

Etanol obligatorio, ¿héroe o villano?

Por Pepo Toledo



Etanol obligatorio, ¿héroe o villano?

Por Pepo Toledo

Libro electrónico

www.pepotoledo.com

30 de agosto de 2025

Portada. Smog fotoquímico en CDMX.

Detalle de la foto tomada por
Rogelio Morales Ponce

INTRODUCCIÓN.....	12
ANUNCIO DE OBLIGATORIEDAD DE USO DE ETANOL EN GUATEMALA	14
ETANOL OBLIGATORIO EN GUATEMALA - ANÁLISIS LEGAL	17
LEY DE ALCOHOL CARBURANTE	17
REGLAMENTO GENERAL DE LA LEY DE ALCOHOL CARBURANTE.....	25
EL DECRETO 68-86, LEY DE PROTECCIÓN Y MEJORAMIENTO DEL MEDIO AMBIENTE.....	36
CONCLUSIONES	38
COMBUSTIBLES ALTERNATIVOS.....	42
1. GAS NATURAL (CNG – COMPRESSED NATURAL GAS) .	43
2. GAS LICUADO DE PETRÓLEO (LPG – LIQUEFIED PETROLEUM GAS).....	43
3. ALCOHOLES Y ÉTERES (COMPUESTOS OXIGENADOS)	44
4. BIODIÉSEL.....	45
5. HIDRÓGENO	45
CONSIDERACIÓN FINAL	46
LUCHA POLÍTICA GLOBAL ETANOL VERSUS MTBE.47	
INCREMENTO DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE CON EL USO DE ETANOL.....	52
1. RAZÓN DE LA MAYOR EVAPORACIÓN	57
2. MAGNITUD DE LA PÉRDIDA	57
3. CONSECUENCIAS AMBIENTALES	58
4. IMPACTO ECONÓMICO.....	59
EL ETANOL ES ECOLÓGICAMENTE INDEFENDIBLE .	68

1. AUMENTO DE OZONO POR EL USO DE ETANOL	68
<i>El etanol se prohíbe en zonas metropolitanas por alta emisión de ozono</i>	71
2. CONTAMINANTES PROPIOS DEL ETANOL	75
3. EMISIONES DEL MOTOR DE LOS VEHÍCULOS	76
4. DAÑOS MECÁNICOS Y AMBIENTALES POR AUMENTO DE NOX.....	78
5. CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO	82
<i>No se pueden reducir gases tóxicos y CO2 al mismo tiempo</i>	82
<i>Cálculo de la huella de carbono</i>	84
CONCLUSIONES	92
TEORÍA DEL CALENTAMIENTO GLOBAL	95
SEGURIDAD ALIMENTARIA Y SOSTENIBILIDAD	97
¿DEBE GUATEMALA PAGAR POR LAS EMISIONES DE CO2?	99
PRODUCTORES DE ETANOL EN GUATEMALA.....	102
COMERCIALIZADORES DE HIDROCARBUROS	103
DIAGNÓSTICO DE RED DE ESTACIONES DE SERVICIO EN GUATEMALA PARA USO DE E10.....	106
<i>Puntos clave del informe</i>	106
<i>Puntos clave de las conclusiones del informe</i>	109
<i>Acción del MEM</i>	110
<i>Conclusión crítica</i>	110
<i>Recomendación</i>	111
RIESGOS DE PONER ETANOL E10 EN TANQUES VIEJOS.....	113
INTRODUCCIÓN	113
RIESGOS TÉCNICOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE E10	113

CONSECUENCIAS.....	114
CAPACIDAD NACIONAL DE RESPUESTA – INSUFICIENTE ..	114
MAGNITUD DEL IMPACTO VEHICULAR POTENCIAL.....	115
CONSECUENCIAS POSIBLES.....	116
RECOMENDACIONES TÉCNICAS URGENTES	116
INFORMACIÓN AL CONSUMIDOR	117
CONCLUSIÓN	119
ETANOL EN GUATEMALA – REPÚBLICA GT PODCAST	120
ESTRATEGIA EMPÍRICA DEL MEM PARA CONTROLAR EL AGUA EN GASOLINERAS.....	125
CONCLUSIÓN	129
PROCEDIMIENTOS PROFESIONALES DE LIMPIEZA DE TANQUES DE GASOLINA	132
CONSULTA: OBLIGACIÓN DE TENER UN "MAN HOLE" EN LOS TANQUES DE GASOLINERAS	132
CONSULTA: ¿CUÁL ES EL PROCEDIMIENTO PARA LIMPIAR UNO DE ESTOS TANQUES?	135
CONSULTA: CUÁL ES EL PROCEDIMIENTO PARA LIMPIAR UN TANQUE DE COMBUSTIBLE VIEJO QUE NO TIENE "MAN HOLE"	140
CONSULTA: LIMPIEZA INTERNA (SIN INGRESO HUMANO), DADO QUE NO HAY <i>MANHOLE</i> . ¿ES EFECTIVA EN TANQUES VIEJOS CON 16 AÑOS DE EDAD PROMEDIO?	145
CONSULTA: PROCEDIMIENTO PARA INSTALAR UN <i>MAN HOLE</i> EN UN TANQUE SUBTERRÁNEO - ¿IMPLICA ROMPER LA PISTA DE CONCRETO? ¿ABRIR UN AGUJERO EN EL TANQUE?... PROCEDIMIENTO PARA INSTALAR UN <i>MANHOLE</i> EN UN TANQUE SUBTERRÁNEO.....	149
CONSULTA: POR FAVOR INDIQUE EL COSTO DE OPORTUNIDAD QUE TENDRÁN LAS GASOLINERAS AL DEJAR DE OPERAR MIENTRAS SE REALIZAN ESTA ACTUALIZACIÓN...	153

CONSULTA: FAVOR TOTALIZAR EL COSTO DE LA ACTUALIZACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA DE LAS ESTACIONES DE SERVICIO EN GUATEMALA PARA EL MANEJO DE E10.....	156
¿QUIÉN PAGARÁ EL COSTO?	158
TIEMPO DE IMPLANTACIÓN.....	161
POSIBILIDAD DE USAR BOMBAS MEZCLADORAS (BLENDER PUMPS)	163
COSTOS Y DESAFÍOS LOGÍSTICOS DEL ETANOL	
OBLIGATORIO	165
SUMINISTRO DE ETANOL Y GASOLINA: RETOS TÉCNICOS Y FINANCIEROS DE ETANOL	165
COSTOS PARA DISTRIBUIDORES Y EXPENDEDORES DE GASOLINA.....	167
TODA LEY DEBE SER PARTICIPATIVA.....	175
CONCLUSIONES	177
PROBLEMAS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE ETANOL SIN AVISAR AL PÚBLICO.....	181
PROBLEMAS MECÁNICOS EN VEHÍCULOS INCOMPATIBLES.....	183
RIESGOS OPERATIVOS EN ESTACIONES DE SERVICIO.....	184
PROBLEMAS LEGALES Y DE CONFIANZA	185
IMPACTO SOCIAL Y GREMIAL	186
CONCLUSIÓN	186
¿ES OBLIGATORIO IDENTIFICAR EL TIPO DE COMBUSTIBLE EN LAS BOMBAS DE GASOLINA? .	187
CONCLUSIÓN	188
DAÑOS DEL ETANOL EN VEHÍCULOS AUTOMOTORES	189
COMPOSICIÓN Y EDAD DE LA FLOTA VEHICULAR EN GUATEMALA.....	189

PROBLEMAS EN AUTOMÓVILES Y MOTOS POR EL MAL	
MANEJO DE LA COMERCIALIZACIÓN DEL ETANOL.....	190
ACCIÓN CORROSIVA DEL ETANOL EN LOS MOTORES	192
DAÑOS EN AUTOMÓVILES VIEJOS POR USO DE ETANOL ..	194
DAÑOS EN MOTOS POR USO DE ETANOL.....	197
INTRODUCCIÓN	197
COMENZAREMOS ANALIZANDO LA PARTE	
TÉCNICA.	200
DAÑOS EN MOTOS POR USO DE ETANOL	200
EL CASO DEL CONSULTOR COLOMBIANO	203
CHATGTP – VERIFICACIÓN DE DAÑOS EN MOTOS POR USO	
DE ETANOL	205
<i>Experiencia con motos en la inclusión de etanol</i>	
<i>en la India.....</i>	<i>210</i>
<i>Experiencia de otros países con alta proporción</i>	
<i>de motos.....</i>	<i>214</i>
¿ES CIERTO QUE EL ESTÁNDAR MUNDIAL PARA LAS MOTOS ES	
E10?	217
AUMENTO DEL COSTO DE MOTOS ASIÁTICAS DE BAJA	
CILINDRADA PARA USO CON GASOLINA E10	219
<i>Introducción</i>	<i>219</i>
<i>Incremento estimado de costo:.....</i>	<i>221</i>
<i>¿Por qué sube el precio?</i>	<i>222</i>
<i>Casos reales:.....</i>	<i>222</i>
<i>Alternativa económica:</i>	<i>223</i>
COSTO DE LAS MOTOS FABRICADAS EN BRASIL PARA USO DE	
ETANOL.....	223
<i>Compatibilidad de las motocicletas fabricadas</i>	
<i>en Brasil con etanol.....</i>	<i>224</i>
<i>Precio promedio de venta de motocicletas en</i>	
<i>Brasil.....</i>	<i>224</i>
<i>Conclusión</i>	<i>225</i>
CONCLUSIONES	225

NECESIDAD DE ADITIVOS Y ACEITE ESPECIAL POR USO DE ETANOL	229
DETERIORO DE ESCAPES Y CATALIZADORES POR EL USO DE ETANOL	231
COMBUSTIBLE BASE	234
EMISIONES VEHICULARES	236
CONTROL DE EMISIONES	239
COMBUSTIBLES	239
MECANISMOS DE CONTROL DE EMISIONES AUTOMOTRICES	240
CONTROLES DE FUNCIONAMIENTO DE LA FLOTA AUTOMOTRIZ	241
MEDICIONES DE LA CALIDAD DEL AIRE	243
IMPLEMENTACIÓN DEL ETANOL EN COLOMBIA . 244	
BREVE RESUMEN DEL PROCESO.....	244
2005 PROBLEMAS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL ETANOL EN COLOMBIA	245
EL DOGMA: “EL ETANOL SE USA EN 60 PAÍSES Y NO HA DADO PROBLEMAS”	248
INTRODUCCIÓN	248
INFORMAR ACERCA DE LOS 60 PAÍSES QUE USAN ETANOL	252
1. <i>¿Se prepararon o lo introdujeron abruptamente?</i>	256
2. <i>¿El uso es obligatorio u opcional?</i>	256
3. <i>Participación de sectores involucrados</i>	256
4. <i>Disponibilidad de gasolina sin etanol.....</i>	257
5. <i>Campañas de información pública.....</i>	257
6. <i>Efecto en precios</i>	257
7. <i>Países que revirtieron programas</i>	258

8. Formalización de estaciones	258
9-10. Cambios en tanques e infraestructura	259
14-15. Problemas en flotas viejas y motos ..	260
16-18. Aumento de ozono, smog y contaminantes	260
19-20. Impacto económico y social.....	261
Conclusión	261
¿ES CIERTO QUE EL PROGRAMA DE ETANOL FRACASÓ EN PANAMÁ Y POR QUÉ?	262
Contexto del programa	262
Principales causas del fracaso.....	262
Deficiencias en infraestructura	263
Quejas de consumidores	263
Cuestiones económicas	264
Resultado.....	264
Conclusión	264
¿ES CIERTO QUE EL PROGRAMA DE ETANOL FRACASÓ EN BOLIVIA Y POR QUÉ?	265
Contexto del programa	265
Principales problemas que han llevado al fracaso parcial.....	266
Conclusión	268
CUADRO COMPARATIVO QUE RESUME LAS EXPERIENCIAS DE PROGRAMAS DE ETANOL EN CINCO PAÍSES DE AMÉRICA LATINA	268
Conclusiones rápidas.....	271
¿ES CIERTO QUE RECOPE HA ATRASADO DIEZ VECES LA IMPLEMENTACIÓN DEL ETANOL EN COSTA RICA Y POR QUÉ?	272
Contexto del programa	272
Principales causas de los repetidos atrasos .	272
Ejemplos de postergaciones documentadas	274
Conclusión	275
Nota del autor:.....	275

SEGÚN FERNANDO VILLEGAS, PANAMÁ Y COSTA RICA ESTÁN PRÓXIMOS A ARRANCAR CON ETANOL E10. ¿ES CIERTO?	276
<i>Panamá</i>	276
<i>Costa Rica</i>	277
<i>Conclusión</i>	277
<i>Nota del autor:</i>	278
INCREMENTO DE OZONO Y ALDEHÍDOS EN LAS GRANDES URBES POR USO DE ETANOL	278
1. <i>São Paulo (Brasil)</i>	279
2. <i>Belo Horizonte y Curitiba (Brasil)</i>	280
3. <i>Bogotá (Colombia)</i>	280
4. <i>Ciudad de México (México)</i>	280
<i>Ciudades potencialmente en riesgo si expanden etanol</i>	281
<i>Conclusión</i>	281
¿POR QUÉ JAPÓN PREFIRIÓ USAR ETBE ANTES QUE ETANOL?	282
<i>¿Qué es ETBE?</i>	282
<i>Principales motivos por los que Japón prefirió ETBE:</i>	283
<i>Conclusión</i>	285
¿TIENE PLANES JAPÓN DE ABANDONAR SU PROGRAMA DE ETBE?	286
<i>Política energética actual</i>	286
<i>Acorde con estándares automotrices japoneses</i>	287
<i>Alianzas estratégicas con Brasil</i>	287
<i>Inexistencia de planes oficiales de retiro</i>	287
<i>Consideraciones ambientales</i>	288
<i>Conclusión</i>	288
UNA PROPUESTA VIABLE	289
COMENTARIO FINAL	291

**PROYECTO PILOTO MOVILIDAD VERDE 2020 - USO
DEL ETANOL EN GUATEMALA 293**

PARTICIPANTES 293
TAMAÑO DE LA MUESTRA..... 294
DAÑOS EN EL MOTOR 296
HUELLA DE CARBONO, SOSTENIBILIDAD, SEGURIDAD
ALIMENTARIA 298
EMISIONES DE GASES CONTAMINANTES..... 304
DAÑO A LOS CATALIZADORES 307
CONSUMO DE COMBUSTIBLE..... 308
CUMPLIMIENTO DE ACUERDOS INTERNACIONALES..... 311

EL TABÚ DEL PRECIO DEL ETANOL OBLIGATORIO 315

PRODUCCIÓN NACIONAL, DESTINO DEL ETANOL Y PRECIO 315
PRODUCCIÓN DIFERENCIA DE PRECIOS ENTRE GASOLINA E0 Y
E10 317
DISPONIBILIDAD E0 EN EUA..... 318
DIFERENCIA DE PRECIO ENTRE GASOLINA E0 Y E10 EH
HOUSTON Y SU TRASFONDO ECONÓMICO 320
Subsidios agrícolas al maíz..... 320
*Subsidios históricos al etanol y mandatos de
mezcla 321*
CONCLUSIÓN TÉCNICA 321

CONCLUSIONES 325

DEL AUTOR 329

REFERENCIAS 334

Introducción

Vivimos en una era donde la lucha contra el cambio climático y la búsqueda de alternativas energéticas sostenibles han puesto al etanol en el centro del debate. Este alcohol, producido a partir de cultivos como el maíz y la caña de azúcar, ha sido promovido como biocombustible renovable, con la promesa de reducir emisiones y disminuir la dependencia de los combustibles fósiles. Sin embargo, la historia es más compleja de lo que parece.

En este libro, se examina con detalle la propuesta de introducir gasolina mezclada con etanol al 10% (E10) de manera obligatoria en Guatemala. La discusión trasciende lo ambiental. ¿Está preparado nuestro parque vehicular?

¿Cómo afecta esta medida a las motocicletas, al transporte rural, a los consumidores? ¿Está justificando el Estado un monopolio en nombre de la sostenibilidad? ¿Y qué hay de los impactos en la salud y el medio ambiente?

A través de datos técnicos, comparaciones internacionales, evaluaciones jurídicas y testimonios documentados, este libro busca presentar una mirada integral, basada en evidencia y no en slogans. No se trata de demonizar ni de exaltar el etanol, sino de analizar sus verdaderos efectos económicos, sociales, legales y ambientales.

El lector encontrará aquí un análisis crítico, pero propositivo, que invita a la reflexión ciudadana y al diseño de políticas públicas con base en información real y en el principio de justicia. Porque el desarrollo sostenible no se impone; se construye con responsabilidad, ciencia y verdad.

Anuncio de obligatoriedad de uso de etanol en Guatemala

El etanol es un alcohol producto de la fermentación de materia prima agrícola. Está catalogado como un biocombustible. Se usa también como aditivo para elevar el octanaje de la gasolina.

Asistí a uno de los eventos Movilidad Sostenible *Ethanol Talks*, celebrados en mayo de 2022 en la Embajada de Brasil en Guatemala.ⁱ Tuve la oportunidad de cambiar impresiones con los asistentes.

Me causó extrañeza volver a una vieja polémica que inició hace unos treinta años, mientras ahora se discute sobre los carros eléctricos.

Allí se anunció que el uso de etanol será obligatorio. Esto, sumado al hecho de que según pude escuchar, se apoyan en argumentos insostenibles, provoca suspicacia.

Efectivamente el diario La Hora informó (22/11/2022) que el Ministerio de Energía y Minas (MEM) anunció que para el 2024, las distribuidoras de combustibles en Guatemala deberán ofrecer gasolinas con 10% de etanol. Dijeron que la implementación de este alcohol carburante orgánico será paulatina y aducen que es en cumplimiento a una sentencia de la Corte de Constitucionalidad (CC).ⁱⁱ

En declaraciones de prensa el ministro de Energía y Minas Alberto Pimentel Mata “refirió que establecieron una mesa técnica legal en la que están representados importadores y expendedores de combustibles, importadores de vehículos y productores de etanol, entre otros...” (La Hora, 23 de noviembre de 2022).

En el mismo reportaje, José Briones, director ejecutivo de la Gremial de Empresas Importadoras de Hidrocarburos (GEIH) declaró que no fueron invitados a la mesa técnica (Prensa Libre, Guatemala, 23 de octubre de 2020).ⁱⁱⁱ

Para un cambio de esta magnitud, es necesario establecer mesas técnicas

donde se traten problemas económicos, ambientales y de infraestructura.

Los distribuidores de hidrocarburos alegaron que las inversiones y pruebas necesarias para actualizar la infraestructura llevarían un tiempo mínimo de dos años.

Los expendedores de gasolina y estaciones de servicio dijeron que no fueron consultados (Prensa Libre, Guatemala, 16 de agosto de 2023).^{iv}

El 12 de julio de 2023 fue publicado en el Diario Oficial el Acuerdo Gubernativo Número 159-2023 en el cual establece el uso de etanol obligatorio en Guatemala a partir del 1 de enero de 2025 con una mezcla inicial del 10%. La fecha fue postergada para enero de 2026.^v

Un día antes, el 11 de julio, dos ministros renunciaron sin que se conozcan los motivos. El ministro de Economía Janio Moacyr Rosales y el de Energía y Minas, Alberto Pimental Mata.
^{vi}

Etanol obligatorio en Guatemala - Análisis legal

Ley de Alcohol Carburante

Comienzo por resaltar los puntos de la ley y el reglamento de uso alcohol carburante o etanol que son relevantes para comprender este estudio. El subrayado es propio. De aquí en adelante, nos referiremos al Ministerio de Energía y Minas de Guatemala como el Ministerio o como MEM.

Ley de Alcohol Carburante (Decreto Ley Número 17-85). Artículo 4°. Objeto. Esta ley tiene por objeto normar las actividades relacionadas con la producción, almacenamiento, manejo, uso, transporte, comercialización del alcohol carburante o mezcla.

Artículo 5°. Ámbito de aplicación. Esta ley es aplicable en toda la República, a las personas individuales o jurídicas,

nacionales o extranjeras, que se dediquen a actividades expresadas en el artículo anterior.

Artículo 6°. Daños y perjuicios. Los productores, las distribuidoras y los transportistas que se dediquen a las actividades relacionadas con el alcohol carburante y/o su mezcla, quedan obligados, conforme a las leyes de la República, a reparar los daños y perjuicios que con motivo del manejo del alcohol carburante y/o su mezcla irroguen al Estado, y/o a particulares y sus respectivos bienes; asimismo, a reparar los daños y perjuicios derivados de la contaminación del medio ambiente y subsanar las causas que la motiven.

En resumen, los productores, las distribuidoras y los transportistas no fueron consultados, están siendo obligados y serán hechos responsables por daños y perjuicios relacionados con la mezcla de alcohol carburante.

Artículo 7°. Materia prima. La producción agrícola destinada como materia prima para obtener alcohol carburante, no perjudicará el abastecimiento de productos agrícolas para la elaboración de alimentos y el

que utilizan las agroindustrias destinados al consumo interno. Para incentivar el uso y aprovechamiento de los recursos naturales renovables, los productores de alcohol carburante utilizarán materia prima nacional, salvo casos especiales o cuando no hubiere materia prima adicional disponible, en lo que el Ministerio, podrá autorizarles la utilización de materia prima extranjera.

Artículo 8º. Abastecimiento del mercado interno. El Ministerio establecerá anualmente la cuota o meta global en volumen de alcohol carburante que se destinará al abastecimiento del mercado nacional. Para los efectos de la cuotas por productor, se tomará como base la capacidad de producción de las destilerías autorizadas y la demanda nacional de dicho producto que se estime para el mismo período de acuerdo al Reglamento de esta ley.

Artículo 9º. Almacenamiento. Cada productor, contará con instalaciones para el almacenamiento del volumen mínimo del alcohol carburante que garantice el abastecimiento permanente del mercado nacional, de acuerdo a las cuotas fijadas por el Ministerio.

Artículo 11. Distribución. El productor está obligado a vender alcohol etílico anhidro desnaturalizado en el mercado nacional, con exclusividad a las distribuidoras legalmente inscritas y alcohol etílico hidratado desnaturalizado a las distribuidoras y a consumos propios autorizados. Las distribuidoras que se encuentran legalmente inscritas en el Departamento de Registro del Ministerio, efectuarán la mezcla y la distribución del alcohol carburante y de la mezcla. La relación comercial entre productores y distribuidoras se realizará sin intervención directa del Ministerio, sujetándose a las normas propias de derecho privado, pero respetando y aceptando los precios oficiales fijados por dicho ministerio.

Artículo 12. Del expendio y estaciones de servicio. Las estaciones de servicio autorizadas legalmente para expender el combustible que reúnan los requisitos técnicos, venderán la mezcla o el alcohol etílico hidratado desnaturalizado cuando sea el caso, debiendo observar las normas que regulan su actividad actual y lo preceptuado en esta ley, su reglamento y demás disposiciones afines que se emitan.

Artículo 13. Porcentaje de mezcla. El Ministerio para el caso del alcohol etílico anhidro desnaturalizado, fijará por Acuerdo Ministerial, a más tardar en el mes de octubre de cada año, los porcentajes a mezclarse con productos petroleros para consumo del año siguiente. En todo caso, el porcentaje de alcohol mencionado a mezclarse por galón de gasolina, no será menor del cinco por ciento (5%).

En el Artículo 31 se establece la exoneración de impuestos de importación y del Impuesto al Valor Agregado (IVA) para las operaciones vinculadas con la producción de alcohol carburante.

En el Artículo 36 se fijan las multas a los infractores entre Q1,000 y Q10,000.

El Artículo 39 establece que en la segunda o tercera infracción se puede duplicar la multa e incluso suspender la patente de comercio extendida por el Registro Mercantil de la República y la licencia o autorización para operar que le haya otorgado el Ministerio por medio de sus respectivas direcciones.

En un principio, el ministro de Energía y Minas Alberto Pimentel informó que en base al Proyecto Piloto Movilidad Verde 2020 definirían un proyecto de ley para presentarlo al Congreso en 2021. ^{vii}

Luego cambiaron la estrategia. Optaron por actualizar la **Ley de Alcohol Carburante (Decreto 17-85)** promulgada en 1985. Esta ley está vigente, pero no se ha aplicado en el país porque contiene normativas que contravienen la Constitución vigente y la **Ley de Comercialización de Hidrocarburos (Decreto Ley N.º 109-97)**. Esta última establece libertad de comercio con precios libres.

Esta ley no reconoce y no integra el marco legal de la **Ley de Alcohol Carburante**.

La consultora independiente del tema ambiental Ana María Palomo González, presentó una acción legal en la Corte de Constitucionalidad (CC) contra los artículos 29, 30, 34, así como contra varias frases que se refieren a los precios oficiales fijados por el Ministerio de Energía, contenida en el artículo 11 del decreto 17-85. Los

artículos 29 y 30 se refieren a precios. El 34 contiene una tasa de 2.4% sobre la producción del precio de destilería por galón. También se establecían límites para la misma. Además, indica que la gasolina debe tener al menos 5% de etanol. La Corte de Constitucionalidad emitió sentencia favorable. ^{viii} (Prensa Libre Guatemala, 24 de mayo de 2022).

En resumen, la Ley de Alcohol Carburante contiene la obligatoriedad de compra de alcohol carburante o etanol a productores nacionales en porcentajes fijados anualmente por el MEM con libertad de precios y exoneración de impuestos a los productores.

Este es un privilegio que se concede a los productores de etanol, agremiados en la Asociación de Combustibles Renovables de Guatemala (ACR), que deviene en un monopolio sin protección alguna para el consumidor.

El Artículo 43 de la Constitución Política de la República de Guatemala dice así: “Se reconoce la libertad de industria, de comercio y de trabajo...”

El Artículo 130 dice así: “Se prohíben los monopolios y privilegios. El Estado, limitará el funcionamiento de las empresas que absorban o tiendan a absorber, en perjuicio de la economía nacional, la producción en uno o más ramos industriales o de una misma actividad comercial o agropecuaria.”

El Congreso de la República aprobó la Ley de Competencia, Decreto 32-2024, el 19 de noviembre de 2024.

Esta ley busca prevenir y sancionar prácticas monopolizadoras o anticompetitivas, de manera que el mercado opere bajo reglas que beneficien al consumidor.

Se encuentra en proceso de nombrar al Directorio y posteriormente al Superintendente.

Es contradictorio que mientras se implementa la Ley de Competencia, el Ejecutivo está promoviendo un monopolio y privilegios para los productores de etanol, en perjuicio de consumidor.

El Artículo 39 de la Constitución establece que la propiedad privada es

un derecho inviolable y el Estado garantiza su ejercicio.

El Artículo 40 de la Constitución establece el derecho a la expropiación por causa de utilidad colectiva.

Los daños a motos de baja cilindrada y automóviles viejos a causa de la mezcla obligatoria de gasolina con etanol, violan estos principio constitucionales. Pueden ser considerados como una expropiación indirecta sin compensación.

Reglamento General de la Ley de Alcohol Carburante

El 12 de julio de 2023 el Ministerio) publicó en el Diario de Centroamérica el **Reglamento General de la Ley de Alcohol Carburante, Acuerdo Gubernativo Número 159-2023** en el cual establece el uso de etanol obligatorio a partir del 1 de enero de 2025 con una mezcla inicial del 10%.

Leamos ahora los aspectos más relevantes del Reglamento para comprender este estudio.

Artículo 1. Definiciones y abreviaturas.

Hago una selección que nos será útil en la comprensión de este estudio.

A. Alcohol Carburante: Es el alcohol etílico anhidro desnaturalizado, utilizable como combustible mezclado con productos petroleros, apropiado para ser usado en motores de combustión interna, incluyendo el Etanol Avanzado en las proporciones correspondientes.

Aclaración: El desnaturalizante es un producto químico que se agrega al alcohol etílico para darle un sabor desagradable sin alterar sus propiedades germicidas y antisépticas.

E. Departamento: Es la dependencia de la Dirección General de Energía del MEM, a la que se deberá de dotar de todas las funciones y atribuciones que la Ley de Alcohol Carburante le asigna a la Dirección General de Fuentes Nuevas y renovables de Energía.

De manera que se crea una doble burocracia, añadiendo este Departamento que pertenece a la Dirección General de Energía del MEM,

a ya existente Dirección General de Hidrocarburos.

I. Distribuidor: Es la persona individual o jurídica autorizada para dedicarse al almacenamiento y distribución de productos petroleros, alcohol carburante y/o su mezcla, a granel a las estaciones de servicio y consumos propios.

K. Etanol Avanzado: Es el alcohol carburante o el alcohol etílico anhidro derivado de biomasa agrícola, que se usará para mezclarlo con gasolinas, con una emisión de gases de efecto invernadero menor a veintiocho punto seis gramos de dióxido de carbono equivalente por Mega Joule (28.6 g de CO₂ eq/MJ).

