argentina
- Asociación Argentina de Biocombustibles e Hidrógeno
- U.S. Energy Information Administration (EIA)
- Transport Energy Strategies
- Especificaciones europeas (CEN)
- Comisión Europea
- HCX
- Wood Mackenzie PennEnergy Research
- Worldwide Fuel Charter
- Oil and Gas Journal Data
- Ministerio de Energía y Minería de Argentina
- Administración Nacional de Combustibles, Alcohol y Pórtland de Uruguay (ANCAP)
- Ministerio de Industria Energía y Minería de Uruguay
- Unidad Reguladora de Servicios de Energía y Agua (URSEA)
- Instituto Uruguayo de Normas Técnicas (UNIT)
- Alcoholes del Uruguay (ALUR)
- Comisión Nacional de Energía de Chile
- Ministerio de Energía de Chile
- Superintendencia de Electricidad y Combustibles de Chile (SEC)
- Empresa Nacional del Petróleo de Chile (ENAP)
- Ministerio de Minas y Energía en Colombia
- Consejo Nacional de Política Económica y Social de Colombia
- Fedebiocombustibles
- Unidad de Planeación Minero Energética de Colombia
- ECOPETROL, Refinería de Cartagena, Colombia, 2019
- Agencia Nacional de Hidrocarburos de Colombia, ANH
- Asociación Colombiana del Petróleo, ACP
- Ministerio de Hidrocarburos y Energías de Bolivia
- Empresa petrolera boliviana, YPFB
- Agencia Nacional de Hidrocarburos de Bolivia, ANH
- Servicio Ecuatoriano de Normalización (NTE INEN)
- Ministerio de Industria del Ecuador
- Petroecuador
- Asociación de Biocombustibles del Ecuador, APALE
- Comisión Reguladora de Energía, México
- Secretaría de Energía de México
- PEMEX
- Ministerio de Energía y Minas del Perú
- Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual del Perú
- Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería de Perú (OSINERGMIN)
- Departamento de Agricultura de Estados Unidos
- Secretaría de Integración Económica Centroamericana (SIECA)
- Consejo de Ministros de Integración Económica de Centroamérica (COMIECO)
- Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica

- Ministerio de Comercio e Industrias de Panamá
- Ministerio de Energía y Minas, Dirección General de Hidrocarburos de Nicaragua
- RECOPE
- Ministerio de Economía, Dirección de Hidrocarburos y Minas de El Salvador
- Ministerio de Energía y Minas de Guatemala
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL)
- Secretaría de Energía de Honduras
- Secretaría Nacional de Energía de Panamá
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censo de Panamá
- Comtrade de Naciones Unidas
- Bureau of Standards of Jamaica
- Ministry of Energy of Jamaica
- Instituto Dominicano para la Calidad (INDOCAL)
- Revista "Ciencia, Economía y Negocios" de República Dominicana
- Science Direct
- McKinsey Energy Insights
- IHS Markit
- Organización Mundial de la Salud
- Agencia de Protección Ambiental de EE. UU.
- Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer
- Laboratorio Nacional de Energía Renovable de Estados Unidos
- Universidad de Illinois en Chicago
- Agencia de Protección Ambiental de California

© 2021 SGS Germany GmbH. Todos los derechos reservados. Este estudio de mercado es una publicación de SGS Germany GmbH. Está dirigido a brindar información sobre un tema o temas concretos y de ninguna manera es un tratamiento exhaustivo de estos. Este estudio de mercado se proporciona en el estado en que se encuentra y según su disponibilidad, por lo que SGS Germany GmbH no garantiza que la información aquí contenida no tenga errores ni cumpla algún criterio en particular de desempeño o de calidad. Este estudio únicamente refleja los hallazgos de SGS al momento de su elaboración. SGS Germany GmbH rechaza expresamente todas las garantías implícitas que incluyen, entre otras, las de comercialización, título, idoneidad para un fin específico, no violación, seguridad y precisión. No debe citarse o referirse el estudio de mercado en ninguna otra publicación o actas, ni reproducirse sin el consentimiento previo por escrito de SGS Germany GmbH.

Además, aplican nuestras Condiciones Generales de los Servicios de Inspección y Pruebas, que si las solicita, con gusto se las enviaremos. Estado actual: Septiembre de 2021

SGS GERMANY GMBH

T +32 474492679

INSPIRE@SGS.COM

HTTP://INSPIRE.SGS.COM