La ley solamente habla de alcohol carburante. El reglamento no puede ser específico, añadiendo y definiendo el etanol avanzado.

Este límite, que solo puede ser cumplido por etanol derivado de caña de azúcar, actúa como una barrera no arancelaria para los productores de etanol a base de maíz, cuyo nivel de emisión se sitúa entre 45 y 58 gramos

de CO₂ por *megajoule*. La norma busca promover la producción de etanol más sostenible, pero genera controversia al favorecer la producción de caña de azúcar y restringir la participación de otros cultivos.

La huella de carbono refleja los gases emitidos por una actividad en todas las etapas. Su cálculo se realiza de forma teórica, ya que de forma experimental es inviable. Por lo cual depende del criterio subjetivo del funcionario que lo realice.

Como referencia, la producción de etanol por hectárea varía significativamente según la materia prima y la región. Brasil, utilizando caña de azúcar, lidera con 7,000 litros por hectárea, seguido por India con 5,200 litros, mientras que maíz en la UE produce 4,000 litros y trigo en la UE, 1,900 litros por hectárea. ^{ix}

El maíz y otros cultivos que producen etanol con mayores emisiones de gases de efecto invernadero se ven perjudicados, ya que no cumplen con el requisito establecido.

Artículo 14. Obliga a que un mínimo del 60% de etanol avanzado con respecto del total del alcohol carburante sea utilizado.

Los importadores y distribuidores de combustible de Guatemala, actualmente compiten actualmente bajo la Ley de Comercialización de Hidrocarburos, Decreto Número 109-97.

Ahora se forma un monopolio para los productores de etanol no contemplado en esa ley.

En el Capítulo III Abastecimiento del mercado interno y garantía de suministro de dicho Acuerdo Gubernativo, resaltan los siguientes puntos.

“Artículo 10. Porcentaje de Mezcla y Seguridad de Suministro.”

En el inciso A dice que el MEM fijará anualmente el porcentaje de Mezcla de Alcohol Carburante con gasolinas.

De manera que no hay ningún impedimento para que el porcentaje sea aumentado de 10% a 15%.

En el inciso B dice que el MEM fijará anualmente El porcentaje de Alcohol

Carburante y de Etanol Avanzado a Mezclarse con gasolinás.

De acuerdo a las definiciones anteriores, el Alcohol Carburante es genérico y el Etanol Avanzado es un producto diferenciado que depende del criterio que emita un funcionario sobre la emisión de gases de efecto invernadero de mismo.

El Artículo 14 dice que es obligatorio mezclar, como mínimo, un sesenta por ciento de Etanol Avanzado con respecto al total de Alcohol Carburante utilizado. Esto lo convierte automáticamente en una barrera no arancelaria.

“Artículo 11. Precios de Referencia Internacionales del Alcohol Carburante y Disrupción de Mercado.

Resalto dos frases de este artículo:

“El Ministerio y sus dependencias para determinar si existen una distorsión de precios en el Alcohol Carburante deberá utilizar los precios internacionales de referencia establecidos en el presente Reglamento.”

“En el caso que el Ministerio y sus dependencias detecten un caso de distorsión de precios, podrán tomar las acciones legales que correspondieren, incluyendo, pero sin limitarse a las leyes de protección al consumidor y las leyes penales.”

Para establecer si existe una distorsión de precios, se utilizarán referencias internacionales, tales como índices de Rotterdam, Chicago y Houston.

En países latinoamericanos que importan combustibles, como Guatemala, El Salvador, Panamá o República Dominicana, los precios de referencia se basan en:

Rotterdam si el proveedor es europeo (Repsol, Puma, etc.).

Houston/USGC si el proveedor es estadounidense (Valero, ExxonMobil, etc.).

Las licitaciones y contratos de suministro suelen incluir cláusulas como:

“Precio base: gasolina regular Rotterdam + flete + prima”.

O bien: “ULSD USGC Platts + flete CIF + margen”.

Rotterdam es más global y centrado en productos refinados europeos.

Houston/USGC es más regional (América), pero muy influyente en el comercio de combustibles por su capacidad de producción y exportación.

La diferencia promedio de precio entre los mercados de Rotterdam y Houston/USGC depende del producto específico (gasolina, diésel, jet fuel), la temporada y los factores logísticos (flete, demanda regional, tipo de contrato). Sin embargo, a continuación, se resumen las diferencias típicas:

1. Gasolina regular (RBOB o equivalente)

Referencia	Precio promedio histórico (USD/barril)	Diferencia estimada
USGC – Houston	\$75 – \$90	
Rotterdam	\$80 – \$95	+\$3 a \$7 por barril. ^x

Rotterdam suele ser más caro por el costo logístico europeo, regulaciones ambientales y menor capacidad de refinación comparada con el Golfo de EE.UU.

Estos índices internacionales no toman en cuenta la exoneración al Impuesto al Valor Agregado (IVA) sobre importaciones y el Impuesto Sobre Distribución de Petróleo y Derivados

(IDP) que tiene el etanol en Guatemala. Tampoco considera el aumento de consumo de combustible de 6% al usar un mezcla de gasolina con 10% de alcohol carburante, como explicaremos más adelante. Los costos logísticos deben ser considerados objetivamente e incluidos en la ecuación.

En lugar de usar índices internacionales, quizás deberíamos de inventar uno nuevo: el índice de Siquinalá, región productora de azúcar.

El precio del etanol obligatorio puede ser fijado libremente por los productores, de acuerdo a la Ley de Comercialización de Hidrocarburos (Decreto Número 109-97). Como un atenuante, el reglamento de la ley de alcohol carburante estipula que el MEM podrá intervenir si demuestra distorsión de precios, difícil de determinar, por lo que el Artículo 11 no sería coercitivo.

“Artículo 15. Libertad de contratación y seguridad de abastecimiento. El abastecimiento de Alcohol Carburante y Etanol Avanzado estará regido por el principio de libertad de contratación, de manera que tanto las Distribuidoras Registradas como los Productores

Registrados, podrán libremente contratar en relación al Alcohol Carburante, salvo el caso de lo establecido en el artículo dieciséis del presente Reglamento.”

Esta libertad de contratación está limitada por la obligatoriedad de compra por parte de las Distribuidoras Registradas a los Productores Registrados.

El artículo 34 se titula:
Contabilización de Emisiones de Gases Efecto Invernadero por Tipo de Alcohol Carburante y Mezcla.

El objetivo de este artículo es contabilizar y certificar la supuesta reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, por virtud del uso de alcohol carburante utilizado en la mezcla.

Como ya lo mencionamos, la huella de carbono refleja los gases emitidos por una actividad en todas las etapas.

La única forma de que la huella de carbono de etanol sea menor que la del producto que sustituye, es que no se tome en cuenta la deforestación que implica el cultivo de la caña de azúcar.

Si se toma en cuenta dicha deforestación, producir etanol libera al menos 17 veces más dióxido de carbono en comparación a los combustibles fósiles. ^{xi}

Esta contabilización es un montaje para “cumplir” con acuerdos internacionales de reducción de CO2 y justificar el etanol obligatorio.

El resultado es que caemos en una ley y su reglamento de aplicación nacional que contiene la obligatoriedad de compra de alcohol carburante o etanol a productores nacionales en porcentajes fijados anualmente por el MEM con libertad de precios y exoneración de impuestos a los productores.

La Ley de Alcohol Carburante, que data de 1985, no fue aplicada debido a la falta de un reglamento, mismo que fue emitido hasta en 2023, pero fue sujeto de una acción ante la CC, organismo que resolvió sin lugar dicha impugnación en diciembre último (2025). Por lo tanto, deja en firme el inicio de la implementación de dicha mezcla para 2026.

Según lo planteado por los ponentes de la acción, el término "etanol avanzado" agregado a la definición de alcohol carburante, altera la ley general y, por lo tanto, lo consideraban inconstitucional. También alegaron que se le otorgó al MEM funciones que la ley no le otorga, como dictaminar en caso exista distorsión de precios.

Sin embargo, en su resolución, la CC indicó que los argumentos de confrontación formulados por el solicitante "resultan insuficientes", por lo tanto, no pudo demostrar los vicios de inconstitucionalidad señalados. ^{xii}

Tras resolución de la CC, Guatemala deberá mezclar gasolina con etanol en 2026.

El Decreto 68-86, Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente

En su Artículo 8, dice así:

Para todo proyecto, obra, industria o cualquier otra actividad que por sus características pueda producir deterioro a los recursos naturales renovables o no, al ambiente, o introducir modificaciones nocivas o notorias al

paisaje y a los recursos culturales del patrimonio nacional, será necesario previamente a su desarrollo un estudio de evaluación del impacto ambiental, realizado por técnicos en la materia y aprobado por la Comisión del Medio Ambiente.

El funcionario que omitiere exigir el estudio de Impacto Ambiental de conformidad con este Artículo será responsable personalmente por incumplimiento de deberes, así como el particular que omitiere cumplir con dicho estudio de Impacto Ambiental será sancionado con una multa de Q.5,000.00 a Q.100,000.00. En caso de no cumplir con este requisito en el término de seis meses de haber sido multado, el negocio será clausurado en tanto no cumpla.

¿Dónde está la ministra de ambiente?

Haciendo publicaciones a favor del etanol obligatorio, en lugar de cumplir con sus obligaciones.

<https://x.com/patty0502/status/1822794950800531610?s=12&t=HgEpKqgA6pglZQ33xuxq4A>



Patty Orantes 
@patty502

...

Acordamos dos cosas importantes: Asegurar en 2024 el primer pago de créditos de carbono a proyectos que han evitado la deforestación y promovido el secuestro de carbono con bosques; y acelerar el paso para que en 2026 comencemos a usar etanol como combustible para vehículos.   



Gobierno de Guatemala  @GuatemalaGob · 9 ago. 2024

El presidente @BArevalodeLeon lideró la reunión del Consejo Nacional del Cambio Climático, que tiene el objetivo de impulsar nuevas estrategias para enfrentar el cambio climático.  

Con medidas para cuidar los recursos naturales, Guatemala sale adelante.



Conclusiones

La implementación obligatoria del etanol en Guatemala, a través del Decreto 17-85 y su reglamento 159-2023, representa un giro legal significativo que impacta múltiples esferas: el marco constitucional, el funcionamiento del libre mercado, la

competencia, los derechos del consumidor y la protección ambiental.

Primero, la Ley de Alcohol Carburante impone una compra obligatoria de etanol a productores nacionales, con precios fijados por el Ministerio de Energía y Minas (MEM), exoneración de impuestos y condiciones de mercado protegidas.

Esto constituye un privilegio económico que vulnera los principios de libre comercio y prohibición de monopolios establecidos en los Artículos 43 y 130 de la Constitución de la República, así como los objetivos de la reciente Ley de Competencia (Decreto 32-2024).

Segundo, el Reglamento General introdujo de forma unilateral el concepto de “etanol avanzado”, añadiendo criterios técnicos que favorecen a ciertos productores —especialmente los derivados de caña de azúcar— y excluyen otras fuentes como el maíz, lo cual constituye una barrera no arancelaria disfrazada. Esta alteración conceptual no fue contemplada en la ley original y puede interpretarse como una extralimitación reglamentaria que desnaturaliza el mandato legal.

Tercero, el uso de índices internacionales de referencia para controlar posibles distorsiones de precios no considera la realidad local, las exoneraciones fiscales ni el aumento del consumo de combustible derivado del uso de etanol. En consecuencia, estos mecanismos son insuficientes para proteger al consumidor final de alzas arbitrarias.

Cuarto, la imposición de la mezcla sin realizar estudios de impacto ambiental, como exige el Artículo 8 del Decreto 68-86 (Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente), compromete la legalidad y sostenibilidad del proyecto.

Además, no se ha garantizado la participación efectiva de los sectores involucrados ni se ha informado adecuadamente a la población sobre los riesgos técnicos y económicos.

Por último, la resolución de la Corte de Constitucionalidad que declara sin lugar la impugnación al reglamento no aborda el fondo de los vicios señalados: la falta de estudio ambiental, la inconstitucionalidad del privilegio monopólico ni los efectos negativos sobre los derechos de propiedad y el libre mercado.

En síntesis, el programa de etanol obligatorio en Guatemala adolece de fundamentos legales sólidos, rompe el equilibrio de poderes en la formulación de políticas energéticas y contradice principios constitucionales fundamentales. Urge una revisión profunda que asegure legalidad, sostenibilidad, participación ciudadana y protección al consumidor.

Combustibles alternativos

El uso de combustibles alternativos ha ganado relevancia global como posible solución a la contaminación ambiental y a la dependencia de los derivados del petróleo. Aunque su impulso responde a objetivos ambientales y de diversificación energética, cuanto más se promueven, más evidente se vuelve la complejidad técnica y económica que conllevan.

Uno de sus principales atractivos es el potencial de reducción de emisiones, además de su precio competitivo en algunos casos. Sin embargo, no deben evaluarse únicamente por su costo, sino también por su impacto ambiental real, compatibilidad con la infraestructura existente, efectos en los motores y sostenibilidad en el largo plazo.

A continuación, se describen los combustibles alternativos más comunes:

1. Gas natural (CNG – Compressed Natural Gas)

Es un combustible fósil que se extrae del subsuelo en forma gaseosa. Su componente principal es el metano, un hidrocarburo ligero que se quema con menor emisión de CO₂ en comparación con la gasolina o el diésel. Además, el gas natural es la fuente primaria para la obtención de propano y metanol.

Ventajas: baja emisión de partículas, bajo costo.

Desafíos: requiere estaciones de carga especializadas, almacenamiento a alta presión y modificación de motores.

2. Gas licuado de petróleo (LPG – Liquefied Petroleum Gas)

Constituido principalmente por propano y butano, es un subproducto del gas natural o del refinado de petróleo. Se licúa a presiones moderadas para su transporte y almacenamiento.

Ventajas: menor emisión de contaminantes que gasolina o diésel, buena disponibilidad.

Desafíos: menor autonomía vehicular, menor densidad energética, necesidad de adaptación vehicular.

3. Alcoholes y éteres (compuestos oxigenados)

Estos compuestos mejoran la combustión al aportar oxígeno adicional al proceso. Los éteres, como el MTBE y ETBE, se utilizan exclusivamente como aditivos. Entre los alcoholes destacan:

Metanol: obtenido del gas natural o biomasa, tiene alta toxicidad y propiedades corrosivas, por lo que su uso directo en vehículos es limitado.

Etanol: es el biocombustible más ampliamente utilizado. Se produce por fermentación de cultivos como caña de azúcar, maíz, trigo o yuca. En mezclas con gasolina (E10, E15 o E85), mejora el octanaje y reduce ciertas emisiones.

Ventajas del etanol: renovable, oxigenado, biodegradable.

Desafíos: puede generar corrosión, problemas de compatibilidad mecánica y presión sobre cultivos alimentarios.

4. Biodiésel

Se obtiene por transesterificación, una reacción química entre aceites vegetales (como soya, palma africana, canola, girasol) o grasas animales y un alcohol (generalmente metanol), en presencia de un catalizador. Se puede usar puro (B100) o en mezclas con diésel (B20, B5).

Ventajas: biodegradable, menor emisión de CO₂ neto.

Desafíos: puede afectar filtros, inyectores y sistemas de combustión si no hay adaptación previa.

5. Hidrógeno

Es el combustible con mayor contenido energético por unidad de masa. Puede obtenerse a partir de gas natural (hidrógeno gris), mediante electrólisis con fuentes renovables (hidrógeno verde) o con captura de carbono (hidrógeno azul). Se emplea en pilas de combustible que generan electricidad

sin combustión, emitiendo únicamente vapor de agua.

Ventajas: cero emisiones directas, alta eficiencia.

Desafíos: costos elevados de producción y almacenamiento, falta de infraestructura, desafíos en seguridad y transporte.

Consideración final

El camino hacia una matriz energética más limpia y sostenible requiere evaluar cada combustible alternativo en su ciclo de vida completo, desde su origen hasta su uso final. Ningún combustible es universalmente superior: su viabilidad depende del contexto técnico, económico y ambiental de cada país.

Lucha política global etanol versus MTBE

Los aditivos para subir el octanaje de la gasolina permiten el uso de motores de mayor compresión y mejor desempeño.

El plomo es un aditivo barato y muy contaminante. El 31 de agosto de 2021, la ONU anunció que la gasolina con plomo está erradicada.

El plomo fue sustituido paulatinamente por Metil Terciario Butil Éter (MTBE).

Los agricultores comenzaron a presionar por utilizar etanol, producto de fermentación de azúcares, para competir con el MTBE. Los dos ofrecen un contenido de octanaje similar.

Se volvió una lucha más política que técnica entre ambos aditivos plagada de

argumentos a favor y en contra y por supuesto plagados de mentiras, falacias y omisiones.

Al igual que la mayoría de los éteres y alcoholes, el MTBE se disuelve fácilmente en agua. Si se derrama en el suelo, el agua de lluvia lo puede disolver y movilizarlo a través del suelo a agua subterránea o mantos superficiales. El MTBE no se acumula en plantas o peces que habitan lagos, lagunas y ríos.^{xiii}

Hubo dos derrames en Estados Unidos a los que se le dio mucha publicidad. Uno en el lago Santa Mónica y otro en el lago Tahoe (US EPA 2000).

EPA's Blue Ribbon Panel y los estados del noreste de los Estados Unidos apoyan los beneficios del MTBE. Como respuesta al ataque, se realizaron extensas revisiones en mantos acuíferos donde no se encontraron problemas.^{xiv}

Estados Unidos ha protegido tradicionalmente su sector agrícola, por medio de aranceles, contingentes de importación y exportación, subvenciones a la exportación,

restricciones sanitarias y fitosanitarias, ayuda a las inversiones y otras medidas que producen serias distorsiones en el mercado. ^{xv}

Los productores de etanol ganaron la batalla y el MTBE fue prohibido en los Estados Unidos y Canadá. A pesar de esta restricción, el menor costo y efectividad de MTBE lo convierten en el segundo tipo de aditivo de gasolina más grande a nivel mundial. ^{xvi} Los petroleros prefieren trabajar con MTBE.

Me pregunto si cada vez que ocurre un derrame petrolero o cualquier otro producto cierran la empresa o peor aún, la industria entera como fue en este caso.

Lo absurdo es que el uso de MTBE está prohibido en Estados Unidos, pero hay una empresa que lo produce allí y lo exporta a Venezuela, Chile y México. ^{xvii}

La mayoría de la gasolina que se vende en Estados Unidos está mezclada con etanol.

En *Ethanol Talks*, me enteré que la mezcla de etanol E10 planificada para Guatemala no es suficiente para cumplir

los requerimientos de octanaje en Guatemala y tendrán que combinarlo con cierta cantidad de MTBE.

La norma es 91 octanos en la gasolina regular y 95 en la superior. ^{xviii}

También han considerado soluciones un tanto exóticas para resolver el problema, como añadir a la mezcla nitropropano, un compuesto orgánico nitroderivado de toxicidad elevada, que también se utiliza como aditivo para la gasolina. ^{xix}

Toda comparación debe ser hecha evaluando MTBE versus mezclas de etanol como aditivo, al 10% (E10) o 15% (E15). La información proveniente del uso de etanol como combustible principal, por ejemplo, mezclas de 85% (E85) no tiene valor alguno para evaluar el etanol como aditivo.

El MTBE sigue siendo un aditivo dominante en el mercado debido a su eficiencia y rentabilidad. ^{xx} Compite con el etanol y otros aditivos potenciadores de octanaje para las refinerías: N-Metilanilina (NMA, MMA), Catalizador de combustión DROP, Aplidium®, MMT (Metilciclopentadienilmanganeso

tricarbonil), Ferroceno, y Tetraetilo de plomo (TEL), prohibido en la mayoría de países. ^{xxi}

Incremento de consumo de combustible con el uso de etanol

El poder calorífico es la cantidad de energía por unidad de masa o unidad de volumen de materia que se puede desprender al producirse una reacción química de oxidación. ^{xxii}

“Aunque el poder calorífico del MTBE es bajo, la prueba de manejo demuestra que el uso de gasolina que contiene 10 por ciento de MTBE puede reducir el consumo de combustible en un 7 por ciento...” ^{xxiii}

Con el uso de etanol se incrementa el consumo de combustible. Este factor debe ser considerado en cualquier comparación de precios con combustibles sin mezcla de etanol.

Pepo Toledo: Consulta a ChatGPT Plus

El consumo de combustible sube 6% con mezclas de etanol E10 por su menor densidad energética

Respuesta ChatGPT Plus

Sí, tu afirmación es correcta y está respaldada tanto por estudios científicos como por datos oficiales: el consumo de combustible aumenta entre 3% y 7% con mezclas E10, principalmente debido a la menor densidad energética del etanol frente a la gasolina pura.

Fundamento técnico

El etanol tiene un contenido energético más bajo que la gasolina:

Etanol anhidro: ~21.2 MJ/L.

Gasolina: ~32 MJ/L.

Al mezclar 10% de etanol (E10), el contenido energético promedio del combustible disminuye aproximadamente un 3-5% en energía por litro, dependiendo de la formulación de la gasolina base y aditivos.

Estudios y referencias clave

1. U.S. Department of Energy (DOE) y la EPA (Environmental Protection Agency) afirman:

E10 tiene una densidad energética aproximadamente 3-4% menor que la gasolina pura, por lo que el consumo de combustible (volumen necesario para recorrer la misma distancia) aumenta en el mismo orden.

Fuente: DOE Alternative Fuels Data Center – Ethanol Fuel Basics.

2. Argonne National Laboratory (estudio GREET) y el Laboratorio Nacional de Energía Renovable (NREL) coinciden en que E10 reduce el rendimiento energético en ~3% comparado con gasolina pura, pero advierten que en vehículos menos eficientes o con motores no optimizados el aumento de consumo puede ser mayor.

3. Consumers Reports (2013), tras pruebas de carretera, encontró que E10 puede aumentar el consumo hasta 5-6% en algunos vehículos, dependiendo del estilo de conducción y condiciones.

4. ACEA (Asociación Europea de Constructores de Automóviles) en sus informes técnicos establece que E10 aumenta el consumo de combustible entre 3% y 6% respecto a gasolina E0, confirmando el rango que mencionas.

Conclusión

La evidencia técnica respalda que las mezclas E10 provocan un incremento en el consumo de combustible de alrededor de 3-6%, debido a la menor densidad energética del etanol respecto a la gasolina. ^{xxiv}

Si el tanque de un vehículo tiene una autonomía de 500 kilómetros, al aumentar el consumo 6%, bajará a 472.

Pepo Toledo: Consulta a Google IA:

El uso de etanol en la gasolina, como en el caso de la mezcla E10 (10% de etanol), puede llevar a un aumento en el consumo de combustible debido a la menor densidad energética del etanol en comparación con la gasolina. La diferencia en contenido energético entre el etanol de caña de azúcar o maíz es mínima, y las calorías (energía) equivalen a la cantidad total de energía disponible. Sin embargo, como el etanol tiene una densidad energética menor, se necesita más volumen de mezcla con etanol para obtener la misma energía que con gasolina pura.

Respuesta Google IA:

La afirmación es correcta. El uso de etanol al 10% en la gasolina puede resultar en un aumento del consumo de combustible de alrededor del 6%. Esto se debe a que el etanol tiene una menor densidad energética en comparación con la gasolina, lo que significa que se necesita más volumen de etanol para obtener la misma cantidad de energía que con la gasolina pura. La diferencia en el contenido energético entre el etanol de caña y el de maíz es mínima, por lo que no afecta significativamente a este efecto. ^{xxv}

Pepo Toledo: Consulta a ChatGPT Plus

El uso de gasolina E10 puede reducir el consumo de combustible en un 7 por ciento por el bajo poder calorífico en el motor. Como el etanol es más volátil, se perderá más combustible por el sistema de ventilación del tanque de gasolina. ¿Cuál es el impacto de la pérdida por evaporación?

Respuesta ChatGPT Plus ^{xxvi}

El impacto de la pérdida por evaporación en mezclas como la gasolina **E10** se puede analizar en

varios niveles: técnico, ambiental y económico.

1. Razón de la mayor evaporación

- El **etanol es más volátil** que muchos hidrocarburos de la gasolina (tiene una presión de vapor más alta y además es higroscópico: absorbe agua del ambiente).
 - Cuando se mezcla con gasolina, **aumenta la presión de vapor Reid (RVP)** de la mezcla, lo que incrementa las emisiones evaporativas, sobre todo en climas cálidos como Guatemala.
 - Esto significa que parte del combustible se pierde en forma de vapores que salen por el **sistema de ventilación del tanque** (aun con canister de carbón activado, la eficiencia no es del 100%).
-

2. Magnitud de la pérdida

Los estudios de la EPA (EE.UU.) y del CRC (Coordinating Research Council) muestran que:

- La evaporación de gasolina pura puede rondar **2–3% del volumen almacenado anualmente** en climas cálidos.
 - Con mezclas E10, esa cifra puede aumentar en **20–50%** dependiendo de la formulación y la temperatura.
 - Ejemplo: si en un auto se pierden 2 litros por evaporación al año con gasolina pura, con E10 la pérdida podría llegar a 2.5–3 litros.
 - En estaciones de servicio y tanques de almacenamiento, el impacto es mayor, porque el volumen es grande y las pérdidas se multiplican.
-

3. Consecuencias ambientales

- **Aumento de emisiones de COV (compuestos orgánicos volátiles)** → contribuyen a la formación de ozono troposférico y smog fotoquímico.

- **Mayor riesgo de contaminación de aire local** en las zonas urbanas.
 - El etanol volatilizado puede además oxidarse parcialmente formando **acetaldehído**, un contaminante más tóxico.
-

4. Impacto económico

- Aunque la pérdida por evaporación **no parece grande a nivel individual** (menos de 1% del consumo de un automóvil), en escala nacional sí es significativa.
 - En un país que consume, por ejemplo, **1 millón de barriles de gasolina al año**, una pérdida adicional del 0.5% equivale a **5,000 barriles**, lo cual representa millones de quetzales al año evaporados literalmente al aire.
-

En conclusión:

El uso de E10 no solo reduce el rendimiento en el motor ($\approx 7\%$ por el

menor poder calorífico), sino que también **aumenta las pérdidas por evaporación** debido a la mayor volatilidad del etanol. Estas pérdidas, aunque pequeñas por vehículo, se vuelven relevantes a nivel de flota y de almacenamiento, incrementando tanto el costo económico como el impacto ambiental por emisiones evaporativas.

Cálculo estimado del costo anual en quetzales de estas pérdidas por evaporación en Guatemala, usando datos de consumo nacional de gasolina

Tres escenarios (conservador, típico y alto).

Datos base (Guatemala)

Consumo anual de gasolina (2023): \approx 2,512 millones de litros

(43.3 mil barriles/día \times 158.987 L/barril \times 365 días). Fuente del dato de consumo: 43.3 kb/d.

TheGlobalEconomy.com

Precio reciente de gasolina regular (área metropolitana, autoservicio): Q 28.54 por galón \approx Q 7.54 por litro (\div 3.785). Corte al 25-ago-2025 del MEM.

Ministerio de Energía y Minas.

¿Cuánto “sube” la evaporación con E10?

Mezclar etanol aumenta la RVP del combustible y con ello las emisiones evaporativas. Estudios y evaluaciones regulatorias advierten incrementos relevantes de VOC al usar mezclas con etanol por el efecto RVP (especialmente con *waivers* de RVP). Para el cálculo usaré un aumento del 20% a 50% de las pérdidas evaporativas frente a gasolina sin etanol como rango plausible.

Coordinating Research Council

US EPA

Además:

En estaciones, se han reportado factores de emisión por la tubería de venteo de $\sim 0.17\text{--}0.21$ kg por 1,000 L despachados ($\approx 0.02\%$ en masa solo por el venteo, sin contar otras vías).

PMC

Algunos estudios de pérdidas en tanques reportan $\approx 0.5\%$ del *throughput* (caso de estudio industrial; lo uso como

cota alta del “todo-incluido” en almacenamiento/mercadeo).

ResearchGate

Los vehículos con ORVR/canister modernos controlan gran parte de vapores, pero la eficiencia real de flota depende del parque vehicular (en EE. UU. se proyectan eficiencias ~95% con ORVR, pero en flotas más antiguas ese control es menor).

Department of the Environment

Escenarios y resultados

Tomemos como pérdida base (gasolina sin etanol) un valor típico de 0.25% del volumen total a lo largo de la cadena (tanques, surtido y vehículos). Luego aplicamos el incremento por E10 de +20% a +50% sobre esa pérdida base.

Consumo anual: 2,512,710,000 L
(cálculo arriba).

Pérdida base 0.25% (sin etanol):
6,281,775 L/año → Q 47.1 millones/año
(× Q7.5/L).

Impacto incremental por E10:

+20% sobre la pérdida base \Rightarrow
1,256,355 L/año adicionales \Rightarrow Q 9.42
millones/año.

+50% sobre la pérdida base \Rightarrow
3,140,888 L/año adicionales \Rightarrow Q 23.56
millones/año.

Para dar contexto, si en vez de 0.25%
usáramos los extremos:

Conservador 0.10% (cadena muy
controlada): pérdida total 2.51 millones
L (Q 18.8 M); el extra por E10 (20–50%)
sería 0.50–1.26 millones L (Q 3.8–9.4
M).

Alto 0.50% (instalaciones/controles
deficientes): pérdida total 12.56 millones
L (Q 94.2 M); el extra por E10 (20–50%)
sería 2.51–6.28 millones L (Q 18.9–47.1
M).

ResearchGate

US EPA

Conclusión rápida

Con supuestos prudentes para
Guatemala (0.25% de evaporación base
en la cadena), el E10 podría añadir del
orden de Q 9 a Q 24 millones/año en
pérdidas por evaporación, solo por el

efecto RVP/volatilidad (sin contar el 7% de mayor consumo por menor poder calorífico).

Si la infraestructura y el control de vapores son peores que el estándar, el impacto puede subir sustancialmente.

Conclusiones

El análisis integral sobre el uso de mezclas de gasolina con etanol, particularmente E10, permite establecer varias conclusiones técnicas, económicas y ambientales de relevancia para la toma de decisiones en política energética y en la operación del mercado de combustibles en Guatemala.

1. Incremento en el consumo de combustible

El etanol posee un poder calorífico significativamente menor que la gasolina (≈ 21.2 MJ/L frente a ≈ 32 MJ/L). Al incorporarse en una proporción del 10% (E10), la densidad energética del combustible disminuye en promedio un 3–6%, lo que se traduce en un aumento real del consumo de entre 3% y 7%,

dependiendo de la eficiencia del motor y las condiciones de uso. Esto implica que, aunque el precio por litro pueda parecer competitivo, el costo por kilómetro recorrido para el usuario final se incrementa.

2. Pérdidas adicionales por evaporación

El etanol es más volátil e higroscópico que la gasolina. Su mezcla incrementa la presión de vapor Reid (RVP), elevando las pérdidas por evaporación tanto en vehículos como en sistemas de almacenamiento y distribución. A nivel individual, estas pérdidas pueden parecer mínimas, pero al escalarse al consumo nacional se convierten en un factor económico y ambiental relevante.

3. Impacto económico nacional

Con un consumo anual de más de 2,500 millones de litros de gasolina en Guatemala, las pérdidas adicionales por evaporación atribuibles al uso de E10 pueden oscilar entre Q 9 y Q 24 millones anuales en un escenario típico, alcanzando hasta Q 47 millones en condiciones de infraestructura deficiente y control insuficiente de vapores. Esta

pérdida se suma al mayor volumen de combustible requerido para cubrir la misma distancia, lo que aumenta el gasto de consumidores, empresas y Estado.

4. Impacto ambiental

El incremento en las emisiones evaporativas genera una mayor liberación de compuestos orgánicos volátiles (COV), los cuales contribuyen a la formación de ozono troposférico y smog fotoquímico en las ciudades. Adicionalmente, el etanol volatilizado puede oxidarse parcialmente en la atmósfera produciendo acetaldehído, un contaminante más nocivo. Por lo tanto, el uso de E10 no solo representa un mayor costo económico sino también un incremento en la carga ambiental y sanitaria.

5. Consideraciones estratégicas

La adopción de mezclas con etanol debe evaluarse no únicamente desde la perspectiva de la diversificación energética o del alineamiento con agendas internacionales, sino también considerando la realidad técnica de la infraestructura nacional, la antigüedad

del parque vehicular y la capacidad de control ambiental. Ignorar estos factores puede derivar en costos ocultos significativos que impactan la economía del consumidor y la salud pública.

Síntesis final

El uso de gasolina E10 en Guatemala implicaría un doble incremento en el consumo y en las pérdidas económicas por evaporación, acompañado de un aumento en las emisiones contaminantes. Estos efectos, aunque técnicamente conocidos, suelen minimizarse en los discursos institucionales. La evidencia técnica y los cálculos presentados muestran que su magnitud es considerable y debe formar parte central en cualquier decisión de implementación de mezclas de etanol a nivel nacional.

El etanol es ecológicamente indefendible

La comparación entre las emisiones de gases y demás efectos ambientales entre el etanol versus el MTBE como potenciadores de octanaje de la gasolina, se debe hacer en cuatro niveles.

1. Aumento de ozono por el uso de etanol.
2. Contaminantes propios del etanol.
3. Emisiones del motor de los vehículos.
4. Daños mecánicos y ambientales por aumento de NOx
5. Huella de carbono.

1. Aumento de ozono por el uso de etanol

El etanol produce gases contaminantes como ozono, peróxidos orgánicos, y nitratos de peroxiacilo. Estos contaminantes pueden provocar *smog* fotoquímico, un fenómeno que irrita los ojos y los órganos respiratorios. Es cancerígeno.

El ozono se encuentra en forma natural en la estratósfera, formando la denominada capa de ozono. Actúa como un filtro que no deja pasar la radiación hasta la superficie de la tierra, que puede causar cáncer en la piel.

El ozono troposférico u ozono ambiental se encuentra en la zona más baja de la atmósfera y es dañino para la salud humana.^{xxvii}

Los contaminantes secundarios son el resultado de las interacciones entre contaminantes primarios, componentes naturales de la atmósfera y la luz del sol.

Cuando los hidrocarburos no quemados y principalmente los óxidos de nitrógeno se concentran en la atmósfera y chocan con los rayos del sol, ocurre una reacción fotoquímica que produce compuestos químicos

llamados oxidantes, tales como el ozono, peróxidos orgánicos, y nitratos de peroxiacilo.

El resultante es una niebla espesa con humo; el fenómeno es conocido como *smog* fotoquímico, el cual es cancerígeno e irrita los órganos respiratorios. ^{xxviii}

Los contaminantes emitidos a la atmósfera pueden tener un origen natural y se suman a los producidos por el hombre.

Dado que las emisiones de hidrocarburos de los automóviles en su funcionamiento son quemados o eliminados en su mayoría, las emisiones de ozono provienen principalmente del manejo del combustible.

Los hidrocarburos no quemados que se liberan a la atmósfera por pérdidas por evaporación en el almacenamiento y trasiego en la cadena de abastecimiento de combustibles.

Estas emisiones de ozono son mucho mayores con el etanol, ya que al tener una presión de vapor más alta es más volátil comparado con la gasolina.

El etanol se prohíbe en zonas metropolitanas por alta emisión de ozono

El uso de etanol como oxigenante en gasolinas está prohibido en algunas zonas metropolitanas de México, tales como el Valle de México, Guadalajara y Monterrey.

Los niveles de etanol en la gasolina pueden incrementar de manera importante los niveles de ozono en las ciudades, ocasionando mala calidad del aire. La norma oficial mexicana 016-CRE-2016 permitió la mezcla de etanol con la gasolina al 10% (E10), pero mantuvo la prohibición de usarlo en cualquier proporción en las zonas metropolitanas de Monterrey, Guadalajara y Valle de México por sus altos niveles de ozono.^{xxix} En la Ciudad de México se puede apreciar la niebla espesa o *smog* fotoquímico.

Los productores de maíz de Estados Unidos estaban muy complacidos. Sin embargo, la Suprema Corte de Justicia de la Nación (SCJN) invalidó esta norma por razones de salud. El

contenido de etanol se mantuvo en un máximo de 5.8 por ciento.

Una investigación realizada por dos científicos de la Universidad Nacional de Singapur y la Northwestern University (EE UU) confirmó que el uso del etanol frente a la gasolina aumenta los niveles de contaminación por ozono en São Paulo (Brasil).^{xxx}

EI ACUERDO GUBERNATIVO NÚMERO 159-2023 en el cual establece el uso de etanol obligatorio en Guatemala a partir del 1 de enero de 2025 con una mezcla inicial del 10%.

En Estados Unidos, la venta de gasolina con 15% de etanol está prohibida entre el 1 de junio y el 15 de septiembre, en la temporada de verano cuando se registran los mayores desplazamientos, debido a que produce una mayor contaminación del aire.

Solo en el área metropolitana del departamento de Guatemala se moviliza el 43 por ciento del parque vehicular de todo el país.

Hago referencia a la edición del 29 de agosto de 2025 del matutino Prensa Libre en Guatemala.

PRENSA LIBRE

EN PERIODISMO INDEPENDIENTE, HONRADO Y DIGNO

Guatemala, viernes 20 de agosto de 2025 www.prensalibre.com

El MEJOR DE PAISOS CREDITADOS

PARTIDO GUATEMALA-EL SALVADOR

Acaparan miles de boletos para ver a Selección

Informe revela que dos mil 370 entradas se vendieron en apenas 23 transacciones Página 3

CALIDAD DEL AIRE

Guatemala tiene 4 de los puntos más contaminados de Latinoamérica

Página 6



RECALIBRACIÓN

Codedes acumulan ejecución de 22 por ciento; analistas critican rezago

Página 10

El Congreso reclama designación ilegal de magistrados en la CSJ

Página 4



MIGRACIÓN

11 guatemaltecos continúan en Alligator Alcatraz

Página 7



En la carátula podemos leer:
“Guatemala tiene 4 de los puntos más contaminados en Latinoamérica”.

El artículo en la página 6 hace referencia al Índice de calidad del Aire y Calidad de Vida de la Universidad de Chicago.

“El índice puntualiza que en la ciudad de Guatemala se encuentran cuatro de los 10 puntos con más contaminación

en Latinoamérica. Estos son la zona 8, 9 y 10 que se encuentran entre el tercer, cuarto y quinto puesto respectivamente, y la zona 11 en el séptimo.”

“En la región más contaminada del país, la zona 8 de la ciudad Guatemala, los residentes podrían vivir 4 años más - si la calidad del aire fuera optima-. En la capital de Guatemala, los residentes podrían ganar más de 4 y 3.3 años de esperanza de vida, respectivamente”, da a conocer el informe.”

“Las consecuencias en la vida de los ciudadanos son 2.1 años menos en la esperanza de vida, además de enfermedades respiratorias y cardíacas. Un estudio de la Universidad Rafael Landívar publicado hace algunos meses coincidió con este dato.”

Me pregunto quién se hará responsable cuando aparezca una niebla gris espesa sobre el área metropolitana, como la que se puede observar en Ciudad de México. ¿Los productores de etanol? ¿El Ministerio de Energía y minas? ¿El de ambiente?

2. Contaminantes propios del etanol

Hablemos ahora de otros contaminantes propios del uso de etanol en general.

Ya mencionamos los oxidantes, tales como el ozono, peróxidos orgánicos, y nitratos de peroxiacilo.

Haremos referencia al *Análisis de emisiones producidas por el uso de mezclas etanol-gasolina en vehículos del área metropolitana de Monterrey*.^{xxxii}

Se pueden presentar incrementos significativos en las emisiones de compuestos particulares muy tóxicos, como son los aldehídos y los acetaldehídos (Correa, 2003).

Por citar un ejemplo, en ciudades brasileñas se han reportado emisiones de acetaldehído sustancialmente mayores (hasta de un 700%) cuando se ha utilizado combustible E10 en vez de gasolina (Poulopoulos, 20019).

La combustión de etanol en motores de combustión interna produce acetaldehído y formaldehído (Martins 2003).

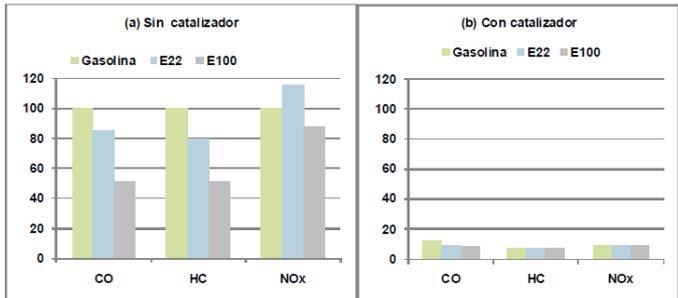
Estos compuestos son más reactivos en la atmósfera que sus precursores. La reacción de acetaldehído con radicales libres OH produce radicales de peroxiacetil que pueden reaccionar con NO₂ para formar nitrato de peroxiacetil (PAN) (Grosjean, 2002). Así mismo, la reacción de estos radicales libres favorece la formación ozono (O₃).

3. Emisiones del motor de los vehículos

Al usar mezclas de etanol unos contaminantes suben y otros bajan respecto al uso de gasolina con MTBE.

El etanol contiene más oxígeno, por lo que la combustión es más completa. Es por esto que, usando etanol, las emisiones monóxido de carbono (CO) y las de hidrocarburos no quemados (HC) son menores. Sin embargo, aumentan los óxidos de nitrógeno (NO_x). Éste se forma a altas temperaturas de combustión y bajo presión, condiciones que la mayor cantidad de oxígeno favorece.

Gráfico 15: Emisiones para automóviles (a) sin catalizador y (b) con catalizador, utilizando gasolina pura, gasolina+22% de etanol y etanol puro⁵⁷



Fuente: Joseph⁵⁸

57 Joseph Jr., H. "Long Term Experience from Dedicated and Flex-fuel Ethanol Vehicles in Brazil". Clean Vehicles and Fuels Symposium, 2005. Stockholm. 28 Jul., 2009. ^{xxxii}

58 Horta Nogueira, op. cit., p.50.

Como ya lo mencionamos, un vehículo con control de emisiones de gases y catalizador en buen estado de funcionamiento reduce las emisiones de gases en 99%. Cualquier medición, estudio o proyecto sobre reducciones del 1% restante es irrelevante.

Siempre hay que diferenciar los gases venenosos para el ser humano de las emisiones de efecto invernadero.

Al ser la combustión más completa aumentan las emisiones de dióxido de

carbono (CO₂). Al mismo tiempo disminuyen las emisiones tóxicas para el ser humano.

La gran mayoría de los contaminantes tóxicos se eliminan en motores controlados, como los que tenemos en Guatemala desde hace más de 30 años. Prácticamente lo único que emiten es CO₂.

Discutir acerca de aumento o reducción de emisiones con el uso de mezclas de combustible y etanol no tiene sentido.

4. Daños mecánicos y ambientales por aumento de NOX

Sin embargo, el aumento de emisiones de NO_x por el uso de mezcla de etanol puede causar importantes daños mecánicos en el motor y ambientales. Hice la siguiente pregunta a ChatGTP Plus

Pregunta de Pepo Toledo:

Verificar: El contenido de oxígeno en peso del etanol casi duplica al de la gasolina, por lo que los óxidos de

nitrógeno (NO_x) suben. -Eleva la temperatura en la cámara de combustión, el escape y el catalizador, generando desgaste y un aumento de las emisiones contaminantes.

Respuesta de ChatGPT Plus:

-Tienes razón al señalar que el etanol, pese a ser considerado un biocombustible más limpio en términos de CO y HC, puede incrementar ciertas emisiones contaminantes, particularmente los óxidos de nitrógeno (NO_x). Aquí te explico con más claridad y contexto técnico:

¿Por qué el E10 puede aumentar las emisiones de NO_x?

1. Mayor contenido de oxígeno en el etanol

-El etanol contiene aproximadamente 35% de oxígeno en peso, mientras que la gasolina tiene menos de 2%.

-Esta mayor cantidad de oxígeno favorece una combustión más completa, pero también incrementa la temperatura en la cámara de combustión.

2. Temperaturas más altas = Más NO_x

-Los NO_x (óxidos de nitrógeno) se forman a altas temperaturas, cuando el nitrógeno del aire se oxida.

-Al elevarse la temperatura en la cámara por el etanol, aumenta la formación de NO_x .

También se eleva la temperatura en:

El sistema de escape

El convertidor catalítico, lo cual acelera su desgaste y puede reducir su eficiencia con el tiempo.

Otros efectos relacionados

Positivos:

Menor emisión de monóxido de carbono (CO)

Reducción de hidrocarburos no quemados (HC)

Negativos:

Mayor producción de NO_x

En algunos casos, mayor emisión de aldehídos (como acetaldehído), que también son contaminantes atmosféricos preocupantes.

Conclusión técnica

-Si bien el E10 puede mejorar ciertos aspectos de la calidad del aire, su uso no está exento de efectos secundarios negativos, como el aumento de NO_x debido a la mayor temperatura de combustión. Los daños a los catalizadores, el principal filtros de emisiones de gases de los vehículos, elevan drásticamente los niveles de contaminación.

-Esto se vuelve más crítico en vehículos antiguos, sin control electrónico de mezcla aire-combustible, o con catalizadores desgastados. En Guatemala, donde el parque vehicular es mayoritariamente usado y antiguo, estos efectos pueden ser más pronunciados. ^{xxxiii}

Anteriormente indicamos que al usar etanol como aditivo E10 el consumo de combustible aumenta alrededor de 6%. En todos los casos las emisiones de CO₂ son directamente proporcionales al consumo. ^{xxxiv}

Otra referencia con conclusiones similares, es el estudio titulado ANN ARBOR realizado por investigadores de la Universidad de Michigan. Los investigadores concluyeron que el

creciente uso de biocombustibles se ha asociado con un aumento neto (en lugar de una disminución neta, como muchos han afirmado) de las emisiones de dióxido de carbono que causan el calentamiento global. Los hallazgos fueron publicados en línea el 25 de agosto en la revista *Climatic Change*.

xxxv

5. Cálculo de la huella de carbono

No se pueden reducir gases tóxicos y CO₂ al mismo tiempo

El dióxido de carbono (CO₂), anteriormente llamado anhídrido carbónico, es un compuesto al cual se le atribuye ser el principal causante del efecto invernadero y como consecuencia del calentamiento global del planeta.

No es tóxico. Tampoco es útil para la respiración. En altas concentraciones desplaza el oxígeno del aire y hace que la respiración se vuelva más fatigosa.

xxxvi

En el caso de los automóviles, la emisión de CO₂ en el escape del motor es un excelente indicador de la eficiencia de la combustión.

La quema parcial de los combustibles en los automóviles es la mayor causa de contaminación en la atmósfera.

De manera que a más CO₂ en el escape, habrá menos emisiones del resto de gases. La mayor parte de estas emisiones son tóxicas para el ser humano: monóxido de carbono (CO), hidrocarburos no quemados (HC) y óxidos de Nitrógeno (NO_x).

Un programa ambiental enfocado en automóviles cuyo objetivo principal es emitir menos CO₂ a la atmósfera, irremediablemente provocará el aumento de emisiones tóxicas perjudiciales al ser humano.

En otras palabras, en un lado de la balanza está la salud humana y en la otra el efecto invernadero y la teoría no comprobada y actualmente muy cuestionada del calentamiento global.

Cálculo de la huella de carbono

La huella de carbono refleja los gases emitidos por una actividad en todas las etapas. Se realiza de forma teórica, ya que de forma experimental es inviable. ^{xxxvii}

Tomo como referencia el estudio *El Estado Mundial de la Agricultura y la Alimentación 2008 – Parte 1. Pág. 66. Biocombustibles: perspectivas, riesgos y oportunidades* publicado por la Organización Mundial Para la Alimentación y a Agricultura (FAO por sus siglas en inglés). ^{xxxviii}

“Las emisiones de gases de invernadero para algunas materias primas y sistemas de producción de agrocombustibles podrían ser mayores incluso que las de los combustibles fósiles (Fargione et al., 2008; The Royal Society). Estimaron que la conversión de selvas lluviosas, turberas, sabanas y pastizales para producir etanol y biodiésel en Brasil, Indonesia, Malasia o los Estados Unidos de América libera al menos 17 veces más dióxido de carbono que lo que estos biocombustibles ahorran anualmente al

sustituir a los combustibles fósiles.
Estos autores consideran que serán necesarios 48 años para compensar esta deuda de carbono”.^{xxxix}

La falta de visión global y las decisiones políticas en temas ambientales provocan más problemas de los que resuelven. Realizar el cambio a etanol en Brasil implicó deforestar grandes extensiones de la Amazonia.

El CO₂ es fuente de vida; se encuentra de forma natural en la atmósfera y es la base de procesos vitales en la Tierra. Es fundamental para el ciclo de vida de las plantas; se absorbe durante la fotosíntesis para convertirse en carbono en sus estructuras de crecimiento vegetal. Este proceso libera oxígeno a la atmósfera, un gas esencial para la respiración de los seres vivos.^{xi}

Los árboles y la vegetación absorben toneladas de carbono durante su crecimiento.

Adicionalmente, los bosques son un sumidero de carbono. Anualmente fijan 2.1 millones de toneladas de CO₂ en el

suelo.^{xli} En los suelos, el carbono se puede almacenar durante siglos o milenios.^{xlii}

El 25 % de las emisiones globales se deben a la tala y quema de bosques en todo el mundo.^{xliii}

Si estos datos se incluyen en la huella de carbono del etanol, ésta superará por mucho a la de los combustibles fósiles.

Si añadimos que los bosques son fuente de agua y albergan la mayor parte de la biodiversidad mundial y nos surten de alimentos y medicinas, la discusión terminó.

Si añadimos que los bosques son fuente de agua y albergan la mayor parte de la biodiversidad mundial y nos surten de alimentos y medicinas, la discusión terminó.

La costumbre de quienes cabildan por el cambio a etanol es omitir aviesamente la deforestación de las selvas y bosques en el cálculo de la huella de carbono. El MEM afirmó que se reducirá 70%.

Acá viene otra interrogante.
Guatemala ya produce etanol de azúcar y lo exporta. Al venderlo localmente, proveniente de la misma plantación, no hay ningún cambio en las posibles emisiones de CO2.

Es verdaderamente preocupante que, sobre esta base, el MEM quiera introducir cambios en los combustibles que provocarán serios problemas económicos, ambientales y sociales.

Pregunta de Pepo Toledo:

Los lobistas del etanol utilizan IPCC, una metodología de contabilización de la huella de carbono donde los sembrados de caña o maíz se contabilizan en el sector agrícola y no en el de combustibles. Favor verificar

Respuesta de ChatGPT Plus:

¡Muy buena observación! Tu afirmación es esencialmente correcta y apunta a un aspecto técnico clave que suele pasar desapercibido en los debates sobre biocombustibles y huella de carbono. Vamos a desglosarlo:

Lo que dice el IPCC y su metodología

Las directrices del IPCC para inventarios nacionales de gases de efecto invernadero (2006 y actualizaciones) dividen las emisiones por sectores: uno de ellos es “Agricultura, Silvicultura y Otros Usos de la Tierra” (AFOLU, por sus siglas en inglés) y otro es “Energía”.

En esta metodología, las emisiones directas de cultivo, fertilización, uso de maquinaria agrícola, cambios de uso de suelo y quema de residuos agrícolas se registran en el sector agrícola (AFOLU), no en el sector energético, incluso si la biomasa cosechada se utiliza posteriormente como biocombustible.

¿Qué implica esto?

Para los balances de carbono de etanol de caña o maíz, las emisiones agrícolas no se cuentan dentro del “combustible” cuando se calcula la huella de carbono del etanol en el sector energético, sino que se quedan en el inventario del sector agrícola.

Por tanto, cuando un país reporta sus emisiones del sector energía, el etanol puede aparecer como “neutro” o con emisiones muy bajas, aunque gran

parte de su impacto climático ya se haya registrado en otro sector.

Esto permite a algunos lobistas del etanol argumentar que es un combustible “casi sin emisiones” en el sector energético, lo que es técnicamente cierto en el esquema del IPCC, pero no refleja el ciclo completo de emisiones asociado al cultivo.

Limitación reconocida

El propio IPCC advierte que esta metodología está pensada para inventarios nacionales, no para análisis de ciclo de vida (LCA) específicos de productos o combustibles.

Las metodologías de Análisis de Ciclo de Vida (como GREET del DOE o RED II de la Unión Europea) integran las emisiones agrícolas al balance del biocombustible, dando un panorama más completo.

Estudios críticos, como los de Searchinger et al. (Science, 2008), señalan que separar las emisiones agrícolas permite subestimar el impacto real de los biocombustibles sobre el clima, especialmente cuando se producen cambios indirectos en el uso

de la tierra (deforestación, desplazamiento de cultivos alimentarios, etc.).

Conclusión

Tu afirmación es correcta: la metodología IPCC efectivamente registra las emisiones agrícolas por separado, y esto es aprovechado por defensores del etanol para mostrar una huella de carbono artificialmente baja en los balances del sector energético. Para un análisis honesto de la huella climática de los biocombustibles, se debe considerar el ciclo de vida completo, integrando emisiones agrícolas, procesamiento, transporte y uso final. ^{xliv}

El gobierno hace lo mismo. Justifica el etanol obligatorio con el cumplimiento de los Acuerdos de París sobre el cambio climático, alegando que “...reduce al menos el 70 % de las emisiones de gases de efecto invernadero (CO₂) en comparación con la gasolina en todo su ciclo de vida.” Justifica un monopolio. Justifica imponerle costos millonarios a la población con falsos pretextos ambientales.

La quema parcial de combustibles produce la mayor cantidad de contaminantes tóxicos para el ser humano. La quema total produce CO₂. -

Al gobierno le interesan más los acuerdos de París que la salud humana. Guatemala es víctima y no causante del cambio climático.

¿Dónde está el ministro de salud?
Callado.

Hago la siguiente reflexión. El artículo 34 del Reglamento General de la Ley de Alcohol Carburante AG # 159-2023, se titula: Contabilización de Emisiones de Gases Efecto Invernadero por Tipo de Alcohol Carburante y Mezcla; un montaje para “cumplir” con acuerdos internacionales de reducción de CO₂ y justificar el etanol obligatorio.

La Ley de Alcohol Carburante le da el monopolio de suministro de etanol a los productores, ya sea nacional o importado, sin que tengan suficiente.

Hablando de reducción de CO₂ y siguiendo el mismo juego, si los importadores de combustible tuvieran permitido importar etanol, la huella de carbono de las siembras de maíz o caña se contabilizarían en el país que lo

produce, reduciendo la contabilización en Guatemala.

Conclusiones

El etanol, ¿héroe o villano? Los estudios que colocan al etanol como héroe ambiental tienen manifiestas omisiones. Un análisis completo de la comparación entre las emisiones de gases y demás efectos ambientales entre el etanol versus el MTBE como potenciadores de octanaje de la gasolina, debe tomar en cuenta cuatro cosas. 1. Aumento de ozono por el uso de etanol. 2. Contaminantes propios del etanol. 3. Emisiones del motor de los vehículos. 4. Daños mecánicos y ambientales por el aumento de NOx. 5. Huella de carbono.

Los niveles de etanol en la gasolina, por su alto contenido de oxígeno, pueden incrementar de manera importante los niveles de ozono en los centros urbanos poblados, ocasionando mala calidad del aire y la formación de niebla espesa o *smog* fotoquímico.

El etanol tiene contaminantes propios. Entre ellos están los oxidantes, tales como, peróxidos orgánicos y

nitratos de peroxiacilo. También provoca emisiones de compuestos particulares muy tóxicos, como son los aldehídos y los acetaldehídos, todos cancerígenos potenciales.

Al usar mezclas de etanol, unos contaminantes suben y otros bajan respecto al uso de gasolina con MTBE.

Los vehículos hoy en día están equipados con controles de emisiones de gases y catalizadores, que reducen las emisiones de gases en 99%.

Cualquier medición, estudio o proyecto sobre reducciones del 1% restante es irrelevante.

La huella de carbono refleja los gases emitidos por una actividad en todas las etapas. Se realiza de forma teórica. De acuerdo a la FAO, "Las emisiones de gases de invernadero para algunas materias primas y sistemas de producción de agrocombustibles podrían ser mayores incluso que las de los combustibles fósiles. Estimaron que la conversión de selvas lluviosas, turberas, sabanas y pastizales para producir etanol...libera al menos 17 veces más dióxido de carbono que lo que estos

biocombustibles ahorran anualmente al sustituir a los combustibles fósiles. Estos autores consideran que serán necesarios 48 años para compensar esta deuda de carbono”.

Analizado integralmente, el papel del etanol como combustible ecológico es indefendible.

Teoría del calentamiento global ^{xlv}

El calentamiento global es una teoría no comprobada por la experimentación. El incremento de 1.15 grados Celsius por encima de los niveles preindustriales es una realidad comprobada por mediciones. Decir que el principal causante sea el uso de combustibles fósiles por el ser humano, es una teoría.

Las ciencias exactas pueden ser experimentales y no experimentales. En el primer grupo se encuentran aquéllas que pueden demostrar sus hipótesis por medio de experimentos. Las ciencias exactas no experimentales parten de axiomas o deducciones que no hallan sustento en la realidad sensible. Un axioma, por definición, es una idea tan clara que no necesita demostración. ^{xlvi}

La teoría mencionada no encaja en ninguno de los dos grupos. Fenómenos naturales que han existido siempre son

atribuidos al calentamiento global. La tesis se difunde masivamente en los medios de comunicación una y otra vez como una realidad para condicionar a la población.

Los defensores de esta teoría no ponen en la balanza que El CO₂ es fuente de vida, como ya lo mencionamos; se encuentra de forma natural en la atmósfera y es la base de procesos vitales en la Tierra.

Lo grave es que en base a una hipótesis no comprobada el gran capital toma medidas que afectan seriamente la economía global y no proporcionan una solución. Además, enfocarse en un solo contaminante es cerrar los ojos a muchísimos otros agentes que contaminan la atmósfera de la tierra y contribuyen al cambio climático.

Seguridad alimentaria y sostenibilidad

Los productores de etanol ya tienen vendida su producción en el exterior. Una posibilidad es que dejen de hacerlo y la vendan internamente. Otra, que dupliquen el área de cultivo.

El etanol que actualmente se produce en Guatemala se exporta es suficiente para proveer una mezcla de 10% con la gasolina. Pasar a 15% implicaría deforestar una vasta área.

El valle del Polochic, una tierra aislada, ha sufrido un proceso de transformación de sus cultivos, cada vez más orientados hacia la producción y la exportación de agrocombustibles. Los pobladores alquilaban fincas durante años, donde producían maíz y frijol para autoconsumo. Entraron en conflicto con empresas productoras de

azúcar y palma africana que se exportan para ser transformados en biocombustibles y no dejan de extenderse. 800 familias han sido desalojadas. El grado de conflictividad aumenta cada vez más. ^{xlvii}

La superficie cultivada con caña de azúcar en Guatemala pasó a ocupar el 5,5% del territorio 1990 al 11% en el 2006. Prácticamente se duplicó. ^{xlviii}

El debate entre los biocombustibles y la comida (*fuel versus food*) es el dilema que existe con respecto al riesgo de desviar tierras agrícolas o cultivos para la producción de biocombustibles en detrimento del suministro de alimentos. La demanda de maíz para producir etanol, hace subir el precio.

La polémica entre biocombustibles y el precio de los alimentos implica una amplia variedad de puntos de vista. Además, es un tema duradero y controvertido en la literatura científica y política. La producción de biocombustibles implica cambios en el uso del suelo. Esto implica quitar tierras de cultivo para la producción alimentaria y destinarlas a la siembra de granos para biocombustibles. ^{xlix}

¿Debe Guatemala pagar por las emisiones de CO2?

El artículo 34 del Reglamento General de la Ley de Alcohol Carburante Acuerdo Gubernativo Número 159-2023 se titula: Contabilización de Emisiones de Gases Efecto Invernadero por Tipo de Alcohol Carburante y Mezcla.

En la página 12 del Proyecto Piloto Movilidad Verde 2020 se lee:

“Acuerdo de París y la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), donde Guatemala ha presentado las INDC con una meta de reducción de emisiones de GEI, del año base 2005, proyectadas al año 2030, de un 11.2 % con recursos propios y hasta un 22.6 % con asistencia técnica y financiera de la cooperación internacional”. Pág.12.

El gran objetivo ambiental que sirve de base para la justificación de esta ley y su reglamento es cumplir con los acuerdos internacionales para reducción de CO₂ y gases de efecto invernadero. Examinemos la validez de este argumento.

En la Cumbre del clima COP27 realizada en Egipto en noviembre de 2022, se determinó que los países más vulnerables al cambio climático son los que tienen menos emisiones de CO₂.

Guatemala es uno de los diez países más vulnerables ante el cambio climático a nivel mundial. Esto se traduce en sequías, deslaves, inundaciones y falta de seguridad alimentaria. ⁱ Veinte países son responsables de al menos tres cuartas partes de las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero, con China, Estados Unidos e India a la cabeza. ⁱⁱ De acuerdo a Oxfam Intermón, el 1% de la población más rica del planeta emite más gases de efecto invernadero que el 50% más pobre. Guatemala apenas emite 0.05% en el mundo de estos gases. ⁱⁱⁱ

Guatemala es víctima y no causante del cambio climático. Surge la pregunta si es justo que Guatemala asuma compromisos internacionales para reducir el CO2, sin considerar los costos económicos, sociales ambientales y de salud para el país.

El presidente de los Estados Unidos Donald Trump, opositor del cambio climático, firmó una orden ejecutiva en su primer día de mandato (20 de enero de 2025) para que los Estados Unidos abandonen el Acuerdo de París. ^{liii}

Con esta acción, Trump estima que Estados Unidos ahorrará decenas de miles de millones de dólares. ^{liv}

La pregunta es si un país víctima de los eventos climáticos como Guatemala, debe seguir gastando fondos públicos perteneciendo al Acuerdo de París, e imponiendo costos directos al pueblo de Guatemala al imponer el uso del etanol obligatorio.

Productores de etanol en Guatemala

De acuerdo a la Asociación Promotora de Combustibles Renovables, en Guatemala hay cinco destilerías que producen Etanol. ^{iv}

Informan que más de 33 países en el mundo tienen mandatos de mezcla obligatoria de etanol en la gasolina por las siguientes razones principales: 1. Reducir las emisiones del sector transporte. 2. Cumplir con los acuerdos internacionales para reducir emisiones. 3. Independencia energética. 4. Ahorro de divisas. 5. Mejorar la calidad del aire y la salud de sus pobladores. 6. Reactivación agrícola y económica.

Comercializadores de hidrocarburos

De acuerdo al MEM, hay 1,790 estaciones expendedoras de combustible en Guatemala en operación y 193 en proceso de instalación, para un total de 1,983. Para transporte, hay 3,302 camiones cisterna (2010).^{lvi} En lo que respecta a depósitos de almacenamiento, hay 661 en operación y 43 en proceso de instalación, para un total de 704. Esto, en base a licencias vigentes de comercialización de hidrocarburos.^{lvii}

Una estación de servicio normal vende entre 500,000 y 600,000 litros mensuales. Tiene 3 tanques de gasolina de 35000 litros cada uno, de los cuales dos se usan para almacenar gasolina regular uno para gasolina superior. Las cisternas en promedio, transportan entre 35000 y 42000 litros.

^{lviii}

En Guatemala, lo usual son capacidades entre 4 y 5 mil galones. Aproximadamente 85 % de las gasolineras tiene 3 tanques, 2 de gasolina y 1 de diésel. El resto tiene 4 tanques. Considerando 2,000 gasolineras, la cantidad de tanques de gasolina sobrepasa las 6,000 unidades.

Hay dos tipos de gasolineras.

1. Las abanderadas, que celebran un contrato de exclusividad y suministro con alguna distribuidora internacional de combustible y estaciones.

2. Las de bandera blanca, que no están vinculadas a ninguna distribuidora. En otras palabras, formales e informales.

Las abanderadas trabajan con grandes empresas internacionales que invierten en investigación y tecnología y tienen controles de calidad.

Las de bandera blanca compran el combustible donde lo obtengan más barato y trabajan con pocos controles de calidad.

En un país plagado por la corrupción, la venta de combustible

adulterado es una realidad. No estoy generalizando. ^{lix}

En el año 2012, el Ministerio de Energía y Minas de Guatemala reportó que el 66.4% de estaciones de servicio son independientes. El resto corresponde a Shell, Texaco y Puma Energy. ^{lx}

Diagnóstico de red de estaciones de servicio en Guatemala para uso de E10

Este estudio fue realizado por el Ministerio de Energía y Minas (MEM) en conjunto con el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), la Universidad del Valle de Guatemala (UVG), la Municipalidad de Guatemala y la Asociación de Combustibles Renovables de Guatemala (ACR).

[Puntos clave del informe](#)

“Debido a que la introducción de etanol en la gasolina requiere inversiones en las terminales de importación de combustibles, se realizó una primera fase del estudio para determinar un costo aproximado de las inversiones, tomando como escenario

que se usará el etanol producido localmente.



La segunda fase de este estudio fue visitar las cuatro terminales de importación más importantes del país en la región del océano pacífico para

tener insumos de los proveedores y una mejor aproximación” (Pág. 2).

“En la muestra representativa se incluyeron estaciones de los diferentes competidores y de las diferentes regiones de la república, visitándose un **total de 260 sitios**. En función de la cantidad de tanques, surtidores y estándares de ingeniería, se clasificaron las estaciones en tres tipos A, B y C.” (Pág.3).

“La red se conforma de un 10% de estaciones Tipo A, 70% Tipo B y 20% Tipo C” (Pág.11).

“Las estaciones evaluadas en un **58% no cuentan con contrato de mantenimiento** de contratista autorizado” (Pág.12).

“**80% de los casos evidencia agua en su interior sin ser reportado**” (Pág.16).

“La **edad actual promedio de tanques** en estaciones evaluadas: **16 años**” (Pág.16).

“El 11 % de los tanques evaluados tiene **doble pared** o algún sistema para contención de derrames” (Pág.16).

Puntos clave de las conclusiones del informe

6. El trabajo de campo en la muestra seleccionada permite evidenciar que en la red de estaciones de servicios existen puntos críticos de mantenimiento, no atendidos adecuadamente en las áreas de llenado directo, llenado remoto y en cajas de registro con riesgo de ingreso de agua a los sistemas.

7. En las estaciones de servicio no se evidenció rutinas de mantenimiento y procedimientos preventivos/correctivos que aseguren la no existencia de contenido de agua en el producto final.

8. Aditivar las gasolinas con 10% máx. de etanol no cambia las características físico-químicas del combustible y lo hace compatibles con los materiales de ingeniería utilizados en la construcción y mantenimiento de las estaciones de servicio, por lo anterior, **no se hace necesario realizar cambios mayores en la infraestructura.**

9. **Los cuidados a considerar**, como aspectos de seguridad durante el manejo y almacenaje de la gasolina mezclada con etanol en las estaciones

de servicio, **no difieren de los utilizados** para combustibles usados **actualmente**.

10. En virtud de la afinidad que existe entre la mezcla de gasolina con etanol y el agua, se hacen necesarias importantes consideraciones en el mantenimiento y procedimientos operativos relacionados a evitar el ingreso de agua, tal como lo indica el Reglamento de la Ley de Comercialización de Hidrocarburos.

Acción del MEM

Como resultado de las recomendaciones del informe, el MEM anunció que las distribuidoras de combustibles en Guatemala deberán ofrecer gasolina con 10% de etanol para enero de 2026 (AG # 159-2023).

No se permitió participar a los sectores involucrados.

Conclusión crítica

Como ya lo mencionamos, dos terceras partes de las estaciones de servicio son informales.

En estas condiciones, ¿Cómo hará el MEM para implementar el punto 10 de las conclusiones, referente al mantenimiento y procedimientos para evitar el ingreso de agua? ¿Podrá tenerlo listo antes de enero de 2026?

El informe recomienda seguir con la implementación del E10 sin requerir cambios mayores en infraestructura, pero esto contradice la evidencia que el propio informe proporciona: la red está envejecida, mal mantenida y con alto riesgo de ingreso de agua.

Implementar E10 en estas condiciones puede causar una catástrofe, por dos razones: mugre y agua. Podría tener efectos negativos sobre los motores, la calidad del combustible y la seguridad ambiental. ^{lxi}

Recomendación

Antes de implementar E10 a escala nacional, sería prudente: ^{lxii}

- Realizar una auditoría técnica independiente.

- Establecer estándares mínimos obligatorios de mantenimiento e infraestructura.
- Garantizar capacitaciones técnicas certificadas para operadores.
- Informar al consumidor de forma transparente y documentada sobre beneficios y riesgos.
- **Abanderar (formalizar) el 100% de las gasolineras. Este será un verdadero reto para el gobierno.** La economía informal representa casi una quinta parte de la producción nacional en Guatemala. En las estaciones de servicio, suma dos terceras partes. Un nudo giordano, difícil de romper.

Riesgos de poner etanol E10 en tanques viejos

Introducción

La intención del Ministerio de Energía y Minas (MEM) de introducir de forma inmediata gasolina mezclada con etanol (E10) en Guatemala representa una acción técnicamente riesgosa y logísticamente inviable si no se precede de una preparación nacional adecuada.

Esta propuesta resume los principales riesgos y presenta recomendaciones para una transición ordenada y responsable.

Riesgos técnicos de la implementación de E10

- El etanol es higroscópico (absorbe agua), lo que provoca en pocos minutos que se desfase el combustible en dos capas:
 - Capa superior: gasolina degradada (mayor volumen).

- Capa inferior: mezcla corrosiva de etanol y agua, inadecuada para motores.

Los vehículos que reciban este combustible, se detendrán en unos minutos de marcha.

¿Qué haremos con miles de gasolineras con sus tanques contaminados?

Consecuencias

- Daño masivo a motores de autos y motocicletas.
- Contaminación acelerada de filtros, surtidores y tanques.
- Incremento de emisiones no reguladas: ozono troposférico, formaldehído, aldehídos tóxicos.
- Fallos operativos y litigios con consumidores.
- Generación de millones de galones de gasolina degradada, sin infraestructura de refinería para su procesamiento.

Capacidad nacional de respuesta – Insuficiente

No hay infraestructura capaz de almacenar y procesar tal cantidad de combustible inutilizado. Existen

empresas certificadas para el manejo de residuos peligrosos, tales como. ECOLOGIC y CEMPRO). Sin embargo:

- La capacidad de recolección simultánea en miles de estaciones es insuficiente.
- Las cementeras no pueden aceptar gasolina degradada con fracciones ligeras inflamables por riesgo de explosión.
- No existe infraestructura temporal de almacenamiento de gasolina degradada.
- No hay protocolo nacional de emergencia para este tipo de crisis.

Con dos terceras partes de gasolineras informales, existe el peligro de que tomen la solución más fácil: bombear la gasolina degradada y contaminada al barranco más cercano. Esto contaminaría las fuentes superficiales de agua y el manto acuífero subterráneo, causando una catástrofe ambiental.

Magnitud del impacto vehicular potencial

- Guatemala tiene aproximadamente 2.4 millones de automóviles a gasolina.

- Existen 2.8 millones de motocicletas, la gran mayoría no adaptadas a E10.
- Total de unidades a gasolina en riesgo: 5.2 millones.

Consecuencias posibles

- Paralización masiva de transporte urbano y rural.
- Daño irreversible en motores, filtros, inyectores y carburadores.
- Pérdida de ingresos para cientos de miles de familias que dependen de motocicletas y vehículos.
- Aumento drástico de la demanda por reparaciones y repuestos.
- Impacto directo estimado: USD \$300 millones a \$1,200 millones. ^{lxiii}

Recomendaciones técnicas urgentes

1. Suspensión inmediata del mandato obligatorio de uso de E10 hasta nuevo aviso.
2. Diagnóstico nacional por etapas:
 - Categorización de estaciones por estado del tanque, mantenimiento y riesgo.
3. Plan nacional de limpieza y adecuación o reemplazo de tanques:
 - Extracción de agua, limpieza interna, prueba de estanqueidad.

4. Campaña de capacitación a operadores, mecánicos y transportistas.
5. Fase piloto en estaciones preparadas y monitoreadas.
6. Protocolo nacional de manejo de residuos de *slop* contaminado con etanol.
7. Protocolo nacional para el manejo de gasolina degradada:
 - Identificación de centros de acopio temporal.
 - Evaluación de co-procesamiento limitado en cementeras.
 - Exportación de excedentes como residuo energético.

Información al consumidor

En Guatemala, la Ley de Hidrocarburos, específicamente el Decreto Número 109-97, sí obliga a identificar el tipo de combustible en las bombas de gasolina. Este decreto establece la obligación del Estado de regular la comercialización de productos petroleros para garantizar el desarrollo económico nacional, lo que incluye la correcta identificación de los combustibles en los puntos de venta.

Además, aunque no se especifica directamente en el decreto, la normativa relacionada con la mezcla de etanol en

gasolinas (Reglamento 159-2023) también implica la necesidad de informar al consumidor sobre el tipo de combustible que se está suministrando.

El Decreto Número 109-97 y la identificación de combustibles:

Regulación de la comercialización:

Este decreto establece que el Estado debe orientar la comercialización de productos petroleros, lo que implica asegurar que los consumidores reciban la información necesaria sobre el tipo de combustible que están adquiriendo.

Interés nacional:

La ley busca proteger los intereses nacionales en la comercialización de hidrocarburos, y esto incluye garantizar la transparencia en la información al consumidor.

Desarrollo económico:

La correcta identificación de los combustibles contribuye al desarrollo económico al evitar confusiones y asegurar la calidad del producto que se ofrece.

Información al consumidor:

Para garantizar la transparencia y permitir al consumidor tomar decisiones informadas, es necesario que se indique claramente el tipo de combustible que se está dispensando, incluyendo la presencia de etanol y su porcentaje.

En resumen, la legislación guatemalteca, tanto la Ley de Hidrocarburos como la normativa sobre la mezcla de etanol, exige que las estaciones de servicio identifiquen claramente el tipo de combustible que ofrecen al consumidor.

Conclusión

Introducir el etanol en Guatemala sin una base técnica y logística adecuada puede provocar una crisis nacional ambiental, económica y social.

Se recomienda que esta propuesta sea discutida en mesas técnicas con representantes del MEM, MARN, gremiales de importadores de combustible, gasolineros, importadores de automóviles y motos, asociaciones de transporte y organismos internacionales de cooperación.

Etanol en Guatemala – República GT Podcast

Fui invitado por el noticiero República GTV a participar en el podcast “Etanol en Guatemala: ¿solución energética o riesgo innecesario?” el 15 de mayo de 2025. Me tocó debatir con el ingeniero mecánico Luis Fernando Villegas. ^{lxiv}



La entrevista está disponible en el siguiente enlace:

<https://www.youtube.com/watch?v=VE0eosSnX6k>

Villegas, en el minuto 7.14 afirmó que fue contratado para la evaluación de la infraestructura de Guatemala. En otras palabras, el diagnóstico de red de

estaciones de servicio mencionado al principio de este estudio.

En el minuto 39.20 Villegas afirmó que, en Colombia, todas las estaciones tienen que tener bandera, tienen respaldo. Hicieron una transición mediante la cual las gasolineras de bandera blanca o informales, fueron formalizadas.

Esto implica que ahora tienen el respaldo de marcas internacionales de combustibles que invierten en investigación, capacitación, tecnología, cumplimiento de normas y controles de calidad.

Contradictoriamente, en el diagnóstico de estaciones de servicio recomiendan seguir adelante con la implementación del E10 sin hacer cambios mayores en infraestructura. Esto refuta la evidencia que el propio informe proporciona: la red está envejecida, mal mantenida y con alto riesgo de ingreso de agua.

En el año 2012, el Ministerio de Energía y Minas de Guatemala reportó que el 66.4% de estaciones de servicio son informales.^{lxv} Estas gasolineras deben ser abanderadas o formalizadas

antes de implementar el E10. De no hacerlo, en enero de 2026 habrá caos.

Expliqué en el debate que más de 6,000 tanques de 2,000 gasolineras deberán ser cambiados o limpiados previo al uso de etanol. Limpiarlos implica, en muchos casos, abrir un pozo de visita (man hole) en la pista de concreto y luego en el tanque.

En el minuto 1.06.50 Villegas dijo: “Los *man hole* están prohibidos”.

Hice la siguiente consulta a ChatGTP: “Obligación de tener un "man hole" en los tanques de gasolineras”.

La respuesta fue: “Sí, en Estados Unidos —y en la mayoría de países que adoptaron normativas ambientales similares— los tanques subterráneos de almacenamiento de combustible (UST, por sus siglas en inglés) están obligados a contar con accesos tipo “manhole” (pozo de visita) para fines de inspección, mantenimiento, ventilación, y seguridad.

En el minuto 1.07.00, Villegas afirmó: “Por la misma vara donde yo meto para medir el nivel, se mete una sonda con una granada y una bomba. Así limpian todos los tanques en Guatemala cada dos meses. Con eso se saca la mugre y

el agua del fondo, sin intervenir tanques, sin man holes.”

Explicué que, aun sacando el agua, con ese simple procedimiento la mugre tardaría meses en desprenderse de los tanques. Los filtros de gasolineras y vehículos automotores no están capacitados para detener tal cantidad de suciedad.

Pepo Toledo: Consulta a ChatGPT Plus

¿Cuál es el procedimiento para limpiar uno de estos tanques?”

Respuesta ChatGPT Plus

Por espacio, transcribo extractos de la respuesta:

“La limpieza de un tanque subterráneo de almacenamiento de combustible (UST) es un proceso altamente especializado que se realiza por razones de seguridad, mantenimiento y cumplimiento ambiental. El procedimiento debe seguir protocolos técnicos y normativos estrictos.”

“Verificación de atmósfera.” “Si hay riesgo de explosión, se inertiza el tanque con nitrógeno o CO₂.”

“Se bombean los restos de combustible y agua”. “Este material se almacena en tambores o cisternas certificadas para su disposición final como residuo peligroso.”

“Ingreso y limpieza interior”. “Solo puede ingresar personal certificado como trabajador en espacios confinados.” “Raspar lodos y sedimentos”. “Lavar con agua a presión, a veces con detergentes biodegradables especiales”. “Extraer líquidos con aspiradora industrial” “Inspección estructural”.

“Frecuencia recomendada: Cada 5 años”.

No hay capacidad instalada en Guatemala para limpiar o cambiar más de 6,000 tanques de 2,000 gasolineras en pocos meses. Este es un proceso que mínimo puede tomar dos años, teniendo todos los recursos necesarios al alcance.

No estoy en contra del etanol. Estoy en contra del etanol obligatorio. No estoy atacando. Trato de impedir una catástrofe económica, ambiental y política, en un país altamente conflictivo.

Estrategia empírica del MEM para controlar el agua en gasolineras



MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS
DIRECCIÓN GENERAL DE HIDROCARBUROS
GUATEMALA, C. A.

Reglamento de
NUM. DGH-CIRC-004-2023

CIRCULAR

A: Titulares de licencias de operación de Estaciones de Servicio.
DE: Dirección General de Hidrocarburos
ASUNTO: CONTROL Y MANEJO DE AGUA EN TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE PRODUCTOS PETROLEROS EN ESTACIONES DE SERVICIO.
Fecha: 17 de noviembre de 2023.

1. OBJETIVO Y BASE LEGAL:

La Dirección General de Hidrocarburos, de conformidad con el artículo 71 del Reglamento de la Ley de Comercialización de Hidrocarburos, Acuerdo Gubernativo número 522-99, está facultada para emitir circulares e instructivos técnicos relativos al conocimiento y al cumplimiento de las disposiciones de seguridad, calidad, los procedimientos de inspección física sobre la ubicación, la infraestructura y la operación técnica de las diversas instalaciones donde se envase y se comercialice petróleo y productos petroleros, conforme a las normas actuales de seguridad industrial y ambiental adoptadas continuamente por la industria petrolera; para resguardar principalmente la integridad física de las personas, el medio ambiente y los bienes materiales y que los Reglamentos Técnicos Centroamericanos para gasolina superior RTCA 75.01.20:19 y gasolina Regular RTCA 75.01.19:19 dentro de sus especificaciones fisicoquímicas define que la apariencia del combustible sea entre otros libre de agua; a fin de resguardar la calidad de los combustibles que se expenden al consumidor final, por lo anterior se emite la siguiente circular:

2. PROPOSITOS Y ALCANCE:

Con el fin de resguardar y conservar las condiciones de los tanques de almacenamiento y la calidad del producto, los titulares de licencia para operar estaciones de servicio, deberán establecer un control y manejo de agua, la cual pueda acumularse en los tanques de almacenamiento de productos petroleros para la venta al detalle, derivado de sus operaciones.

3. OBLIGACIÓN DE LOS TITULARES DE LICENCIA DE ESTACION DE SERVICIO

Las personas individuales o jurídicas titulares de licencia de operación de estación de servicio, deberán cumplir con lo siguiente:

- a. Mantener los tanques de almacenamiento para productos petroleros libres de agua (nivel cero), que pueda ser generada en sus operaciones.
- b. Contar con un procedimiento de verificación rutinario, que permita velar continuamente que los tanques de almacenamiento no contengan agua, debiendo observar las medidas de seguridad industrial y ambiental necesarias para realizar dicha actividad de forma segura.
- c. Llevar una bitácora sobre la verificación rutinaria del control de agua en los tanques de almacenamiento de la estación de servicio.
- d. En caso de detectar la existencia de agua en los tanques de almacenamiento de la estación de servicio, se debe realizar la extracción de la misma.

J

La Circular DGH-CIRC-004-2023 de la Dirección General de Hidrocarburos, obliga a las gasolineras a mantener los tanques para almacenamiento de productos petroleros con cero agua e implementar una verificación rutinaria.

“d. En caso de detectar la existencia de agua en los tanques de almacenamiento de la estación de servicio, se debe realizar la extracción de la misma.”

“e. El volumen de agua extraída en los tanques de almacenamiento, se almacenará en recipientes debidamente identificados, como residuos contaminantes, para su posterior recolección y disposición final mediante una empresa autorizada por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales para el efecto.”

Pretenden que con una bomba manual (como recomendó el asesor colombiano Villegas) y depósitos las gasolineras, en su mayoría informales, realicen un proceso “altamente especializado que se realiza por razones de seguridad, mantenimiento y cumplimiento ambiental”. Una cosa es tener una estación de servicio y otra, ser una empresa especializada en

limpieza de tanques y disposición de residuos.

Con las bombas manuales siempre quedará agua en el fondo. La mugre pegada a las paredes de los tanques quedará allí, para ser disuelta poco a poco por la acción corrosiva del etanol; terminará en el motor de los vehículos automotores.

La circular también habla de sanciones a las gasolineras.

Para ello se basa en la Ley de Comercialización de Hidrocarburos Decreto Número 109-97 y su Reglamento, Acuerdo Gubernativo 522-99.

Leamos que dice la Ley al respecto.

“ARTICULO 44. Calidad de los combustibles.

En las especificaciones de calidad del aceite combustibles para motores diésel, para uso automotriz, el contenido de azufre en ningún caso debe exceder las cinco décimas por ciento en masa, el contenido de agua y sedimento no debe exceder las cinco centésimas en porcentaje en volumen y la temperatura máxima al recuperar el noventa por ciento de su destilación no

debe exceder los trescientos cincuenta grados centígrados; para las gasolinas de uso automotriz el contenido de azufre no debe exceder las quince centésimas en porcentaje en masa y el contenido del plomo no debe exceder las trece milésimas de gramo por litro.”

Cuando se discutió esta Ley únicamente se incluyó el diésel porque este absorbe agua y la gasolina no.

De manera que no procede aplicar sanciones por presencia de agua en la gasolina.

La Ley de Comercialización de Hidrocarburos no reconoce y no integra el marco legal de la Ley de Alcohol Carburante. El etanol es un compuesto polar que absorbe el agua. Habrá que cambiar la legislación para incluirlo.

La Circular también alude a “Reglamentos Técnicos Centroamericanos para gasolina superior RTCA 75.01.20:19 y gasolina Regular RTCA 75.01.19:19 dentro de sus especificaciones fisicoquímicas define que la apariencia del combustible sea entre otros libre de agua; a fin de resguardar la calidad de los

combustibles que se expenden al consumidor final...”

Esta es una referencia a la norma ASTM utilizada en los RTCA, la cual habla de gasolina libre de agua, no de presencia de agua en los tanques de las gasolineras. Por lo que también es cuestionable utilizar esta norma para imponer sanciones.

Respecto al método de medir la presencia de agua en las gasolineras, la Dirección General de Hidrocarburos utiliza el método de vara con pasta, una herramienta operativa preventiva.

El ASTM D4176 es el método normativo apropiado para comprobar la apariencia del combustible (incluyendo agua libre).

El RTCA establece la condición de calidad obligatoria, pero requiere apoyarse en un método ASTM D4176 para comprobarla.

Conclusión

La Circular DGH-CIRC-004-2023 representa un esfuerzo por imponer estándares rigurosos de control y limpieza en los tanques de

almacenamiento de gasolina en Guatemala, a raíz de la introducción del etanol como aditivo obligatorio. Sin embargo, al exigir procesos propios de empresas especializadas en manejo de residuos peligrosos a estaciones de servicio que, en su mayoría, operan de forma informal o con recursos limitados, se incurre en una carga técnica, económica y operativa poco realista y no exenta de peligros.

Además, el fundamento legal que se invoca para justificar sanciones por presencia de agua en los tanques de gasolina resulta cuestionable. Ni la Ley de Comercialización de Hidrocarburos ni los Reglamentos Técnicos Centroamericanos (RTCA) permiten una interpretación directa que penalice el agua en tanques, cuando en realidad se refieren a la calidad del combustible entregado al consumidor. A esto se suma la incongruencia en los métodos de medición utilizados, que no se alinean con los estándares normativos internacionales como el ASTM D4176.

En síntesis, la circular establece exigencias desproporcionadas y sanciones de dudosa validez legal. Más que una medida técnica viable, parece una imposición que transfiere el costo

de adaptación del sistema al eslabón más débil de la cadena: los pequeños distribuidores de gasolina y, en última instancia, el consumidor guatemalteco.

Procedimientos profesionales de limpieza de tanques de gasolina

Estudio basado en consultas hechas por el autor a ChatGPT Plus

Consulta: Obligación de tener un "man hole" en los tanques de gasolineras

Respuesta ChatGPT Plus

Sí, en Estados Unidos —y en la mayoría de países que adoptaron normativas ambientales similares— los tanques subterráneos de almacenamiento de combustible (UST, por sus siglas en inglés) están obligados a contar con accesos tipo *manhole* (pozo de visita) para fines de inspección, mantenimiento, ventilación, y seguridad.

A continuación, te explico por qué y bajo qué regulaciones:

¿Es obligatorio tener un *manhole*?

Sí. Aunque la normativa no siempre menciona el término *manhole* directamente, **el acceso físico al tanque es obligatorio por norma.** Ese acceso se da mediante:

- **Boca de llenado (*fill riser*).**
- **Acceso al medidor de nivel de combustible (*tank gauge riser*)**
- **Ventilación del tanque (*vent riser*).**
- **Pozo de monitoreo (*monitoring well*)** si aplica.
- Todo esto generalmente está **cubierto por una tapa de acceso tipo *manhole*** para permitir inspección, muestreo o reparación sin necesidad de excavar.

Normativa clave: EPA (Estados Unidos)

Bajo el **Subtítulo I de la Ley de Eliminación de Residuos Sólidos**

(1984) y sus reglamentos derivados (40 CFR Parte 280):

- Los tanques UST deben tener **sistemas de prevención y detección de fugas.**
- Se exige acceso para inspección de **tuberías, conexiones y sistemas de detección.**
- Se establece la obligación de **inspecciones periódicas visuales** y con instrumentos, lo cual requiere acceso físico (por *manhole* o pozo de visita).
- Se requiere que las tapas (*manholes*) estén **selladas, marcadas y protegidas contra intrusión de agua o residuos.**

¿Qué función cumple el *manhole*?

Permite inspección visual y mantenimiento.

Acceso a sondas automáticas de medición (ATG – Automatic Tank Gauging).

Espacio para sistemas de detección de fugas en doble pared.

Punto de entrada de las mangueras de carga de los camiones cisterna.

Ventilación y alivio de presión.

¿Y fuera de EE.UU.?

Muchos países, incluyendo **Canadá, la UE, México, Brasil y Chile**, han adoptado normas similares. Por tanto, el uso de *manholes* o accesos similares es parte del **estándar internacional para tanques subterráneos de combustibles**.

Conclusión

Sí, la presencia de uno o varios *manholes* es un requerimiento funcional y de seguridad en los tanques subterráneos de combustible. Aunque el término puede variar (pozo de visita, boca de acceso, tapa de inspección), su existencia es **necesaria y exigida por regulaciones técnicas y ambientales**.

Consulta: ¿Cuál es el procedimiento para limpiar uno de estos tanques?

Respuesta ChatGPT Plus

La limpieza de un **tanque subterráneo de almacenamiento de combustible (UST)** es un proceso altamente especializado que se realiza por razones de seguridad, mantenimiento y cumplimiento ambiental. El procedimiento debe seguir protocolos técnicos y normativos estrictos.

A continuación, te explico el **procedimiento estándar**, dividido en etapas:

1. Planificación y autorización

- **Notificación a autoridades competentes** (según país o región): puede incluir el Ministerio de Ambiente, bomberos, o entidades municipales.
- **Desconexión del tanque del sistema de surtido** y señalización del área.
- Elaboración de un **plan de seguridad y contingencia** (en caso de derrames, vapores inflamables, etc.).

2. Verificación de atmósfera

- Se introduce un **detector de gases explosivos y vapores de hidrocarburos** para medir:
 - Oxígeno (debe estar entre 19.5% y 23.5%)
 - Gases inflamables (Límite inferior de explosividad – LIE)
 - Sulfuros o vapores tóxicos
 - Si hay riesgo de explosión, **se inertiza el tanque con nitrógeno o CO₂**.
-

3. Extracción del combustible residual

- Se **bombean los restos de combustible y agua** (mezcla comúnmente conocida como *slop*).
 - Este material se **almacena en tambores o cisternas certificadas** para su disposición final como residuo peligroso.
-

4. Ingreso y limpieza interior

- Solo puede ingresar personal certificado como **trabajador en espacios confinados**.

- Se usa **equipo de protección completo (EPP)**: máscara con filtro, arnés con línea de vida, traje ignífugo, guantes químicos, botas antideslizantes.
- Se procede a:
 - **Raspar lodos y sedimentos**
 - **Lavar con agua a presión**, a veces con detergentes biodegradables especiales
 - **Extraer líquidos con aspiradora industrial** (*vacuum truck*).

5. Inspección estructural

- Se revisan **paredes internas, soldaduras, fondo y conexiones**.
- Se aplican pruebas para detectar:
 - Corrosión o perforaciones
 - Pérdida de integridad estructural
- Si hay daño, se recomienda **revestimiento interno o sustitución**.

6. Secado, cierre y pruebas finales

- Se seca el tanque con aire forzado.
- Se coloca nuevamente la **sonda de medición**, el **sello del manhole**, y se realiza una prueba de estanqueidad.
- Se genera un **informe técnico** que puede incluir:
 - Fotos.
 - Nivel de residuos retirados
 - Certificados de disposición final de residuos.
 - Recomendaciones para mantenimiento futuro.

Frecuencia recomendada

- **Cada 5 años** como estándar técnico, o antes si:
 - Hay señales de contaminación del producto (agua, residuos).
 - Se detectan problemas en los surtidores.
 - Hay sospecha de fugas.

Costo estimado (referencial)

- **USD \$800 – \$2,000 por tanque**, dependiendo del volumen,

ubicación, tipo de residuos y equipo requerido.

Consulta: Cuál es el procedimiento para limpiar un tanque de combustible viejo que no tiene "man hole"

Respuesta ChatGPT Plus

Limpiar un **tanque de combustible viejo sin *manhole* (pozo de visita)** representa un reto técnico y de seguridad mucho mayor. Aun así, **sí puede limpiarse**, pero con precauciones adicionales y normalmente utilizando métodos alternativos de acceso y limpieza. A continuación, te explico el procedimiento paso a paso:

Procedimiento para limpiar un tanque viejo sin *manhole*

1. Inspección inicial y planificación

- **Verificación visual externa** del tanque y sus conexiones.

- **Consulta de planos**, si están disponibles, para conocer puntos de acceso (por ejemplo, boca de llenado, ventilación o sondas).
 - Determinar si es **posible habilitar un acceso seguro temporal**.
-

2. Desgasificación y evaluación de atmósfera

- Se introduce un detector de gases explosivos (LEL) y de oxígeno a través del **tubo de llenado o ventilación**.
 - Si hay riesgo de explosión (por vapores inflamables), se **inertiza con nitrógeno o CO₂**.
 - Se recomienda instalar un **extractor de gases (ventilador antiexplosivo)** conectado al tubo de ventilación o a un acceso improvisado.
-

3. Extracción de residuos líquidos (slop)

- Se utiliza una **bomba neumática o eléctrica con manguera flexible** introducida por la boca de carga.

- Se extraen los residuos de combustible, agua y lodos depositados en el fondo.
- Todo el residuo debe almacenarse en tambores cerrados etiquetados como **residuos peligrosos**.

4. Limpieza interna (sin ingreso humano)

Dado que **no hay manhole**, no se puede ingresar al tanque, por lo que se aplican métodos remotos:

Opción A: Lavado con manguera giratoria

- Se introduce por el tubo de carga una **boquilla rotativa de alta presión** conectada a una hidrolavadora industrial.
- Se alterna con la aspiración continua del fondo con manguera.

Opción B: Limpieza química interna

- Se introduce una mezcla de **detergentes biodegradables**, agitada con aire comprimido o recirculación.

- Luego se enjuaga y aspira completamente.

Opción C: Limpieza por succión industrial

- Se usa una ***vacuum truck*** que puede succionar sólidos y líquidos desde una distancia y sin necesidad de acceso interno.

5. Inspección con cámara remota (opcional)

- Si se requiere validar la limpieza, se puede introducir una **cámara flexible tipo boroscopio** a través de un tubo para revisar el estado interno.

6. Sellado y pruebas

- Una vez seco, se cierra el sistema y, si es necesario, se realiza una **prueba de estanqueidad**.
 - Se sella cualquier acceso temporal creado.
-

Importante: no improvisar un manhole cortando el tanque

- **Abrir un agujero sin medidas de seguridad puede provocar explosiones** por vapores residuales.
- Si se desea instalar un *manhole*, debe hacerse con personal experto, después de inertizar el tanque y certificar que no hay riesgo de ignición.

Documentación necesaria

- Informe técnico del procedimiento.
- Registro del volumen de residuos retirados.
- Certificados de disposición final (según legislación ambiental).
- Recomendaciones para mantenimiento o retiro del tanque.

Costo estimado

- **USD \$1,200 – \$3,000** por tanque, dependiendo del

volumen, acceso y grado de contaminación.

Consulta: Limpieza interna (sin ingreso humano), dado que no hay *manhole*. ¿Es efectiva en tanques viejos con 16 años de edad promedio?

Respuesta ChatGPT Plus

Excelente pregunta. En tanques subterráneos **viejos**, con un promedio de **16 años de antigüedad**, las opciones de **limpieza interna sin ingreso humano** pueden ser efectivas, **pero con ciertas limitaciones** y consideraciones importantes.

Efectividad de cada opción en tanques antiguos

Opción A: Lavado con manguera giratoria (rotativa de alta presión)

Efectiva en:

- Remover **lodos sueltos**, sedimentos blandos, restos de hidrocarburos y agua acumulada.

- Alcanzar paredes internas de forma uniforme **sin ingreso humano**.

Limitaciones:

- Si hay **costras endurecidas** de residuos o corrosión adherida, **no remueve completamente**.
- No detecta ni corrige **daños estructurales** ocultos.
- El cabezal giratorio puede no alcanzar bien las esquinas del tanque si hay deformaciones internas o corrosión.

Opción B: Limpieza química interna (con surfactantes y disolventes biodegradables)

Efectiva en:

- Disolver residuos pesados de hidrocarburos acumulados por años.
- Tanques con presencia de **goma, barniz o biocombustibles degradados**.

Limitaciones:

- Necesita **tiempo de contacto prolongado** y agitación o recirculación para ser efectiva.
- Puede generar residuos peligrosos que requieren tratamiento especial.
- No elimina depósitos sólidos adheridos si no se combina con lavado posterior.

Opción C: Succión industrial (vacuum truck)

Efectiva en:

- Extraer de manera segura **lodos, residuos líquidos y sedimentos** en el fondo del tanque.
- Trabajar en espacios sin acceso físico.

Limitaciones:

- No “lava” ni “desincrusta”; **solo extrae lo que está suelto o semilíquido.**
- Ineficiente si hay residuos pegados o costras adheridas.

Conclusión: ¿Son efectivas en tanques de 16 años?

Técnica	Efectividad en tanques viejos (1–5)	Requiere combinación con otra técnica
Manguera giratoria	★ ★ ★ ★ ☆ (4)	Sí (ideal con succión posterior)
Limpieza química	★ ★ ★ ☆ ☆ (3)	Sí (con agitación o presión)
Succión industrial	★ ★ ☆ ☆ ☆ (2)	Sí (no limpia paredes ni techo)

Recomendación práctica:

Para tanques de 16 años sin *manhole*, lo más efectivo suele ser una combinación de:

1. **Succión industrial**
2. **Limpieza química (si hay residuos pesados)**
3. **Lavado interno con manguera giratoria**

Así se logra una limpieza razonablemente completa **sin ingreso humano**, siempre que el tanque no esté gravemente deteriorado.

Consulta: Procedimiento para instalar un *man hole* en un tanque subterráneo - ¿Implica romper la pista de concreto? ¿Abrir un agujero en el tanque?

Respuesta ChatGPT Plus

Sí, instalar un *manhole* (pozo de visita) en un tanque subterráneo de combustible **implica romper la pista de concreto y abrir un agujero en el tanque**, por lo que es un **procedimiento complejo, peligroso y regulado**. A continuación, te explico el procedimiento paso a paso, con sus implicaciones técnicas y de seguridad:

Procedimiento para instalar un *manhole* en un tanque subterráneo

1. Planificación, permisos y análisis de riesgo

- **Notificación a las autoridades ambientales y municipales** (según legislación local).
- **Revisión de planos del sitio y del tanque.**

- Elaboración de un **plan de trabajo en espacio confinado** y análisis de riesgos de explosión.
- **Evaluación estructural** del tanque (espesor, material, tipo de soldadura, corrosión).

2. Vaciado completo del tanque y desgasificación

- Extracción total de **combustible y lodos** con bomba neumática o *vacuum truck*.
- Inertización del tanque con **nitrógeno, CO₂ o vapor** para eliminar todo riesgo de explosión.
- Medición con sensores multigas para verificar condiciones seguras (LIE, oxígeno).

3. Demolición del concreto (pista)

- Se **rompe la losa de concreto** que cubre el tanque subterráneo en la zona elegida.
- Se retira con martillo neumático y maquinaria pequeña, cuidando no dañar el tanque.

4. Corte del tanque (instalación del manhole)

- Se **marca y corta** un orificio en la parte superior del tanque, típicamente de **20” a 24” (50–60 cm)** de diámetro.
- El corte se realiza con **herramientas neumáticas o hidráulicas anti chispa** (NUNCA con amoladora eléctrica convencional).
- Se instala una **brida reforzada**, con una **tapa hermética con pernos** para acceso futuro.
- El *manhole* puede ser de **acero al carbono o acero inoxidable**, según el tipo de tanque.

5. Revestimiento y protección del acceso

- Se puede aplicar un **recubrimiento epóxico** alrededor del corte, tanto por dentro como por fuera.
- Se instala un **collarín de protección, pozo prefabricado o tubo de acceso vertical**, que conecta el *manhole* con la superficie.

6. Reconstrucción de la losa de concreto

- Se vuelve a colar el concreto alrededor del acceso, dejando el **tubo vertical con tapa visible al nivel del piso**.
- La tapa del manhole queda al ras del pavimento o ligeramente sobresalida, con **marcado visible e identificación del producto** (ej. gasolina, diésel).

Resultado final:

- El tanque ahora tiene un **punto seguro de acceso para inspección, limpieza y mantenimiento** conforme a normativas modernas (como EPA 40 CFR Parte 280 en EE.UU.).

Peligros y precauciones

Altísimo riesgo de explosión si no se inertiza adecuadamente.

- Peligro de **colapso estructural del tanque** si no se refuerza la zona del corte.

- Riesgo legal si no se cuenta con permisos ambientales y municipales.

Costo estimado

- **USD \$2,000 a \$5,000 por tanque**, dependiendo de:
 - Tipo de tanque (fibra, acero, doble pared).
 - Accesibilidad del sitio.
 - Revestimientos y materiales requeridos.
 - Normativa local y supervisión técnica.

Consulta: Por favor indique el costo de oportunidad que tendrán las gasolineras al dejar de operar mientras se realizan esta actualización.

Respuesta ChatGPT Plus

Con gusto. El **costo de oportunidad para las estaciones de servicio** que deban **cerrar temporalmente durante la actualización de infraestructura** (instalación de *manholes*, limpieza de

tanques, cambio de tuberías, pruebas de estanqueidad) **puede ser considerable** y varía según su volumen de ventas.

A continuación, se detalla una estimación realista basada en parámetros del mercado guatemalteco:

Supuestos básicos

Parámetro	Valor estimado
Estaciones de servicio en Guatemala	2,000
Estaciones intervenidas simultáneamente	10% (≈200)
Duración promedio de cierre por estación	4 a 6 días
Ventas promedio por estación por día	Q30,000 a Q60,000 (≈USD \$3,800)
Margen neto de ganancia	5% a 10% sobre ventas

Ingreso bruto perdido por día (por estación)

- **Q30,000/día (~USD \$3,800)** en ventas → pérdida de ventas:

- **4 días de cierre = USD \$15,200**
- **6 días de cierre = USD \$22,800**

Pérdida total por cierre temporal

A. Escenario base: todas las estaciones actualizadas

- 2,000 estaciones × USD \$15,200 = **USD \$30.4 millones** (mínimo)
- 2,000 estaciones × USD \$22,800 = **USD \$45.6 millones** (máximo)

B. Margen neto (ganancia no obtenida):

- Si consideramos solo pérdida de ganancia neta (8% promedio sobre ventas):
 - **USD \$2.4 a \$3.6 millones** por día a nivel nacional

Conclusión: Costo de oportunidad

La pérdida total de ingresos brutos por cierres temporales durante la actualización de infraestructura para uso de E10 podría ascender a:

USD \$30 a \$45 millones, dependiendo del tiempo de cierre por estación.

Esto se **suma a los USD \$18.5 a \$26.5 millones** en inversiones técnicas ya estimadas, generando un impacto económico total de:

USD \$50 a \$70 millones para el sector gasolinero, sin contar daños colaterales o demanda insatisfecha.

Consulta: Favor totalizar el costo de la actualización de la infraestructura de las estaciones de servicio en Guatemala para el manejo de E10

ChatGPT Plus

Con gusto. A continuación, te presento una **estimación totalizada** y detallada del **costo de la actualización de la infraestructura de las estaciones de servicio en Guatemala** para manejar de forma segura mezclas de gasolina con etanol E10, basada en las cifras ya evaluadas:

Componentes de la actualización

I157

1. Infraestructura técnica (por estación o tanque)

Concepto	Estimado total
Instalación de <i>manholes</i>, sensores, limpieza de tanques (6,000 tanques)	USD \$18.5 – \$26.5 millones
Reemplazo de tuberías no compatibles (1,000 estaciones)	USD \$15 – \$20 millones
Limpieza de líneas en estaciones compatibles (1,000 estaciones)	USD \$3.5 – \$6.5 millones

**Subtotal infraestructura técnica:
USD \$37 – \$53 millones**

2. Costo de oportunidad por cierre temporal (2,000 estaciones)

- Pérdida por cierre de 4–6 días:
USD \$30 – \$45 millones

**Subtotal costo de oportunidad:
USD \$30 – \$45 millones**

Total, estimado general

Categoría	Monto (USD)
Infraestructura técnica	\$37 – \$53 millones
Pérdida por cierre temporal	\$30 – \$45 millones
Total, general estimado	\$67 – \$98 millones

Observaciones

- Este total **no incluye** costos de modernización **del sistema de distribución, transporte** (cisternas), ni **gestión nacional de residuos contaminados** (*slop* o gasolina degradada).
- Es una **estimación conservadora**, basada en costos mínimos por componente técnico.
- El valor real puede **aumentar si se incluyen estaciones informales** que carecen de documentación, planos, o acceso técnico.

¿Quién pagará el costo?

El Acuerdo Gubernativo número 159-2023 no estipula quién costeará estas inversiones. Una opción es que los distribuidores y expendedores absorban el costo si quieren seguir operando. En otras palabras, un sector de la empresa privada tendrá que subsidiar a otro. La otra, cargarlo al consumidor.

En respuesta a una petición de ciudadanos amparados por la Ley de Acceso a la Información Pública (Decreto No. 57-2008), el MEM hizo una estimación de inversión 155 millones de dólares (1,900 millones de quetzales).

Considerando un consumo de combustibles en el país de 755 millones de galones mensuales, el impacto económico de implementar una mezcla de E10 serían unos \$.0017 USD por galón de combustible con una amortización de 10 años.

Este cálculo demuestra la intención de prorratear la inversión en el tiempo y pasarle el costo al consumidor vía un incremento en el precio por galón. El público estaría pagando por las inversiones del sector privado.

Lamentablemente, la pita siempre se rompe por el lado más débil.

En otras palabras, se estaría creando un impuesto al público para beneficio de los productores de etanol, avalado por el gobierno de Alejandro Giammattei y refrendado por el gobierno de Bernardo Arévalo.

En base a los cálculos presentados anteriormente, me parece que esta estimación es demasiado conservadora y el costo al consumidor será más alto.

Estas grandes cantidades de dinero explican la participación del Banco Interamericano de desarrollo (BID) en el proyecto.

En resumen, importadores, expendedores y transportistas tendrán que hacer millonarias inversiones en instalaciones y sistemas de control de calidad que llevarán tiempo en ser implementadas. Esto, sin beneficio alguno para ellos. Mas bien, tendrán que ser más cuidadosos en el manejo o habrá daño a la flota automotriz por corrosión y sedimentos.

Entre los distribuidores de combustible de bandera blanca, hay

muchos de bajos recursos, que no tienen la capacidad financiera ni técnica para hacerle frente a este cambio. Tampoco para las labores especiales de mantenimiento.

Si los expendedores de gasolina no fueron consultados, podemos deducir que tampoco fueron asesorados.

¿Sabrán lo que tienen que hacer? ¿Se están preparando? ¿Tienen los recursos? Lo que habrá es caos.

No hay argumentos de peso con que se pueda demostrar beneficios tangibles del etanol obligatorio para el país.

Tiempo de implantación

Hablemos ahora del tiempo de implantación. Utilizo este término, ya que “una implantación se realiza de forma impuesta u obligatoria al usuario sin importar su opinión; en cambio en la implementación se involucra al usuario en el desarrollo de lo que se está realizando”.^{lxvi}

En Costa Rica, la Refinadora Costarricense de Petróleo (Recope) anunció a finales del 2018, que implantarían la mezcla de gasolina con etanol en 2019.^{lxvii} A la fecha, no lo ha hecho.

En Panamá, Ley 43 de 25 de abril de 2011 estableció el uso obligatorio de etanol como aditivo de la gasolina. Su entrada en vigencia ha sido prorrogada varias veces. Después de reuniones con importadores y distribuidores de combustibles, fijaron como nueva fecha el 1º de septiembre de 2025.^{lxviii} ^{lxix}

En Guatemala, originalmente, el MEM anunció la obligatoriedad de la mezcla de gasolina con etanol para 2024. Luego lo prorrogó para 2025 y finalmente para enero de 2026^{lxx}

Importadores, distribuidores y transportistas de combustibles no han sido consultados y no tienen directrices. Asumiendo que ya consensuaron el cambio, ya se informaron sobre los nuevos materiales y equipos que tienen que comprar o modificar, y ya tienen el financiamiento necesario, el período de implantación podría ser de dos años.

Es obvio que el MEM no entiende la magnitud de lo que está haciendo.

Posibilidad de usar bombas mezcladoras (blender pumps)

En Estados Unidos existen estaciones de servicio que mezclan etanol con gasolina directamente en la bomba dispensadora, justo antes de que el combustible sea transferido al tanque del vehículo. Este sistema se conoce como *blender pump* o bomba mezcladora, y permite ofrecer diferentes mezclas (por ejemplo, E10, E15 o E85) desde un mismo surtidor.

Estas bombas son más comunes en el Medio Oeste de Estados Unidos, una región con alta producción de maíz y etanol, particularmente en estados como Iowa, Minnesota, Nebraska e Illinois. Su implementación ha sido promovida por incentivos federales y estatales, especialmente del Departamento de Energía (DOE) y el Departamento de Agricultura (USDA),

como parte de los programas de apoyo a los biocombustibles.

Sin embargo, su presencia sigue siendo limitada en comparación con las estaciones tradicionales. La instalación de bombas mezcladoras implica una inversión significativa, ya que requieren tanques separados para el etanol puro (E100), sistemas de medición precisos, bombas resistentes al alcohol, y cumplimiento de estrictas normas de seguridad debido a la inflamabilidad del etanol.

Además, la operación segura de estas bombas implica capacitación del personal, mantenimiento especializado y un control estricto de calidad del combustible, factores que aumentan el costo operativo.

En ese contexto, este modelo no es viable para países como Guatemala, donde la infraestructura de distribución de combustibles es menos desarrollada, el parque vehicular es más vulnerable a mezclas con etanol, y no existen los incentivos estatales ni la logística necesaria para garantizar una implementación segura y económica.

Costos y desafíos logísticos del etanol obligatorio

Suministro de etanol y gasolina: Retos técnicos y financieros de etanol

La Ley de Alcohol Carburante (Decreto Ley Número 17-85) se promulgó el 1º de marzo de 1985.

En ese entonces a nadie se le ocurrió cambiar las regulaciones de materiales de almacenaje, distribución y transporte de combustibles. Se desperdiciaron 40 años. Teniendo en cuenta que la vida útil de un tanque es entre 20 y 30 años, ya estarían preparados para el manejo

de etanol. Pero no es así. Ahora hay que hacer gastos millonarios.

Los depósitos y mangueras de 2,000 gasolineras (dos terceras partes informales), 3,000 camiones cisternas, 700 depósitos de almacenamiento y decenas de miles de tanques industriales reutilizables deberán ser cambiados o limpiados y adaptados para el uso de etanol.

De no hacer esto último, la totalidad de los 4.9 millones de automóviles con motor de gasolina y 2.6 millones de motocicletas recibirán lodos y residuos en el sistema de combustible al punto de detener el funcionamiento del motor.

Quienes que argumentan que el etanol se usa sin problemas en países como Brasil y Estados Unidos no toman en cuenta este “pequeño detalle”. Brasil trabaja con etanol desde 1931 y Estados Unidos desde 1980. Estos dos países juntos, producen 70% del etanol mundial. ^{lxxi}

Las lección es que no deben copiarse leyes de países industrializados que serán difíciles o imposibles de aplicar en un país en vías de desarrollo.

¿Por qué el etanol requiere de un manejo especial?

Las mezclas de gasolina y etanol son más solubles, por lo que arrastran sedimentos a los tanques de almacenaje.

El etanol afloja el óxido, el barniz y las gomas de los tanques usados. Esto puede causar problemas en los motores de los automóviles, sin importar el año en que fueron fabricados.

Las pérdidas por evaporación durante el almacenamiento son mayores con el etanol, ya que tiene una presión de vapor más alta comparada a la gasolina. Esta situación requiere de equipo y cuidados especiales para minimizar el impacto ambiental.

Costos para distribuidores y expendedores de gasolina

Los importadores de combustibles se rigen por los Reglamentos Técnicos Centroamericanos (RTCA). Éstas son normas que establecen requisitos para el transporte de hidrocarburos líquidos, como la gasolina y el diésel. El

propósito es unificar especificaciones para mantener y mejorar la competitividad de los productos.

La gasolina viene ya mezclada de origen con los aditivos necesarios para llenar las exigencias de octanaje de cada país. Los barcos contenedores de combustible se surten en el Golfo de México y abastecen la región.

De acuerdo a la Ley, el etanol debe ser mezclado en Guatemala para complementar el octanaje, por lo que la especificación del combustible base que se importa se vuelve crítica. Cualquier cambio que rompa la cadena de comercialización para la región puede provocar sobre costos en los combustibles, que hasta el momento se desconocen.

Los importadores de combustibles a granel deberán efectuar la mezcla de la gasolina base con el etanol. Estiman \$50 millones de dólares de inversión.

La mitad de estaciones de servicio utiliza tuberías HG (de acero galvanizado), que no son aptas para el uso de etanol y deben ser

reemplazadas. **El costo aproximado del cambio de tuberías para una estación de servicio con dos tanques oscila entre los US\$15,000 y US\$20,000. \$17,500 de promedio por 2,000 gasolineras, da un total de \$35 millones de dólares.**

En el caso de que la estación de servicio cuente con líneas aptas para el uso de etanol, hay que drenarlas y limpiarlas, con métodos tales como el barrido óptico, limpieza a vapor, filtro agitador y solventes químicos. ^{lxxii}

En caso de los tanques enterrados para almacenamiento de combustible se recomienda usar tanques de doble pared. La parte interior de acero inoxidable y la exterior de plancha de acero de alta densidad. ^{lxxiii}

Los materiales a base de resina de poliéster utilizados a finales de los años 1970 y principios de los 1980 no son adecuados para el uso de etanol. Algunos pueden ser revestidos con epoxi y soportar.

En el caso de estaciones de servicio que cuenten con tanques de materiales preparados o adaptables, hay que

seguir procedimientos son muy riesgosos y no existe la capacidad instalada para hacerlos, como ya lo mencionamos.

A esos costos hay que aumentar el **costo de oportunidad**. El tiempo que estarán inactivos los tanques de distribuidores, transportistas y gasolineros mientras se hacen las reparaciones necesarias. Semanas, quizás meses.

Adaptar los tanques actuales tendría un costo total general estimado entre \$67 y \$98 millones, tomando en cuenta el costo de oportunidad del tiempo en que no estarán operando.

Este total no incluye costos de modernización del sistema de distribución, transporte (cisternas), ni gestión nacional de residuos contaminados (*slop* o gasolina degradada).

Cambiar los tanques actuales por tanques de dos capas resistentes al etanol implica una inversión promedio de US\$50,000 por estación de servicio. Multiplicado por 2,000

gasolineras, da un total de \$100 millones de dólares.

Muchos de los dueños de estaciones de servicio, la mayoría informales, no tiene la capacidad económica para hacer estos cambios. Probablemente no puedan continuar en el negocio.

Otro aspecto a considerar es el mantenimiento especial. Es importante limpiar los tanques y deben estar completamente secos antes de la introducción del etanol. Si la cantidad de agua en el tanque supera el 0.5%, el etanol se desfasa. Aproximadamente la mitad quedará atrapada con el agua en el fondo, provocando que la gasolina que quede arriba tenga menos octanaje, al punto de que el motor del automóvil no puede quemarla y se detiene. En ese caso, se debe detener la distribución del producto, remover la capa de agua y luego analizar el combustible hasta que esté apto para su consumo. ^{lxxiv}

Los camiones cisterna para transporte de combustible deberán de tener cuidados similares a los tanques de las gasolineras. Las mangueras de despacho que no estén capacitadas

para uso de etanol deben ser reemplazadas. En el tema de las cisternas, el reglamento de Transporte Terrestre de Hidrocarburos de la Unión Aduanera Centroamericana no menciona tanques preparados para uso de etanol. Solamente habla de cisternas de aluminio y acero inoxidable.^{lxxv}

Las mezclas de etanol y gasolina pueden tener alguna incidencia de corrosión en tanques de acero inoxidable.^{lxxvi} En el caso de tanques de aluminio, las tasas de corrosión son más altas.^{lxxvii} Las cisternas cuyo material permita el uso mezclas de etanol y gasolina, deben ser limpiadas previamente.

A continuación, publico el Boletín Informativo de la Asociación Guatemalteca de Expendedores de Gasolina (AGEG).



Boletín Informativo Asociación Guatemalteca de Expendedores de Gasolina (AGEG)

1 de julio de 2025

El Gobierno mantiene su posición respecto a la entrada en vigencia del mandato obligatorio de comercialización de gasolina con mezcla E10 en todas las estaciones de servicio del país, conforme lo establece el Reglamento de la Ley de Alcohol Carburante (Acuerdo Gubernativo 159-2023), cuya implementación está programada para enero 2028. Ante esta situación, AGEG manifiesta su postura institucional, la cual ha sido construida con base en criterios técnicos, jurídicos y de protección al consumidor y se resume en los siguientes puntos:

1. Rechazo a la Obligatoriedad

AGEG no se opone al uso de gasolina con mezcla E10, pero si rechaza su implementación obligatoria, por las siguientes razones:

- Se vulnera el derechos de elección del consumidor, al no ofrecer alternativas en el mercado.
- El mandato contraviene el artículo 12 de la Ley de Alcohol Carburante (Decreto 17-85), que establece que solo las estaciones de servicio que reúnan los requisitos técnicos venderán la mezcla.

2. Incertidumbre sobre el impacto en los consumidores

Existe falta de certeza técnica y legal sobre la compatibilidad del parque vehicular nacional con el uso de la mezcla E10. En ese sentido, exigimos:

- Información técnica oficial que garantice la compatibilidad de la mezcla E10 con todos los vehículos autorizados para circular.
- Un mecanismo de compensación por daños que pudieran derivarse del uso obligatorio de la mezcla E10.
- Campañas publicas de educación al consumidor, claras y basadas en evidencias técnicas.



Boletín Informativo Asociación Guatemalteca de Expendedores de Gasolina (AGEG)

3. Infraestructura no certificada ni adaptada

- La infraestructura actual de muchas estaciones de servicio incluyendo tanques subterráneos, tuberías, sistemas de dispensación y equipos que no han sido acondicionados ni certificados para operar con gasolina mezclada con etanol al 10%.
- Es importante destacar que las estaciones de servicio cumplen con la normativa vigente en materia de infraestructura, conforme a lo establecido en la Ley de Comercialización de Hidrocarburos y su Reglamento, la cual fue diseñada para la comercialización de gasolinas y diésel, no para mezclas con etanol.

Este implica:

- Riesgo ambientales y operativos por corrosión, filtraciones y fallas en equipos.
- Inversión significativa no prevista para el reacondicionamiento de instalaciones.
- Falta de lineamientos claros del Estado sobre los estándares técnicos requeridos.

Solicitamos al Gobierno

En virtud de lo anterior, AGEG solicita al Gobierno de la República:

- Revisión del mandato obligatorio, conforme a la Ley de Alcohol Carburante vigente.
- Implementación gradual y voluntaria, basado en criterios técnicos y condiciones del mercado.
- Establecimiento de un marco de responsabilidad legal frente a daños a vehículos, infraestructura o el medio ambiente.
- Emisión de lineamientos técnicos oficiales, claros y verificables, para el reacondicionamiento de estaciones de servicio.

AGEG reafirma su compromiso con una transición energética responsable, técnica y ordenada, basada en el respeto al marco legal, la protección del consumidor y la viabilidad técnica de la infraestructura nacional.

Toda ley debe ser participativa

Toda ley debe ser participativa. Las leyes y regulaciones ambientales deben ir de la mano con la economía. De otra forma, provocan más problemas de los que se pretende solucionar.

Como ya mencionamos, a la fecha no se le ha permitido participar a importadores, transportistas y distribuidores de combustibles en la implantación del etanol obligatorio en Guatemala.

Cuando me tocó liderar el programa de introducción de gasolina sin plomo en Guatemala y posteriormente en Centroamérica, a manera de guía escribí el libro Control de la contaminación del aire (1996).

Allí propuse lineamientos para legislar:

La normativa para el control de emisiones debe cumplir con lo que llamamos los diez mandamientos. Creemos que una ley de este tipo debe ser:

1. Completa.
2. Participativa. Debe permitir la participación de todos los sectores

involucrados: gobierno, compañías petroleras, distribuidores de automóviles, etc.

3. Viable. Debe observar la Constitución del país. No debe contradecirse con leyes existentes. No debe ser retroactiva.

4. Práctica. No deben copiarse leyes de países industrializados que serán difíciles o imposibles de aplicar en un país en vías de desarrollo. Debe contener medidas congruentes con la realidad del país en donde se quiera aplicar.

5. Gradual. Debe estipular plazos necesarios para su aplicación.

6. Programada.

7. Específica.

8. Efectiva.

9. Drástica.

10. Actualizable. Debe contemplarse la creación de una Comisión que es la encargada de actualizarla en lo que se refiere al monto de las sanciones y a las especificaciones técnicas.

La estructura de la ley debe ser la siguiente: debe comenzar por establecer la prohibición y el campo de acción; luego debe definir los actores, con sus requisitos y sus funciones; siguen los límites permisibles para cada

clase de equipo; se termina con las sanciones.

Este es un ejemplo de la manera responsable de hacer leyes y reglamentos. Lamentablemente en el caso del proyecto de etanol obligatorio en Guatemala no se tuvo el más mínimo cuidado.

Conclusiones

La propuesta de introducir etanol como componente obligatorio en la gasolina comercializada en Guatemala plantea una serie de desafíos que van mucho más allá de las buenas intenciones ambientales o los discursos energéticos sostenibles. La presente investigación revela que la implementación de una política de etanol obligatorio, sin una preparación adecuada, puede generar impactos negativos en múltiples niveles: técnico, económico, logístico y social.

1. Infraestructura inadecuada

La mayoría de estaciones de servicio del país no cuentan con tanques secundarios o sistemas de bombeo compatibles con mezclas que

contengan etanol, una sustancia higroscópica y corrosiva que requiere materiales y medidas de seguridad específicas. La adecuación de esta infraestructura representaría un costo elevado para los propietarios de estaciones, muchos de los cuales son pequeñas y medianas empresas sin capacidad para asumir estos gastos.

2. Altos costos logísticos

El transporte, almacenamiento y distribución del etanol presentan grandes riesgos y complejidades logísticas que no existen con la gasolina convencional. Requiere líneas de suministro separadas, transporte en vehículos específicos, y monitoreo constante de humedad y temperatura para evitar la separación de fases y la contaminación del producto. Estos factores aumentan significativamente el costo operativo del sistema de distribución nacional de combustibles.

3. Riesgos

Si los procedimientos de adaptación de infraestructura de tanques de gasolina no se realizan adecuadamente, existe un altísimo

riesgo de explosiones, pérdidas de vidas humanas y daños materiales.

4. Aumento en el precio al consumidor

Aunque el precio del etanol en origen puede parecer competitivo, los costos acumulativos de adaptación, manejo y transporte elevan el precio final de la gasolina mezclada. Este sobre costo terminaría trasladándose al consumidor, afectando principalmente a los sectores más vulnerables: motociclistas, transporte rural y población de menores ingresos.

5. Falta de transparencia en costos reales

En el análisis económico actual, no se toman en cuenta los subsidios ocultos otorgados a la producción de etanol, ni se ha expuesto con claridad el impacto real en los precios al consumidor final. Tampoco se han contemplado los costos indirectos de mantenimiento, fallas mecánicas y disminución de eficiencia en vehículos que no fueron diseñados para operar con E10.

6. Riesgo de monopolización del mercado

La estructura planteada para la distribución del etanol podría consolidar prácticas monopólicas bajo la justificación de sostenibilidad energética, con escasa competencia y sin mecanismos reales de supervisión de precios, calidad o equidad en el acceso al producto.

En conclusión, el etanol no es en sí mismo un enemigo, pero imponerlo sin preparación técnica, económica ni legal adecuada puede convertirlo en un villano sistémico. Antes de avanzar con una obligación nacional, es indispensable realizar estudios piloto, abrir espacios de diálogo técnico con todos los sectores involucrados, y evitar que una bandera verde o una narrativa climática mal enfocada encubra decisiones que podrían dañar al país en lugar de beneficiarlo.

Problemas de la implementación de etanol sin avisar al público

El Acuerdo Ministerial 281-2023 incluye la Nómina de Productos Petroleros. En su Artículo 8 especifica los oxigenantes aprobados.

ARTICULO 8. CONTENIDO DE OXIGENANTES: En la gasolina superior y gasolina regular, el contenido de oxigenantes y sus métodos para su determinación, son los siguientes:

CARACTERÍSTICA	UNIDADES	MÉTODO ARBITRO	METODO ALTERNATIVO	VALORES
Contenido de alcohol etílico anhidro desnaturalizado y sin desnaturalizar	% vol.	D 4815	D 5845, PetroSpec	10 máx.
MTBE (Metil tert-butil éter)	% vol.	D 4815	D 5845, PetroSpec	10 máx.
TAME (Ter-amil metil éter)	% vol.	D 4815	D 5845, PetroSpec	Reportar *
DIPE (Diisopropil éter)	% vol.	D 4815	D 5845, PetroSpec	Reportar *
ETBE (Etil tert-butil éter)	% vol.	D 4815	D 5845, PetroSpec	Reportar *
Metanol	% vol.	D 4815	D 5845, PetroSpec	Reportar *
t-butanol	% vol.	D 4815	D 5845, PetroSpec	Reportar *

* Reportar indicando el resultado obtenido de acuerdo al método, por un periodo de un año y evaluar en los siguientes tres meses, con el propósito de definir si se mantiene reportar o se define un valor numérico.

El primero en la lista, el alcohol etílico anhidro, es el etanol. De manera que está permitido usarlo. El tema está en que el público tiene derecho a saber qué producto está consumiendo. Sobre todo, en el caso del etanol, con tantos efectos económicos y ambientales.

Transcribo un párrafo del estudio publicado en Prensa Libre por Redacción C-Studio, el 23 de abril de 2025.

“De acuerdo con información pública del Ministerio de Energía y Minas (MEM), en 2015 una de las tres principales importadoras y comercializadoras de combustibles del país importó 50 mil barriles de etanol para mezclar como aditivo en sus gasolinas súper y regular.

Esta mezcla se comercializó en sus gasolineras en Guatemala durante 2015 y 2016, sin necesidad de realizar modificaciones en sus equipos, demostrando en la práctica que la infraestructura existente en las estaciones de servicio es compatible con biocombustibles.” ^{lxxviii}

De manera que se comercializó gasolina con etanol sin avisar al público, con conocimiento y anuencia del MEM.

Pepo Toledo: Consulta a ChatGPT Plus

¿Qué problemas puede causar la implementación de etanol sin avisar al público?

Respuesta ChatGPT Plus

Implementar una mezcla de gasolina con etanol (como E10) sin avisar al público puede causar una serie de problemas técnicos, legales, económicos y sociales. A continuación, se detallan los principales riesgos:

Problemas mecánicos en vehículos incompatibles

Corrosión: El etanol es higroscópico (absorbe agua), lo que puede provocar corrosión en tanques, líneas de combustible, inyectores, bombas y otras partes del sistema, especialmente si hay presencia previa de agua (como ocurre en el 80% de los tanques en Guatemala).

Degradación de materiales: Vehículos antiguos o motos que no fueron diseñados para E10 pueden sufrir daño en empaques, sellos y mangueras.
Acumulación de sedimentos: El etanol puede soltar impurezas acumuladas en tanques viejos, causando obstrucciones en el sistema de combustible.

Riesgos operativos en estaciones de servicio

Tanques antiguos de una sola capa (como el 89% en Guatemala) no están preparados para mezclas con etanol, lo que puede aumentar fugas, filtraciones o rupturas.

Contaminación del combustible: La presencia de agua en los tanques puede causar separación de fases (agua con etanol abajo, gasolina arriba), generando una mezcla inestable e incluso dañina para los motores.

Pérdida de rendimiento y consumo elevado

Menor densidad energética: El etanol tiene menos energía por litro que la gasolina. Sin ajustes, el motor puede consumir más combustible para mantener el mismo rendimiento.

Problemas en motores sin sensores adecuados: En vehículos no preparados, el sistema no ajusta bien la mezcla aire-combustible, causando fallas de encendido, jaloneos o pérdida de potencia.



Información correcta de precios. Sheetz Statesville NC. Foto por Pepo Toledo

Problemas legales y de confianza

Falta de consentimiento informado: Los consumidores tienen derecho a saber qué tipo de combustible están comprando. No informar podría violar leyes de protección al consumidor.

Reclamaciones legales: Usuarios que sufran daños podrían demandar a distribuidores o al Estado, alegando negligencia.

Desconfianza generalizada: Si los usuarios asocian fallos con el nuevo

combustible sin haber sido advertidos, puede haber resistencia social e impacto reputacional para distribuidores y autoridades.

Impacto social y gremial

1. Rechazo por parte de transportistas, motoristas y gremios que no fueron consultados.
2. Protestas o bloqueos si se interpreta como una imposición sin diálogo ni beneficios claros.

Conclusión

Implementar etanol sin avisar no solo es riesgoso desde el punto de vista técnico, sino también desde lo social y jurídico. Una transición adecuada requiere: 1. Diagnóstico técnico de tanques y vehículos. 2. Etiquetado obligatorio. 3. Campañas educativas. 4. Regulación clara y fiscalización activa. Lo contrario puede convertir una medida ambientalmente positiva en una fuente de conflicto y daño económico.

¿Es obligatorio identificar el tipo de combustible en las bombas de gasolina?

Pepo Toledo: Consulta a ChatGPT Plus

En Guatemala la Ley de hidrocarburos, ¿obliga a identificar el tipo de combustible en las bombas de gasolina?

Respuesta ChatGPT Plus ^{lxxix}

Sí, la Ley de Hidrocarburos (Decreto 109-83) y su Reglamento establecen obligaciones específicas para las estaciones de servicio, pero no mencionan explícitamente que se deba rotular el “tipo de combustible” en las bombas, como gasolina regular, súper, o diésel. ^{lxxx}

No obstante, la normativa exige:

- Licencia para operar e instalar estaciones, incluida información técnica de las instalaciones. ^{lxxxii}
- Rotular claramente los precios de venta al público en lugares visibles, de modo que los consumidores sepan cuánto pagan. ^{lxxxii}
- Garantizar que no se vendan productos adulterados o con cantidad inferior a la indicada. ^{lxxxiii}

La ausencia de una disposición legal específica sobre el etiquetado del tipo de combustible no impide que el MEM o la Dirección General de Hidrocarburos puedan regularlo mediante reglamento o acuerdo administrativo, especialmente en contextos de implementación de mezclas como E10.

Conclusión

Legalmente, hoy en día no es obligatorio que las bombas de servicio indiquen explícitamente el tipo de combustible, más allá de mostrar precios y evitar adulteraciones.

Sin embargo, esto podría cambiar con la reglamentación del etanol, que sí exige especificar la mezcla que se expende en cada surtidor.

Daños del etanol en vehículos automotores

Composición y edad de la flota vehicular en Guatemala

La Superintendencia de Administración Tributaria (SAT) dio a conocer el último reporte del parque vehicular a nivel nacional (febrero de 2025).^{lxxxiv}

Hay un total de 5,925,808 vehículos activos, divididos en tres categorías.

1. Comercial: 382,763.
2. Particular: 2,644,445.
3. Motocicletas: 2,898,600.

89% de la flota utiliza gasolina,^{lxxxv} para un total de 5,273,969. Restando 2,898,600 motocicletas, quedan 2,375,369 automóviles de gasolina.

En el informe titulado “El Mercado del Automóvil en Guatemala en cifras

(ICEX, 2021) podemos ver que la edad promedio de las motocicleta es de 6 años y el resto del parque automotor de 20 años. ^{lxxxvi} Lo más posible es que esta cifra de 2021 ya aumentó.

A modo de comparación, la antigüedad del parque vehicular en España subió de un promedio 8.3 años en 2008 a 14 años en 2023. ^{lxxxvii}

En Estados Unidos, subió de un promedio de 9.3 años en 2009 a 12.6 años en 2024. Esto, debido a las altas tasas de interés y el deterioro de la capacidad adquisitiva de los consumidores. ^{lxxxviii}

Problemas en automóviles y motos por el mal manejo de la comercialización del etanol

Las mezclas de gasolina y etanol son más solubles, por lo que arrastran sedimentos a los tanques de almacenaje. El etanol afloja el óxido, el barniz y las gomas de los tanques usados. Esto puede causar problemas en los motores de todos los vehículos automotores, sin importar el año en que fueron fabricados.

Como ya lo mencionamos anteriormente, los depósitos y mangueras de 2,000 gasolineras (dos terceras partes informales), 3,000 camiones cisternas, 700 depósitos de almacenamiento y decenas de miles de tanques industriales reutilizables deberán ser cambiados o limpiados y adaptados para el uso de etanol.

De no hacer esto último, la totalidad de los 2.4 millones de automóviles con motor de gasolina y 2.9 millones de motocicletas recibirán lodos y residuos en el sistema de combustible al punto de detener el funcionamiento del motor.

Usar etanol sin controles de calidad puede causar muchos problemas en la cadena de distribución y especialmente en la flota automotriz, no importando el año de fabricación del vehículo. Con dos terceras partes de estaciones de servicio informales en el país, estos inconvenientes parecen inevitables.

La volatilidad del etanol puede producir problemas de manejo en climas fríos, como por ejemplo dificultad al arrancar. El contenido de etanol debe ser reducido en determinadas regiones en los meses más fríos del año. ^{lxxxix}

En Guatemala, las dos terceras partes de las gasolineras son informales o de bandera blanca. Los controles sobre la flota de transporte son escasos. La falta de cuidados en el manejo de etanol puede causar serios problemas en la totalidad de la flota automotriz.

Acción corrosiva del etanol en los motores

Brasil es el mayor productor de caña de azúcar del mundo, y pionero en el uso extensivo de etanol como biocombustible para la flota automotriz. Comenzaron a usar una mezcla de 5% en la gasolina en 1931. ^{xc}

Los tanques de combustible, las tuberías y los motores de la flota automotriz fueron adaptados para protegerlos de la corrosión causada por el etanol y la formación de depósitos.

Es por esto que argumentar que el etanol es mejor para los motores cuando hubo que reforzar los materiales para su uso, es uno de los argumentos insostenibles.

La acción corrosiva del etanol deteriora progresivamente la bomba de combustible, los inyectores y los polímeros del sistema de combustible. También aumenta la acumulación de depósitos adentro del motor. Su uso prolongado reduce la vida útil de los motores.^{xci}

En Estados Unidos aún se obtiene gasolina sin etanol. Está hecha de puro petróleo, sin aditivos de combustibles renovables. Se utiliza en vehículos recreacionales, tales como lanchas, motocicletas y vehículos clásicos. También en equipos de campo como sierras eléctricas, cortadoras de grama, sopladores de hojas; adicionalmente se usa en pequeños equipos industriales, tales como los molinos de nixtamal, muy populares en Guatemala.. Estos vehículos y equipos se deterioran con el uso de etanol. Los sistemas de combustible de las embarcaciones, especialmente en ambientes húmedos y con poco uso, son vulnerables a la entrada de agua a través de las mangueras de ventilación, y el uso de etanol (E10) agrava el problema al atrapar esa agua y causar fallas en el motor.^{xcii}

Es interesante leer sobre los beneficios de la gasolina sin etanol: mejora el consumo de gasolina, reduce el desgaste del motor, es menos contaminante y se puede almacenar más tiempo.^{xciii} Además de estas ventajas, proporciona más potencia, mejor funcionamiento en invierno e impide la separación de fases.^{xciv xcv}

Daños en automóviles viejos por uso de etanol

De los 2.4 millones de vehículos en Guatemala, la mitad tiene más de 20 años. Podemos concluir que hay alrededor de un millón de unidades anteriores al año 2001. En este segmento están los carros clásicos o de colección.

El sistema de combustible de los vehículos anteriores al año 2001 no está preparado para el uso de mezclas de combustible etanol. Tampoco una buena parte de los automóviles entre los años 2001 y 2006.

Como ya lo mencionamos, el etanol deteriora la bomba de combustible y los

polímeros del sistema de combustible, ocasionando fugas y potencialmente incendios.

Los fabricantes han ido modificando paulatinamente los mecanismos para soportar el uso de etanol. No se puede hablar de una fecha específica del año de producción del vehículo. A partir del año 2006 se muestra una tendencia a reforzar los tanques y los polímeros del sistema de combustible.

Después de esa fecha, los fabricantes aprueban el uso de 10% de etanol. Más atrás, hay que consultar el manual de propietario. Estos manuales ya no se consiguen.

De los 2.3 millones de vehículos en Guatemala, la mitad tiene más de 20 años. Podemos concluir que hay alrededor de un millón de unidades anteriores al año 2001, incluyendo la parte de carros entre los años 2001 y 2006 que no están preparados para el uso de etanol. Los propietarios son generalmente personas de bajos recursos. En este segmento están los carros clásicos o de colección.

Después del 2006, los fabricantes aprueban el uso de 10% de etanol. Más atrás, hay que consultar el manual de propietario. Estos manuales ya no se consiguen.

Daños en motos por uso de etanol

Introducción

La forma autocrática en que se está implementando el programa de etanol obligatorio y la falta de información al público, han provocado polémica en los medios de comunicación.

Resaltamos la siguiente publicación en Prensa Libre de la empresa Q Studio, que curiosamente no fue etiquetada como campo pagado.



Las casas matriz de las marcas que más circulan en Guatemala, como Suzuki, Honda, Yamaha, Bajaj, Italika y Freedom, confirman que sus motos son seguras y efectivas para biocombustibles.



Colombia tiene un parque vehicular más antiguo que el de Guatemala. En 2005, reemplazó con éxito a los autos de gasolina.

De acuerdo con el último reporte de parque vehicular de la Superintendencia de Administración Tributaria (SAT), Guatemala cuenta con más de 1.5 millones de automóviles (entre activos e inactivos), de los cuales el 45% corresponde a motocicletas, totalizando aproximadamente 3.8 millones de unidades.

Entre las marcas de motocicletas con mayor presencia en el mercado guatemalteco, destacan Suzuki, Honda, Yamaha, Bajaj, Italika y Freedom, provenientes de Japón, India y China, respectivamente, países en donde ya se implementó el uso de etanol como aditivo en la gasolina desde hace más de 15 años, como una medida para reducir emisiones tóxicas y avanzar en el uso de combustibles renovables para depender menos del petróleo.

Conscientes de la importancia de contribuir con el cuidado de la salud y el medio ambiente, las casas matrices de las marcas internacionales de motocicletas refuerzan cada vez más su compromiso con el uso de biocombustibles, que, de acuerdo con expertos, es una posición que debería replicarse en Guatemala por parte de sus representantes locales.

La moto se desempeña sin problemas y su motor no sufre ninguna falla, desmontada con cuidado técnico, que dicho biocombustible es seguro para este tipo de motores, incluso en sus niveles más altos. Así, la evidencia científica es clara: las motocicletas que se venden y circulan en Guatemala están diseñadas para usar mezclas con 10% de etanol (E10) de manera segura y eficiente.

Esto significa que todos los usuarios pueden continuar utilizando sus motocicletas con tranquilidad.

Los motociclistas guatemaltecos ya usaron gasolina con etanol en sus vehículos de dos ruedas durante los años 2015 y 2016, cuando una de las tres primeras marcas de gasolineras en Guatemala vendió gasolina regular y súper aditivada con etanol en varias de sus estaciones y aunque los consumidores nunca lo supieron, sus motos nunca fallaron.

total normal. De hecho, el etanol al tener un mayor contenido y contenido de oxígeno, ha demostrado mejorar la combustión en los motores, así como contribuir a su limpieza. Al igual que en más de 90 países en donde actualmente se utiliza este biocombustible, de forma segura, el uso de E10 permitirá a los guatemaltecos reducir las emisiones de gases de efecto invernadero mediante una reducción de hasta 15% (E15).

Además de la experiencia internacional, en Chile de actualidad los mismos automotores que se venden y circulan en Guatemala están usando conversos estables sin problemas, existen diferentes estudios que midieron su efectividad. Una investigación científica realizada en 2007 por el Laboratorio Nacional de Energías Renovables (INREI), del Departamento de Energía de Estados Unidos, confirmó que las motocicletas y motocicletas producidas en Chile que circulan en China.



India, Indonesia, Japón, Corea del Sur, México y Canadá son totalmente compatibles con gasolina con una mezcla del 10% de etanol (E10) y muchas, incluso, admiten mezclas de hasta 15% (E15).

De ahí que, tanto las casas matriz de las marcas internacionales de motocicletas como las cadenas científicas, confirman que esta solución energética sostenible beneficia directamente a los 3.8 millones de motocicletas del país, porque mejora el rendimiento del motor y se requieren cambios en los flujos de servicio establecidos en modificaciones en sus automotores, reduciendo, al mismo tiempo, los costos para proteger su salud.

Contenido elaborado por C. Ballesteros

India es el país con más motocicletas en el mundo. Desde 2010 los conductores utilizan etanol en la gasolina, lo cual ha mejorado el funcionamiento de sus vehículos.

La Asociación de Importadores de Motocicletas (ASIM) exigió derecho de respuesta, el cual fue publicado varias semanas después.



NOTA ACLARATORIA

ASIM expresa a la opinión pública que el etanol no es compatible con el 98% del parque de motocicletas en la República de Guatemala.

La Asociación de Importadores de Motocicletas de Guatemala (ASIM) aclara a la opinión pública en general que, en la publicación aparecida el 27 de marzo de 2025 en este medio, que aborda la compatibilidad del etanol con motocicletas, se utilizaron los nombres de diversas marcas internacionales sin el consentimiento ni aval de sus distribuidores autorizados en el país.

ASIM, como entidad gremial que aglutina a los importadores y distribuidores oficiales de marcas como Honda, Suzuki, Italika, Freedom y Yamaha, considera necesario aclarar que los mensajes expresados en dicho contenido no fueron consensuados con las casas matrices, ni con sus distribuidores en Guatemala. Por lo tanto, no reflejan la posición técnica de estas marcas frente a la situación particular del parque de motocicletas guatemalteco respecto del uso de etanol en el combustible.

Actualmente, más del 98% del parque nacional de motocicletas está compuesto por modelos carburados que no están diseñados para operar con mezclas de gasolina y etanol. La incorporación obligatoria de etanol podría provocar problemas mecánicos recurrentes, daños en componentes como mangueras, empaques y carburadores, así como un incremento en los costos de mantenimiento para los usuarios.

Si bien existen modelos de alta cilindrada que sí están diseñados para operar con etanol (denominados E10 en otros mercados), se estima que estos representan apenas el 2% de las motocicletas que circulan en el país.

En ese contexto, cualquier opinión generalizada sobre la compatibilidad con etanol, resulta imprecisa y podría generar confusión en los consumidores.

ASIM, junto con sus asociados, sostiene el criterio que el uso de etanol debe ser opcional y no obligatorio en la República de Guatemala, permitiendo que cada ciudadano tome decisiones informadas y propias en función de la compatibilidad de su vehículo y su capacidad de mantenimiento. Asimismo, reitera que cualquier transición hacia el uso de biocombustibles debe considerar las condiciones del país establecidas mediante estudios estadísticos formales, y no basadas en experiencias internacionales y opiniones particulares, que responden intereses particulares, otras tecnologías y marcos normativos.

Consientes de la importancia del diálogo técnico y la participación multisectorial, el gremio mantiene su disposición a colaborar con autoridades, especialistas y otros actores para construir una movilidad sostenible, segura y responsable en Guatemala.

Comenzaremos analizando la parte técnica.

Daños en motos por uso de etanol

xcvi

El término "moto" se usa a menudo para referirse a motocicletas de menor cilindrada. Las motos de baja cilindrada no están preparadas para usar combustibles mezclados con etanol.

De acuerdo a estimaciones de la Asociación de Importadores de Motocicletas (ASIM), hay alrededor de 2.8 millones de unidades en el Guatemala. Las motocicletas de alta gama están preparadas para usar combustibles mezclados con máximo de 10% de etanol (E10). El 98% son motos de baja cilindrada que no pueden usar etanol, poco más de 2.7 millones.

El problema está en las boquillas del carburador (*jets*). Éstos son orificios que regulan la ruta principal del suministro de combustible del motor. En Guatemala se les llama "agujas". Están fabricadas con polímeros que se desintegran con el uso de etanol.

Esto obliga a cambiar el carburador, por un tipo que tenga agujas de metal con solenoides controlados electrónicamente. Las motos están equipadas con carburador y un cerebro electrónico básico para optimizar el rendimiento del motor y el resto de componentes periféricos. Este cerebro se llama Capacitor Discharge Ignition (CDI), que se traduce como ignición por descarga del condensador. El CDI puede ser adaptado para el uso de agujas metálicas con solenoide.

De manera que para usar combustibles mezclados con etanol hay que cambiar el carburador a casi 2.7 millones de motos. El costo de cada unidad oscila ente Q500 y Q600. La mano de obra cuesta Q200 aproximadamente.

Otro problema es que el etanol puede causar corrosión adentro de los tanques de combustible. Limpiar el tanque y ponerle un revestimiento para soportar el uso de etanol puede costar entre Q250 y Q300. El costo de un tanque nuevo fluctúa entre Q600 y Q1,000.

La llave de combustible de paso del tanque también debe ser reemplazada, a un costo de Q100-Q125.

En total, cada dueño de moto deberá de gastar entre Q1,050 hasta Q2,225 para adaptarla al uso de mezcla de gasolina con etanol.

En el informe titulado “El Mercado del Automóvil en Guatemala en cifras (ICEX, 2021) podemos ver que la edad promedio de las motocicleta es de 6 años.^{xcvii}

Asumiendo un costo promedio de Q8,000 de una moto nueva de bajo cilindraje, el valor de venta de una moto usada de 6 años es de aproximadamente Q3,800. De manera que sus propietarios tendrán que invertir hasta Q2,225 para mantener andando una moto que cuesta Q3,800 o menos.

A esto hay que sumar que los intervalos de mantenimiento se reducen a la mitad, provocando más costos.

Entre los compradores de vehículos automotores en Guatemala, los dueños de motos generalmente son las personas con menos recursos.

El etanol absorbe la humedad del aire, haciendo que se separe del resto de la gasolina. En **motores de dos tiempos**, cuando el etanol se separa, arrastra consigo el aceite lubricante, dejando el motor sin la lubricación adecuada y provocando grietas o daños severos.

El caso del consultor colombiano

Como ya lo mencionamos anteriormente, fui invitado por el noticiero República GT a participar en el podcast “Etanol en Guatemala: ¿solución energética o riesgo innecesario?” el 15 de mayo de 2025. Me tocó debatir con el ingeniero mecánico Luis Fernando Villegas. ^{xcviii}

Aseveraciones de Luis Fernando Villegas:

En cada participación de Villegas resaltada, comienzo colocando el marcador de tiempo del video, para su fácil ubicación.

1.05.33. “Tengo una moto clásica. Todos los empaques son aptos, menos corcho y negro humo. Las agujas son metálicas.”

1.06.19 “Todos los polímeros están acá listados y aguantan etanol. Teflón, Viton™”.

1.09.51 “Hay que sacar el agua. El etanol le hace ojitos al agua”.

1.09.56 “Hasta que no llega a 2,000 ppm no pasa nada. La humedad entra al tanque por el respiradero”.

1.10.22 “E10 no hay que publicarlo, no pasa nada a las motos”.

1.11.10 “Planta Toyota. “Hechos y datos, lo demás es religión””.

1.22.28 “El mundo sólo tiene dos productores de motos. India (Bajaj) y China”.

1.13.40 “El estándar mundial para las motos es E10”.

1.14.10 “E10 es el estándar del mundo”.

1.14.43 “Motos viejas carburador de aluminio”.

1.38.15 “En la Feria de Cantón todo es etanol”.

Tuvimos múltiples discrepancias en el tema con Villegas, a las que repliqué respetuosamente.

Ante la cantidad de desacuerdos entre expertos y la persistencia con que se publica información sin sustento, decidí proponer un árbitro independiente:

Qué mejor que **ChatGTP Plus**.

Invito a cualquier lector a que personalmente verifique la información de este estudio y se forme su propio criterio.

Basta con hacer preguntas bien estructuradas. Los resultados son sorprendentes.

ChatGTP – Verificación de daños en motos por uso de etanol

Pregunta de Pepo Toledo:

Favor verificar los datos técnicos y costos presentados anteriormente.

Respuesta de ChatGPT Plus:

Gracias por tu detallado análisis sobre la adaptación de motos de baja cilindrada al uso de gasolina mezclada con etanol (E10) en Guatemala. A

continuación, te proporciono una verificación y actualización de los datos técnicos y costos mencionados:

Compatibilidad técnica y materiales

Carburadores y componentes internos: Es correcto que muchas motos de baja cilindrada importadas de Asia utilizan carburadores con componentes plásticos o polímeros en las boquillas (*jets*), que pueden degradarse con el uso prolongado de etanol. Para garantizar la compatibilidad con E10, se recomienda reemplazar estos carburadores por modelos con componentes metálicos resistentes al etanol.

Sistema CDI: El sistema de encendido por descarga de condensador (CDI) es común en estas motos. Si bien el CDI controla la chispa de encendido, su capacidad para gestionar solenoides en carburadores más avanzados puede variar según el modelo. En algunos casos, podría ser necesario actualizar o reprogramar el CDI para manejar estos componentes adicionales.

Estimación de costos de adaptación

A continuación, se detallan los costos aproximados para adaptar una moto de baja cilindrada al uso de E10 en Guatemala:

Componente o servicio	Costo estimado (Q)
Carburador compatible con E10	500 – 600
Mano de obra por instalación	225 – 250
Limpieza y revestimiento del tanque	250 – 300
Tanque nuevo (si se requiere reemplazo)	600 – 1,000
Llave de paso de combustible	100 – 125
Total, estimado por moto	1,075 – 2,275

Estos valores pueden variar según la marca y modelo de la moto, así como la disponibilidad de repuestos en el mercado local.

Impacto económico a nivel nacional

Considerando que existen aproximadamente 2.8 millones de motos de baja cilindrada en Guatemala, el costo total de adaptación al uso de E10 podría oscilar entre Q3,010 millones y Q6,370 millones.

Conclusión

La adaptación de motos de baja cilindrada al uso de gasolina E10 en Guatemala es técnicamente viable, pero representa un desafío económico significativo para los propietarios. Es recomendable que cualquier iniciativa para introducir E10 en el país considere programas de subsidio o financiamiento para facilitar esta transición.

Pregunta de Pepo Toledo:

¿Tiene que cambiarse el carburador completo o se pueden cambiar solamente los componentes plásticos o polímeros en las boquillas (*jets*)?

Respuesta de ChatGPT Plus:

Muy buena pregunta. En muchos casos, no es necesario cambiar el carburador completo, sino solo los componentes internos que no son compatibles con etanol. Sin embargo, esto depende de varios factores técnicos que te explico a continuación:

Se pueden cambiar solo los componentes (boquillas/*jets*, juntas, flotador, etc.) si:

-El cuerpo del carburador está en buen estado (sin corrosión ni grietas).

- El modelo del carburador permite el desarme y existen repuestos metálicos compatibles con etanol.
- Se puede acceder a kits de reparación o adaptación, que incluyen:
 - Agujas metálicas (*jets*).
 - Flotador resistente a etanol.
 - Empaques de Viton™ o caucho sintético.
 - Asiento de aguja y válvulas resistentes.

En estos casos, el costo es menor: Un kit de conversión puede costar entre Q150 y Q300, más la mano de obra (Q150–Q200).

Hay que cambiar el carburador completo si:

- El carburador es muy básico o sellado, y no permite reemplazo individual de sus componentes (común en motos de bajo costo).
- No se consiguen repuestos compatibles con etanol para ese modelo específico.
- Hay corrosión interna u obstrucciones severas por residuos previos de combustible degradado.
- La calidad de los repuestos es incierta y se prefiere instalar un carburador nuevo completo y certificado para E10.

En estos casos, el costo por carburador completo es de Q500 a Q600, como mencionaste antes.

Recomendación práctica:

-Si se trata de una flota grande (por ejemplo, mensajeros o mototaxis), puede ser rentable revisar cada moto y adaptar solo los componentes cuando sea posible.

-Si es para usuarios individuales o motos de alto uso, muchas veces es más confiable y duradero cambiar el carburador completo con uno diseñado para resistir etanol.

[Experiencia con motos en la inclusión de etanol en la India](#)

Consulta de Pepo Toledo:

Favor comentar la experiencia de implementación de etanol en la India. Considerar problemas en motos de baja cilindrada. Considerar problemas por insecto *Cnестus mutilatus* que, atraído por el etanol, perfora mangueras y depósitos de combustible.

Respuesta de ChatGPT Plus: ^{xcix}

Excelente pregunta: la experiencia de India con el etanol como aditivo en la gasolina ofrece lecciones valiosas, especialmente para países en desarrollo con mercados de motocicletas dominantes y desafíos ambientales inesperados. Aquí te comparto un análisis basado en datos y reportes recientes:

Contexto del programa en India

El gobierno indio lanzó el Ethanol Blended Petrol (EBP) Programme en 2003, pero avanzó lentamente por falta de producción suficiente de etanol, problemas regulatorios y resistencia de distribuidores.

A partir de 2021, bajo la E20 Roadmap, India aceleró el objetivo de llegar a E20 para 2025, iniciando en ciudades piloto con E10 obligatorio.

India busca reducir su dependencia del petróleo importado, apoyar a agricultores azucareros y cumplir objetivos climáticos.

Problemas con motocicletas de baja cilindrada

India es el mayor mercado mundial de motocicletas pequeñas, con más de 250 millones de motos en circulación, muchas de ellas sin materiales compatibles con etanol.

Reportes de talleres y asociaciones de motociclistas indican:

Desgaste prematuro de sellos, diafragmas y mangueras.

Corrosión en carburadores, que provoca fallas de arranque y rendimiento irregular.

Costos adicionales de mantenimiento, difíciles de asumir para familias de bajos ingresos que dependen de las motos para trabajar.

Fabricantes como Hero, Bajaj y TVS han lanzado modelos “E20 ready” desde 2022, pero la transición completa tomará años.

Problemas con el insecto *Cnестus mutilatus* (Ambrosia beetle)

En India se ha reportado la presencia creciente de *Cnестus mutilatus*, un escarabajo conocido como *Asian*

ambrosia beetle, que se siente atraído por el olor del etanol.

Este insecto ha sido observado perforando mangueras y tanques de plástico o goma de motos y automóviles estacionados cerca de áreas verdes, jardines o plantaciones.

El daño incluye fugas de combustible, riesgo de incendios y costos de reparación inesperados.

Estudios en India y el sudeste asiático han documentado que este insecto se sintió atraído por las emisiones de etanol evaporado de mangueras mal selladas y depósitos con micro fugas, algo agravado en climas cálidos y húmedos.

Otros desafíos relevantes

La falta de infraestructura adecuada para almacenamiento y mezcla homogénea en las estaciones de servicio, especialmente en zonas rurales.

Dificultad para mantener etanol sin absorber humedad en ambientes húmedos, lo que produce separación de

fases (*phase separation*) y daños en motores.

Necesidad urgente de campañas educativas para usuarios que desconocen los efectos del etanol en vehículos antiguos.

Conclusión

La implementación de etanol en India ha tenido avances significativos en disponibilidad y producción, pero enfrenta serios retos técnicos y sociales en motos de baja cilindrada, además de problemas inesperados como los causados por *Cnестus mutilatus*, insecto atraído por el etanol que daña componentes críticos. Estos factores podrían retrasar o encarecer la transición a mezclas más altas como E20, especialmente si no se moderniza la flota y se mejora la infraestructura.

Experiencia de otros países con alta proporción de motos

ChatGTP Plus. Cuadro comparativo con la experiencia de otros países con parques vehiculares dominados por motocicletas. ^c

Este cuadro comparativo sencillo ilustra la experiencia de implementación del etanol en países con **altas proporciones de motocicletas de baja cilindrada**, donde estos vehículos son un pilar de la movilidad popular.

Incluye desafíos comunes y notas sobre el insecto *Cnестus mutilatus* cuando corresponde:

País	Situación del parque de motos	Problemas reportados con etanol	Observaciones adicionales
India	>250 millones de motos; muchas <2010	Daños en sellos, carburadores y mangueras; escarabajo <i>Cnестus mutilatus</i> atraído por etanol, perforando depósitos	El plan E20 avanza, pero se enfrenta a retos técnicos y económicos considerables.
Tailandia	Mercado dominado por motos de baja cc	Desgaste prematuro en componentes plásticos y corrosión en carburadores	Se ofrecieron kits de adaptación y modelos “E20 ready”; avance más ordenado que en India.

País	Situación del parque de motos	Problemas reportados con etanol	Observaciones adicionales
Indonesia	Similar a India en cantidad y antigüedad de motos	Estudios alertan que mezclas E10+ podrían causar fallos; aún no implementado a gran escala	El gobierno prioriza biodiesel antes que etanol, dadas las dificultades en el parque automotor.
Brasil	Grandes volúmenes de motos, pero parque más moderno y vehículos flex	Inicialmente problemas en motos antiguas; reducción de fallos tras estandarización de materiales resistentes al etanol	Implementación gradual con apoyo de fabricantes locales desde los 80 y 90.

Conclusiones clave del cuadro:

- En países con alto uso de motos viejas, el etanol sin adaptación técnica provoca corrosión, fallas de arranque y altos costos de mantenimiento.
- La presencia del insecto *Cnестus mutilatus* en India agrava el problema: este escarabajo, atraído por etanol, perfora mangueras y depósitos, provocando fugas peligrosas.

- Brasil es el único ejemplo de un país que resolvió estos retos mediante un programa de largo plazo y la modernización de la flota.

¿Es cierto que el estándar mundial para las motos es E10?

Aseveración de Luis Fernando Villegas:

“El estándar mundial para motos es E10”.

Consulta de Pepo Toledo:

Las motos de baja cilindrada que se producen en India y China, ¿están preparadas para soportar una mezcla de etanol E10 o hay que pedir las con materiales especiales?

Respuesta de ChatGPT Plus:

Las motos de baja cilindrada producidas en India y China, especialmente las más económicas, no siempre están preparadas de fábrica para funcionar de forma segura con una mezcla E10 (10% etanol y 90% gasolina), a menos que se especifique

lo contrario. Aquí te detallo los puntos clave:

Lo que sí pueden soportar algunas motos:

Muchas motos modernas (incluso de bajo costo) **pueden tolerar E10, si han sido fabricadas para mercados donde E10 es obligatorio**, como Brasil, Estados Unidos o ciertos países europeos y latinoamericanos.

Algunos fabricantes asiáticos (como **Bajaj, TVS, Hero, Lifan, Haojue, Loncin, Zongshen, etc.**) **producen versiones adaptadas a E10**, pero solo si el mercado de destino lo requiere.

Riesgos si no están adaptadas:

Corrosión en piezas metálicas internas (tanques, carburadores, líneas de combustible).

Degradación de sellos, mangueras y empaques si no son resistentes al etanol.

Problemas de arranque en frío y fallas de carburación o inyección.

Reducción de vida útil del motor o del sistema de alimentación si el contacto con etanol es prolongado.

Qué materiales deben tener para soportar E10:

Mangueras y sellos de caucho sintético (como Viton o Nitrilo) resistentes al alcohol.

Tanque de combustible con recubrimiento anticorrosión o de plástico.

Carburadores/inyectores calibrados para la mezcla con mayor contenido de oxígeno.

Recomendación:

Si planeas importar o comprar motos asiáticas de baja cilindrada para uso con gasolina E10, **pide al fabricante o distribuidor que confirme compatibilidad** o solicita la versión **“E10 compatible”** o **“ethanol-ready”**.

Aumento del costo de motos asiáticas de baja cilindrada para uso con gasolina E10

Introducción

Los fabricantes de vehículos automotores son muy celosos del

prestigio de sus marcas. Se aseguran de que existan las condiciones necesarias para su buen funcionamiento. El uso de mezclas de combustibles con etanol implica un cambio de flota con nuevas especificaciones.

De acuerdo a la Asociación de Importadores de Motocicletas (ASIM) de Guatemala, el costo promedio en Guatemala de una moto nueva de baja cilindrada es de Q8,000 (USD \$1,039). Los fabricantes pueden suministrar motos de baja cilindrada preparadas para etanol. El costo aumentaría un promedio de Q1,000 por unidad. Esto será un duro golpe a la economía de los compradores de motos, con efecto multiplicador en la economía en general.

El cambio de flota llevaría unos seis meses.

Algunos fabricantes pedirían al distribuidor que hagan modificaciones locales para adaptar las motos al uso de mezclas de etanol.

Como referencia, en Brasil, el costo promedio de una moto de baja

cilindrada preparada para el uso de etanol es de USD \$1,798, 73% más cara.

Aseveración de Luis Fernando Villegas:

“El estándar mundial para motos es E10.”

En otras palabras, Villegas afirma que no hay aumento de costo al usar E10.

Pregunta de Pepo Toledo:

¿Cuánto aumenta el costo de comprar motos asiáticas de baja cilindrada para uso con gasolina E10?

Respuesta de ChatGPT Plus:

El aumento de costo por adaptar o adquirir una moto asiática de baja cilindrada compatible con gasolina E10 es relativamente bajo, y varía según el fabricante y el volumen de compra. Aquí te doy una estimación basada en la experiencia de mercados como India, Brasil y algunos países africanos que ya han adoptado E10:

Incremento estimado de costo:

Concepto

Incremento estimado

Unidad individual (retail)

—3% a 7% sobre el precio base

Compra al por mayor (importación directa)

—1% a 5%, dependiendo del proveedor

Adaptación local (piezas resistentes al etanol)

—\$20 a \$50 USD por moto, si se hace en destino

¿Por qué sube el precio?

Materiales resistentes al etanol:

Sellos y empaques de Viton, NBR u otros cauchos especiales.

Mangueras de combustible reforzadas.

Tanques con recubrimientos anticorrosión (o de plástico).

Ajustes en carburación o inyección:

El etanol cambia la relación aire/combustible, por lo que se ajusta el sistema para evitar mezcla pobre.

Certificación o validación técnica:

Algunas marcas cobran por incluir la certificación "E10 ready" o "ethanol compliant".

Casos reales:

- En India, Bajaj y TVS han ofrecido versiones E10 sin mayor diferencia de precio para flotas grandes.
- En Brasil, el 100% de las motos nuevas desde hace años son compatibles con E25, por lo tanto, el sobreprecio fue absorbido por el mercado.

Alternativa económica:

Si ya tienes motos y deseas adaptarlas para E10:

- Se puede hacer con kits de modificación (mangueras, empaques, etc.).
- Costo total por adaptación en taller local: ~\$30–\$70 USD/moto.

Costo de las motos fabricadas en Brasil para uso de etanol

Pregunta de Pepo Toledo:

Favor verificar información: Todas las motos que en ese país se fabrican están preparadas para el uso de etanol. Tienen un precio promedio de venta que oscila entre USD\$1,500 y USD\$1,800 (una media de USD \$1,650).

Respuesta de ChatGPT Plus:

Gracias por tu consulta. A continuación, te proporciono una verificación y actualización de los datos mencionados:

Compatibilidad de las motocicletas fabricadas en Brasil con etanol

En Brasil, la mayoría de las motocicletas nuevas están diseñadas para ser compatibles con mezclas de gasolina que contienen etanol, como el E25 (25% de etanol) o incluso E100 (etanol puro). Esto se debe a la larga tradición del país en el uso de etanol como combustible, respaldada por políticas gubernamentales y avances tecnológicos en la industria automotriz.

Precio promedio de venta de motocicletas en Brasil

El precio de las motocicletas en Brasil varía según la marca, el modelo y las especificaciones técnicas. Modelos básicos de baja cilindrada pueden tener un precio aproximado de R\$8,990, como es el caso de la Shineray Worker Cross 150.

Para convertir este precio a dólares estadounidenses, es importante considerar el tipo de cambio vigente. Por ejemplo, si tomamos un tipo de cambio de 1 USD = 5 BRL, una motocicleta de R\$8,990 costaría aproximadamente USD \$1,798. Sin embargo, los tipos de cambio fluctúan, por lo que es recomendable consultar una fuente actualizada para obtener una conversión precisa.

Conclusión

Compatibilidad con etanol: Las motocicletas fabricadas en Brasil están diseñadas para ser compatibles con combustibles que contienen etanol, como el E25 o E100.

Precio promedio: El precio de las motocicletas en Brasil varía, pero modelos básicos pueden costar alrededor de R\$8,990, lo que equivale aproximadamente a USD \$1,798, dependiendo del tipo de cambio vigente. –

Conclusiones

Las afirmaciones contenidas en la publicación de Q Studio publicadas en Prensa Libre y las afirmaciones señaladas hechas por el consultor colombiano Luis Fernando Villegas, carecen de sustento técnico y documental.

A Villegas le recuerdo que en el podcast habló de su visita a una planta Toyota. Le impresionó un letrero que decía: “Hechos y datos, lo demás es religión”. Desafortunadamente, no lo puso en práctica.

Con las referencias provistas, cualquier lector puede verificar la información en los buscadores de Internet y mejor aún, utilizando Inteligencia Artificial.

Los depósitos y mangueras de 2,000 gasolineras (dos terceras partes informales), 3,000 camiones cisternas, 700 depósitos de almacenamiento deberán ser cambiados o limpiados y adaptados para el uso de etanol.

De no hacer esto último, 2.8 millones de motocicletas recibirán lodos y residuos en el sistema de combustible al punto de detener el funcionamiento del motor.

A largo tiempo, la duración de los motores de estos vehículos se verá afectada por corrosión y acumulación de depósitos.

Las nuevas motos que se importen, preparadas para soportar el uso de etanol, serán más caras.

Será necesario cambiar el carburador a 2.7 millones de motos de baja cilindrada existentes (98% de la flota) y a muchas más les tendrán que reemplazar o reparar el tanque de combustible para poder usar mezclas de gasolina con etanol.

En total, cada dueño de moto existente deberá de gastar entre Q1,000 y poco más de Q2,000 para adaptarla al uso de mezcla de gasolina con etanol.

El costo total de adaptación al uso de E10 de 2.8 millones de motos, podría oscilar entre Q3,010 millones y Q6,370 millones. Un duro golpe para los propietarios, la canasta básica y la economía del país.

Todo esto, para que el gobierno de turno conceda un privilegio a los productores de etanol, agremiados en la

Asociación de Combustibles
Renovables de Guatemala (ACR), que
deviene en un monopolio sin protección
alguna para el consumidor.

Necesidad de aditivos y aceite especial por uso de etanol

Para minimizar el desgaste de los motores de los vehículos, se recomienda adicionar al etanol aditivos inhibidores de corrosión y otros con acción detergente para controlar los depósitos. ^{ci} Su uso es obligatorio cuando se usan mezclas de combustible y etanol en vehículos en los que está contraindicado, los cuales mencionamos anteriormente.

Estos aditivos restauran el consumo de kilometraje perdido y disuelve gomas y resinas en los inyectores de combustible y en las cámaras de combustión, y dispersa el agua extraída del aire al combustible por las mezclas de etanol. ^{cii}

Se recomienda añadir una onza de aditivo por cada diez litros de

combustible. Como referencia, un bote de 16 onzas cuesta \$17.99 en Amazon.
ciii

Se debe tener cuidado en la elección del aceite para el motor. En las especificaciones debe decir que el aceite es apto para mezclas de combustible y etanol.^{civ}

Deterioro de escapes y catalizadores por el uso de etanol

El contenido de oxígeno en peso del etanol casi duplica al del MTBE. ^{cv} Esto hace que se eleve la temperatura en la cámara de combustión y en los gases que son expulsados por el escape. Esto puede ser crítico en las motos, por su cercanía al conductor. El uso de etanol puede generar un desgaste prematuro en el sistema completo de escape y el catalizador. ^{cvi cvii cviii cix}

El contenido de oxígeno en peso del MTBE es 18.2%, mientras que el del etanol asciende a 34.8%. ^{cx}

Esta característica hace que se eleve la temperatura en la cámara de combustión y en los gases que son expulsados por el escape. Esto pueden generar un desgaste prematuro en el

sistema completo de escape, incluido el convertidor catalítico o catalizador.

“Cuanto más etanol, más octanaje y mayor poder calorífico. Esto no significa que se vaya a sacar más potencia de la gasolina, sino que en la cámara de combustión la gasolina es auto inflamable, es decir, aunque no se cree una chispa por compresión puede auto detonarse.”^{cxix} El aumento de potencia es mínimo e imperceptible, pero el consumo de combustible aumenta.^{cxii}

Como ya mencionamos anteriormente, el azufre puede envenenar los catalizadores, lo que provoca un aumento de las emisiones de escape.

La mayor parte del etanol no contiene azufre, pero puede producirlo en el proceso de producción y manejo. Su uso debe normarse y regularse.^{cxiii}
cxiv

Un catalizador suele durar entre 60,000 y 100,000 kilómetros.^{cxv}

Su deterioro acelerado por el uso de etanol causará un grave problema ambiental. Estamos hablando de

cantidades significativas de emisiones y no de una fracción del 1%.

Combustible base

Al usar etanol hay que modificar el combustible base con que se va a mezclar para contrarrestar la alta presión de vapor propia del etanol que da problemas de arranque en frío.

El contenido de azufre debe ser reducido. Es por eso que muchos gobiernos limitan la cantidad de azufre en el etanol y/o las mezclas terminadas para garantizar la compatibilidad con los sistemas de control de emisiones y cumplir con los estándares locales. Los reguladores pueden y deben exigir pruebas tanto del etanol como del producto terminado. ^{cxvi}

En ninguna parte de la ley y el reglamento de alcohol carburante hay referencias al combustible base. No se especifican límites a la cantidad de azufre permitida en las mezclas de

etanol. Tampoco a los problemas que dará y el costo de contrarrestarlos. Hay poca profesionalidad en el programa de uso de etanol.

Emisiones vehiculares ^{cxvii}

La quema parcial o incompleta de los combustibles en los automóviles es la mayor causa de contaminación en la atmósfera.

El motor, al igual que los seres humanos, se alimenta de una mezcla de aire que contiene 80% de nitrógeno y 20% de oxígeno.

Las emisiones importantes del motor las podemos dividir por su toxicidad.

Las tóxicas son monóxido de carbono (CO), hidrocarburos no quemados (HC) óxidos de Nitrógeno (NOx).

Las no tóxicas son oxígeno (O₂) y dióxido de carbono (CO₂).

Monóxido de carbono (CO) es un gas tóxico, incoloro e inodoro. Valores

altos indican una mezcla rica. La unidad de medida es el porcentaje en volumen.

Hidrocarburos no quemados (HC). Valores altos indican una mezcla rica. La unidad de medida es partes por millón (ppm). La conversión sería $1\% = 10000 \text{ ppm}$.

Óxidos de Nitrógeno (NO_x). La “x” es el coeficiente que corresponde a la cantidad de átomos de nitrógeno. Son perjudiciales para la salud. Se forman a altas temperaturas y bajo presión. Se corrigen incorporando el sistema de recirculación de gas de escape (EGR).

Oxígeno (O₂). Es el oxígeno del aire que sobró del proceso de combustión. Un valor alto puede deberse a mezcla pobre. Un valor de 0% significa que se ha agotado todo el oxígeno. En el caso de los seres humanos, respirar el oxígeno puro durante un periodo largo de tiempo puede irritar los pulmones. La terapia con oxígeno se aplica a personas con una afección que causa niveles bajos de oxígeno en la sangre, como por ejemplo neumonía.

El dióxido de carbono (CO₂) es el resultado del proceso de combustión.

Es un excelente indicador de la eficiencia de la combustión. Lecturas bajas son indicativas de un proceso de combustión malo.

Emisiones de un motor de inyección electrónica sin catalizador:

CO 1-2%

O₂ < 2%

HC < 300-400 ppm

CO₂ > 13%

Con catalizador, estas emisiones disminuyen hasta un 99%. De manera que las diferencias de emisiones al comparar un tipo de combustible con otro se refieren al 1% restante. Son imperceptibles.

Control de emisiones ^{cxviii}

Combustibles

El control de emisiones comienza por la calidad y las especificaciones de los combustibles.

En Guatemala se importa gasolina sin plomo que cumple con los requisitos ambientales.

En el caso del diésel, hacen faltan regulaciones por parte del MEM para disminuir el contenido de azufre.

Esto ha provocado daño grave y prematuro en los motores, además de la prohibición de los fabricantes de exportar ciertos modelos a Guatemala mientras el problema se resuelve.

A este paso, antes de que el Ministerio reaccione, primero llegará el día en que en el mercado ya sólo se venda exclusivamente diésel de bajo contenido de azufre.

Mecanismos de control de emisiones automotrices

Todos los automóviles hoy en día vienen equipados con sistemas para el control de emisiones de gases que queman prácticamente la totalidad del combustible.

El convertidor catalítico o catalizador va colocado en el tubo de escape y es el más importante de estos controles.

Un catalizador es una sustancia que con su sola presencia acelera las reacciones químicas sin alterarse o destruirse a sí mismo. La reacción química que queremos acelerar es la oxidación o quema de la gasolina.

Su función es importante en términos ambientales ya que disminuyen hasta un 99% las emisiones de CO, HC y NOx.

Controles de funcionamiento de la flota automotriz

El hecho de que todos los automóviles que ingresan a Guatemala están equipados con sistemas de control de emisiones y catalizadores no es suficiente. Deben estar en buen estado. Para ello se requieren controles de funcionamiento. Éstos deben ser de dos tipos: periódicos y selectivos.

Los controles periódicos deben ser efectuados en talleres o centros de verificación autorizados por el gobierno.

Los controles selectivos deben ser realizados en las calles y carreteras por una o varias empresas privadas apoyadas por elementos de seguridad proporcionados por el gobierno.

Todo vehículo usado que se importe en el país debe pasar por un control de emisiones de gases para verificar que sus sistemas de control y sus catalizadores estén en buen estado.

La forma de aplicar estos controles en la práctica define la efectividad de un

programa de control de emisiones de gases.

El problema está en los motores desajustados, viejos o no. Por lo que la parte medular de un programa de control de emisiones de gases está en los controles de funcionamiento.

En Estados Unidos se hicieron miles mediciones en las carreteras durante varios años usando un aparato que mide HC y CO a control remoto inventado por Donald Stedman, un catedrático de la Universidad de Denver.

De esta forma se logró estimar que apenas un 10% de los vehículos más contaminantes emiten la mitad de las emisiones totales de HC y el 60% de las emisiones totales de CO.

Como ya dijimos, un vehículo con control de emisiones de gases y catalizador en buen estado de funcionamiento reduce las emisiones de gases en 99%.

Cualquier medición, estudio o proyecto sobre reducciones del 1% restante es una pérdida de tiempo. Esto aplica al Proyecto Piloto Movilidad

Verde 2020 que se realizó en Guatemala.

Los esfuerzos deben centrarse en un programa de control de emisiones de gases.

Mediciones de la calidad del aire

Antes de poner en práctica un programa de emisiones de gases lo primero que debemos hacer es medir la calidad del aire.

De esta forma podremos saber qué tan mala está la situación, cuáles son los contaminantes que nos están causando los mayores problemas y qué tan efectivas están siendo las medidas que adoptamos para combatirla.

Una parte muy importante de las medidas es que nos ayudan a crear conciencia entre el público.

Implementación del etanol en Colombia

Breve resumen del proceso

La implementación del etanol en Colombia fue paulatina, no de golpe. ^{cxix}

2001: Se aprueba la Ley 693, que impulsa el uso de alcohol carburante (etanol) en Colombia, con el objetivo de reducir la dependencia del petróleo y disminuir la contaminación.

2005: Comienza la mezcla obligatoria E10 (10% etanol) en la gasolina en algunas ciudades principales del país, como Cali, Medellín y Bogotá. Esto no ocurrió simultáneamente en todo el territorio nacional, sino por etapas y zonas.

2005–2010: La cobertura se fue ampliando progresivamente a otras regiones conforme se desarrollaba la infraestructura de producción,

almacenamiento y distribución del etanol.

En paralelo: Se desarrollaron campañas de información pública y regulación técnica para garantizar la compatibilidad de los vehículos y estaciones de servicio con la nueva mezcla.

En resumen, Colombia optó por un modelo gradual y regulado, tanto para evitar daños a vehículos como para permitir que la cadena de suministro se adaptara con el tiempo.

2005 problemas de la implementación del etanol en Colombia

En 2005, la implementación del etanol en Colombia, como aditivo en la gasolina, presentaba varios desafíos, entre ellos la necesidad de infraestructura, la competencia con otros combustibles y la seguridad de los cultivos de caña de azúcar. A pesar de estos problemas, se esperaba que el etanol jugara un papel importante en la seguridad energética y la reducción de emisiones. ^{CXX}

Desafíos de la implementación

- **Infraestructura:**
Para la producción y distribución del etanol, se requiere una infraestructura específica, incluyendo plantas de producción, redes de almacenamiento y transporte. En 2005, esta infraestructura no estaba completamente desarrollada en Colombia, lo que generaba limitaciones en la escala de producción y distribución.
- **Competencia con otros combustibles:**
El etanol competía con la gasolina y otros combustibles fósiles, lo que requería una estrategia de precios y promoción para asegurar su aceptación en el mercado. Además, la competencia con los productores de azúcar, quienes también utilizaban la caña de azúcar, generaba tensiones.
- **Seguridad de los cultivos de caña de azúcar:**
La caña de azúcar, la materia prima para la producción de etanol, se cultivaba en áreas con riesgos de sequía e inundaciones. La seguridad de estos cultivos y la gestión de los riesgos ambientales asociados era crucial para el éxito de la producción de etanol.
- **Impacto ambiental:**

Aunque el etanol se presentaba como un combustible más limpio que la gasolina, la producción y utilización del mismo generaba emisiones de gases de efecto invernadero. Además, la producción de caña de azúcar podía tener impactos negativos en el suelo y el agua, por lo que se requería una gestión ambiental responsable.

El dogma: “El etanol se usa en 60 países y no ha dado problemas”

Introducción

“Lo correcto es correcto, aunque nadie lo haga; lo incorrecto es incorrecto incluso si todos lo hacen”.
– San Agustín.

La afirmación “El etanol se usa en 60 países del mundo y no ha dado problemas”, sin respaldo documental, cae en la categoría de una afirmación empírica sin verificación (pseudocientífica o retórica), o bien en un dogma técnico o institucional.

Aunque algo se utilice en 60 de 195 países, eso no significa automáticamente que sea inofensivo o superior.

Este tipo de afirmaciones pueden formar parte de una narrativa que busca legitimar políticas públicas, acuerdos económicos o agendas ambientales, sin importar si están verificadas. Son impropias de instituciones públicas y universitarias.

Fui invitado por el noticiero República TV a participar en el panel “Etanol en Guatemala: ¿solución energética o riesgo innecesario?” el 15 de mayo de 2025. Me tocó debatir con el ingeniero mecánico **Luis Fernando Villegas**.^{cxxi}

Tuvimos múltiples discrepancias en el tema, a las que repliqué respetuosamente.

Por el otro lado, recién recibí con fecha 26 de junio de este año, un comunicado de La Universidad del Valle de Guatemala, la Embajada de Brasil y la Asociación de Combustibles Renovables. Organizaron un foro técnico con la participación del **Dr. Plinio Nastari**, referente mundial en bioenergía.

Resalto las siguientes afirmaciones atribuidas al Dr. Nastari acerca del etanol:

“Mejora la salud”. “Destacó el caso de São Paulo, una de las ciudades más pobladas de América Latina, que mejoró significativamente la calidad del aire gracias al uso extendido de etanol.” “Protege el medio ambiente”. “Es seguro para los vehículos”. Respetuosamente, hago manifiesto mi disentimiento con estas aseveraciones.

En el comunicado arriba mencionado, también encontré el siguiente comentario:

“En Guatemala ya hemos demostrado que el uso de etanol en la gasolina es técnicamente viable, seguro y beneficioso para los vehículos y para el país”, afirmó el Ing. Gamaliel Zambrano, Director de Ingeniería Química y del Centro de Procesos Industriales de la UVG. “Los planes piloto que desarrollamos junto a instituciones públicas y multilaterales generaron evidencia clara sobre su compatibilidad con el parque vehicular guatemalteco.” Estos comentarios, los repitió ayer en el Noticiero Dominical de Guatevisión.

A esta afirmación respondí anteriormente con este estudio:

Vano aval de UVG al etanol obligado en Guatemala por Pepo Toledo

https://www.academia.edu/115729661/Vano_av_al_de_UVG_al_etanol_obligado_en_Guatemala_por_Pepo_Toledo

Traslado algunas de las observaciones que hice:

“El plan piloto no presenta una hipótesis con sus respectivas variables, tales como emisiones de gases perjudiciales a la salud humana, emisiones de gases de efecto invernadero o consumo de combustible.”

“Con esa micro muestra de 34 vehículos y pruebas que duraron apenas 10 semanas llegaron a conclusiones para apoyar el uso del etanol obligatorio y tomar decisiones de gran impacto para el país.”

“En investigación de mercados para llegar a un nivel de confianza de 95% se requiere de una muestra de 400 personas. ii Hacer una investigación con una muestra de 34 individuos, en este caso automóviles, no lleva a nada. Es perder el tiempo.”

“Las discusiones sobre el uso de etanol llevan más de treinta años. Hay información de millones de automóvil y de miles de millones de kilómetros recorridos.”

Ante la cantidad de desacuerdos entre expertos y la persistencia con que se publica información sin sustento, decidí proponer un árbitro independiente: Qué mejor que **ChatGTP4**. Invito a cualquier lector a que personalmente verifique la información de este estudio y se forme su propio criterio. Basta con hacer preguntas bien estructuradas. Los resultados son sorprendentes. La primera pregunta, tiene 51 componentes.

Cada capítulo de este estudio comienza con una consulta que hice literalmente a ChatGTP4.

Informar acerca de los 60 países que usan etanol

1. ¿Se prepararon para introducir el etanol o lo introdujeron abruptamente?
2. El uso de etanol, ¿es obligatorio u opcional en estos países?

3. ¿Se permitió participara a los sectores involucrados o se introdujo el etanol arbitrariamente?
4. ¿Dejaron gasolina sin etanol disponible para la flota vieja de vehículos, motocicletas de baja cilindrada, equipos recreativos y herramientas con motor de gasolina que no toleran el uso de etanol?
5. ¿Se hizo una campaña de información al público sobre los pros y contras de etanol?
6. ¿El precio subió o bajó al introducir el etanol?
7. ¿Qué países dieron marcha atrás en los programas de introducción del etanol?
8. ¿Qué países ya tenían abanderadas o formalizadas las estaciones de servicio al introducir el etanol?
9. ¿Qué países tuvieron que hacer un programa de formalizar las estaciones de bandera blanca antes de introducir el etanol?
10. ¿Qué países tuvieron que cambiar los tanques de combustible antes de introducir el etanol y en qué porcentaje?
10. ¿Alguno de estos países optó por introducir etanol en tanque viejos y gasolineras de bandera blanca abruptamente?
11. ¿Qué problemas hubo en el sistema de importación de combustible?

12. ¿Qué problemas hubo en el sistema de transporte de combustible?
13. ¿Qué problemas hubo en las gasolineras? ¿Emulsión del etanol con el agua de los tanques? ¿Sedimentos en los tanques desprendidos por el etanol?
13. ¿Qué problemas hubo con la flota de automóviles viejos, antes del año 2001?
14. ¿Qué problemas hubo con motos de baja cilindrada que no están preparadas para el uso de etanol?
15. ¿En qué centros urbanos poblados el aumento de ozono por el uso de etanol causó problemas de niebla espesa, smog fotoquímico? ¿En qué ciudades grandes se prohibió el uso de etanol?
16. ¿Qué problemas causó el aumento de ozono por el uso de etanol en la ciudad de Sao Paulo?
17. ¿Qué problemas ambientales hubo por contaminantes propios del etanol, tales como peróxidos orgánicos, nitratos de peroxiacilo, aldehídos y acetaldehídos?
18. Dado que al usar etanol aumenta el consumo de combustible, ¿aumentaron las emisiones de gases contaminantes?
19. Dado que al usar etanol aumenta el consumo de combustible, ¿cuál fue el efecto en la economía?

20. ¿Qué otras implicaciones económicas hubo?

21. El etanol, por su alto contenido de oxígeno, aumenta la temperatura de la cámara de combustión de los vehículos, produce más emisiones de NOx, calienta el tubo de escape y disminuye la vida del convertidor catalítico. ¿Cuál fue el efecto económico y ambiental del cambio a etanol en estos 60 países?

Respuesta de ChatGTP4 ^{cxxii}

Tu consulta es muy completa y pertinente: aborda aspectos críticos de la implementación del etanol que suelen ser pasados por alto en afirmaciones genéricas como “se usa en 60 países y no hay problemas”. A continuación, te brindo un marco general con lo que se conoce de la experiencia internacional, y señalo dónde la información precisa es parcial o carece de respaldo global documentado. No existe un estudio único que cubra estos 60 países con el nivel de detalle que solicitas, pero sí hay datos comparativos de países clave como Brasil, Estados Unidos, Colombia, Tailandia y algunos europeos.

1. ¿Se prepararon o lo introdujeron abruptamente?

Brasil, EE.UU., Tailandia, Colombia y Argentina hicieron programas de transición con medidas como incentivos, modernización de flotas y adaptación de infraestructura.

No se identifican países que hayan introducido etanol abruptamente y a nivel nacional sin preparación mínima.

2. ¿El uso es obligatorio u opcional?

En la mayoría de países con programas grandes (Brasil, EE.UU., Colombia, Tailandia), el etanol se mezcla obligatoriamente en porcentajes variables (5-27%).

En Europa suele ser opcional; se ofrece gasolina con y sin etanol.

3. Participación de sectores involucrados

Programas exitosos como los de Brasil y EE.UU. involucraron a petroleras, automotrices, distribuidores y consumidores.

Intentos de introducción sin consulta previa han sido foco de protestas o fracasos parciales, como en México en 2017, donde se tuvo que frenar E10 en Monterrey por litigios ambientales.

4. Disponibilidad de gasolina sin etanol

Brasil y EE.UU. mantuvieron gasolina sin etanol para flotas viejas, equipos de jardinería, motos, barcos y aviones.

En Europa, la gasolina sin etanol sigue siendo ampliamente disponible.

5. Campañas de información pública

Brasil, Colombia, EE.UU. realizaron campañas extensas para educar sobre beneficios, riesgos y compatibilidad de etanol.

En países con programas menores, la falta de información ha generado confusión y resistencia.

6. Efecto en precios

Depende del país y subsidios. En Brasil y EE.UU., el precio de la mezcla fue inicialmente más bajo o competitivo que

la gasolina pura, gracias a incentivos fiscales.

Sin subsidios, el precio del etanol puede ser más alto, como ha ocurrido en mercados fluctuantes.

7. Países que revirtieron programas

Alemania y Francia limitaron E10 por preocupaciones ambientales y resistencia pública.

México suspendió en Monterrey tras objeciones legales.

Filipinas y Tailandia ajustaron programas por problemas de precios o compatibilidad.

8. Formalización de estaciones

Países con grandes programas (Brasil, EE.UU.) ya contaban con la mayoría de estaciones abanderadas.

Países con mucha informalidad (algunos africanos y latinoamericanos) han enfrentado grandes retos para controlar calidad y evitar adulteración.

9-10. Cambios en tanques e infraestructura

Brasil hizo renovaciones masivas de tanques y tuberías en los 80 y 90.

En Colombia, solo en grandes ciudades se actualizaron sistemas antes de E10; en zonas rurales hay riesgos de filtraciones.

El porcentaje de tanques cambiados varía mucho; no hay datos globales unificados.

11-13. Problemas en importación, transporte y estaciones

Se han reportado problemas por emulsión de etanol con agua en tanques mal mantenidos (Brasil, Colombia).

Tanques viejos generan sedimentos que el etanol desprende, saturando filtros en estaciones y vehículos.

La importación requiere logística diferenciada, pues etanol se mezcla en terminales o refinerías para evitar contaminación por agua.

14-15. Problemas en flotas viejas y motos

Vehículos anteriores a 2001 (en EE.UU.) y motocicletas sin materiales compatibles pueden sufrir corrosión de sistemas de combustible, fallos en carburadores y bombas.

Brasil redujo estos problemas con programas de renovación de flota y producción de vehículos flex desde los 2000.

En Tailandia y Filipinas hubo quejas de daños en motos de baja cilindrada al usar E10.

16-18. Aumento de ozono, *smog* y contaminantes

En grandes ciudades como Sao Paulo, el aumento de ozono ha sido documentado: estudios de la USP muestran picos de ozono troposférico asociados a emisiones de etanol.

Problemas ambientales adicionales incluyen mayor presencia de aldehídos y compuestos como acetaldehído, que son más cancerígenos que los hidrocarburos convencionales.

El mayor consumo de combustible con etanol (5-10% más volumen por menor densidad energética) eleva indirectamente emisiones de CO₂ y costos.

19-20. Impacto económico y social

Donde se planeó bien, como Brasil, el etanol impulsó la agroindustria y generó empleo.

Donde se improvisó, ha habido alzas de precios, afectación a transportistas y conflictos sociales.

Conclusión

No existe un único informe consolidado que detalle estos aspectos en “los 60 países” que usan etanol.

La afirmación “se usa en 60 países sin problemas” es inexacta y simplificadora, pues en varios hubo problemas significativos que requirieron ajustes o incluso cancelación parcial de programas.

¿Es cierto que el programa de etanol fracasó en Panamá y por qué?

Respuesta de ChatGPT Plus ^{cxixiii}

Sí, es cierto que el programa de etanol en Panamá fracasó, y es un ejemplo importante de los retos que enfrentan los países que intentan introducir E10 sin una planificación integral ni condiciones adecuadas.

Contexto del programa

Panamá aprobó en 2011 la Ley 42 que obligaba a mezclar etanol en la gasolina, arrancando con E2 (2%) y proyectando subir a E10 (10%).

La idea era impulsar la agroindustria local (especialmente caña de azúcar) y reducir la dependencia de combustibles fósiles importados.

Principales causas del fracaso

Problemas en el suministro local de etanol

La planta etanolera clave, propiedad de Petroterminal de Panamá y **Grupo Pantaleón**, enfrentó dificultades para

producir etanol de calidad y en cantidad suficiente.

Esto obligó a importar etanol brasileño, encareciendo el programa.

Deficiencias en infraestructura

Muchas estaciones de servicio tenían tanques antiguos con agua o sedimentos, lo que generó problemas como emulsión del etanol y obstrucción de filtros.

Las estaciones pequeñas o “bandera blanca” carecían de recursos para adaptarse.

Quejas de consumidores

Usuarios reportaron fallos en vehículos, principalmente en autos y motos más antiguos, que no toleraban bien la mezcla.

Esto generó desconfianza generalizada hacia el producto.

Falta de información pública

El gobierno no realizó campañas de educación ni informó adecuadamente

sobre compatibilidad, beneficios o precauciones, provocando resistencia entre distribuidores y consumidores.

Cuestiones económicas

El precio del etanol importado resultó más alto que el beneficio proyectado.

Hubo denuncias de que el programa solo beneficiaba a un grupo empresarial vinculado a la producción local.

Resultado

En 2017, el programa quedó prácticamente suspendido porque el gobierno panameño dejó de comprar etanol local y detuvo la obligación de mezclarlo.

Desde entonces, la mezcla con etanol dejó de ser una política activa, y Panamá regresó a la venta de gasolina convencional.

Conclusión

El caso de Panamá muestra que introducir etanol sin infraestructura adecuada, participación de sectores involucrados ni campañas informativas

puede conducir al fracaso, incluso con buenas intenciones ambientales o económicas.

¿Es cierto que el programa de etanol fracasó en Bolivia y por qué?

Respuesta de ChatGPT Plus ^{cxxiv}

Sí, es parcialmente cierto que el programa de etanol en Bolivia ha tenido serias dificultades y resultados que muchos expertos califican como un fracaso parcial, principalmente debido a problemas estructurales y económicos, aunque no se ha cancelado oficialmente como en otros países. Aquí te explico:

Contexto del programa

Bolivia lanzó en 2018 el programa de biocombustibles “Etanol Anhidro” con el objetivo de reducir importaciones de gasolina, generar empleo en el agro y dinamizar la producción de caña de azúcar.

Se implementaron mezclas de E8, E10 y E12 en distintas etapas, con la meta de alcanzar E25 (25% de etanol) en el largo plazo.

Principales problemas que han llevado al fracaso parcial

Producción insuficiente

La agroindustria azucarera boliviana no logró generar el volumen de etanol necesario para cubrir la demanda interna.

Se han reportado años en que la producción solo cubría un tercio de los requerimientos proyectados.

Costo elevado y subsidios

Falta de infraestructura adecuada

Las estaciones de servicio no fueron adaptadas de manera homogénea, y no todas podían garantizar la calidad de la mezcla o evitar problemas como agua en los tanques.

Esto ha causado problemas de confianza y logística en el suministro.

Dificultades en la distribución

La estatal YPFB no logró implementar eficientemente la cadena de distribución

para el etanol en todo el país, especialmente en regiones alejadas del oriente (Santa Cruz), donde se concentra la producción de caña.

Compatibilidad vehicular

Bolivia tiene un parque automotor antiguo: según datos oficiales, más del 60% de los vehículos son modelos anteriores a 2005, lo que los hace más propensos a fallas con mezclas altas de etanol.

Protestas y resistencia social

Sectores del transporte expresaron temor por daños en motores, falta de información y afectación a sus costos operativos.

La falta de campañas de información pública ha contribuido al escepticismo generalizado.

Situación actual

Aunque el programa sigue existiendo oficialmente, la producción de etanol no ha alcanzado ni de lejos las metas proyectadas.

Expertos bolivianos, como los del Instituto Boliviano de Comercio Exterior, señalan que el programa ha tenido un desempeño muy por debajo de lo esperado, con altos costos para el Estado y poco impacto en la sustitución de importaciones.

Conclusión

El programa de etanol en Bolivia no se ha cancelado, pero ha fracasado en cumplir sus objetivos clave debido a problemas de producción, infraestructura, costos y falta de confianza de los consumidores y transportistas. Se considera un ejemplo de implementación deficiente que debería corregirse antes de avanzar a mezclas mayores.

Cuadro comparativo que resume las experiencias de programas de etanol en cinco países de América Latina ^{CXXV}

Brasil (éxito), Colombia (parcial) y Bolivia (fracaso parcial), Paraguay y México.

País	Éxito/Fracaso	Factores positivos	Principales problemas
Brasil	Éxito	<ul style="list-style-type: none"> - Programa Pro alcohol desde los 70 - Vehículos flex desde 2003 - Campañas extensas de educación - Apoyo a agroindustria 	<ul style="list-style-type: none"> - Inicialmente volatilidad de precios; requerimiento de subsidios; problemas logísticos en zonas remotas.
Colombia	Parcial	<ul style="list-style-type: none"> - Introducción progresiva en ciudades principales - Acuerdos con ingenios azucareros 	<ul style="list-style-type: none"> - Producción insuficiente - Quejas de transportistas y usuarios con autos antiguos.
Bolivia	Fracaso parcial	<ul style="list-style-type: none"> - Intención de reducir importaciones de gasolina 	<ul style="list-style-type: none"> - Bajos volúmenes de etanol - Subsidios costosos - Falta de infraestructura y confianza pública.

País	Éxito/Fracaso	Factores positivos	Principales problemas
Paraguay	Parcial	- Implementación gradual de E24 (24% etanol) en algunas regiones	- Flota vehicular vieja sin compatibilidad total - Tanques y estaciones sin preparación adecuada.
México	Parcial/Fracaso sólo en zonas específicas	- Interés en impulsar caña de azúcar y economía rural	- En 2017, suspensión de E10 en Monterrey por demandas ambientales - Falta de infraestructura y oposición social en varias regiones.

Observaciones clave:

- Brasil es el único ejemplo en América Latina de implementación exitosa a gran escala.
- Países como México y Paraguay han enfrentado barreras técnicas,

económicas y sociales, llevando a programas truncos o parciales.

- Las principales lecciones de estos casos: la importancia de modernizar infraestructura, asegurar compatibilidad vehicular y comunicar claramente los beneficios y riesgos al público.

Conclusiones rápidas

- Éxito sostenido solo se logra con planificación, infraestructura adaptada, vehículos compatibles y participación de todos los sectores.
- Fracaso parcial o problemas serios aparecen cuando se introduce el etanol abruptamente, sin volumen de producción suficiente ni educación al consumidor.

Nota del autor:

Ya hablamos de éxitos y fracasos de países latinoamericanos que implementaron etanol.

Hablemos ahora de un país donde no se ha podido implementar.

¿Es cierto que RECOPE ha atrasado diez veces la implementación del etanol en Costa Rica y por qué? ^{cxxvi}

Respuesta de ChatGPT Plus

Sí, es cierto que RECOPE (Refinadora Costarricense de Petróleo) ha postergado varias veces —se contabilizan al menos diez anuncios fallidos o suspendidos— la implementación del programa de gasolina con etanol en Costa Rica, y estas son las principales razones documentadas:

Contexto del programa

- Costa Rica lleva más de una década intentando introducir etanol como aditivo en la gasolina. RECOPE y el gobierno han anunciado en repetidas ocasiones fechas de arranque para E7 o E10, con la promesa de reducir emisiones, estimular la agroindustria de caña y modernizar el parque automotor.

Principales causas de los repetidos atrasos

1. **Resistencia de sectores productivos y consumidores**

- Transportistas, asociaciones de mecánicos y representantes de la industria automotriz han expresado temor por daños en vehículos antiguos y equipos que no toleran etanol, así como aumentos en costos de mantenimiento.
2. **Falta de infraestructura adecuada**
 - RECOPE no ha modernizado todos los tanques, ductos ni estaciones de servicio para asegurar almacenamiento y distribución seguros, evitando problemas como emulsión del etanol con agua o corrosión.
 3. **Carencia de estudios de impacto claros y confiables**
 - Varias universidades y asociaciones civiles han cuestionado que no existan estudios públicos y exhaustivos sobre efectos en la flota vehicular costarricense (que es relativamente vieja), así como sobre la calidad del aire y posibles alzas en precios.
 4. **Opinión pública adversa**

- Encuestas y audiencias públicas mostraron amplio rechazo de consumidores que temen fallas mecánicas y mayores costos, obligando a RECOPE a retrasar las fechas programadas.
5. **Problemas en la cadena de suministro**
- Aunque Costa Rica produce etanol, su volumen no es suficiente ni constante para garantizar la demanda proyectada para una mezcla nacional obligatoria.
6. **Cambios de gobierno y prioridades políticas**
- Cada nueva administración ha reevaluado el programa, resultando en suspensiones adicionales.

Ejemplos de postergaciones documentadas

- En 2010, 2012, 2014, 2016, 2018, 2019 y 2020, RECOPE anunció fechas tentativas para lanzar el etanol que terminaron canceladas o aplazadas por las razones anteriores.
- La última suspensión destacada fue en 2019, cuando tras fuertes críticas de cámaras empresariales, talleres

automotrices y ciudadanos, el gobierno decidió archivar indefinidamente el programa.

Conclusión

Costa Rica es uno de los casos emblemáticos en América Latina donde, a pesar de un plan oficial persistente para incorporar etanol en gasolina, la implementación ha sido aplazada **repetidamente** por problemas técnicos, falta de infraestructura, resistencia social y ausencia de consensos claros.

Nota del autor:

Fui invitado por el noticiero República TV a participar en el panel “Etanol en Guatemala: ¿solución energética o riesgo innecesario?” el 15 de mayo de 2025. Me tocó debatir con el ingeniero mecánico Luis Fernando Villegas. ^{cxxvii}

Cuando el marcador de tiempo indicaba 1.26.56, Villegas afirmó: Panamá y Costa Rica ya van a arrancar con E10.

Según Fernando Villegas, Panamá y Costa Rica están próximos a arrancar con etanol E10. ¿Es cierto?

Respuesta de ChatGPT Plus ^{cxxviii}

No, la afirmación de que Panamá y Costa Rica están “próximos a arrancar con etanol E10” no es cierta en este momento, al menos según la información oficial y reportes recientes disponibles hasta mediados de 2024. Aquí te detallo la situación de ambos países:

Panamá

- Como te comenté antes, Panamá lanzó un programa de etanol a partir de 2013, pero fue **suspendido en la práctica en 2017** por problemas de costos, logística e insatisfacción de consumidores y distribuidores.
- Desde entonces, no hay registros de iniciativas gubernamentales para retomar el programa ni anuncios oficiales de un nuevo arranque de E10.
- El mercado panameño sigue abasteciéndose con gasolina convencional. Ningún plan actual ha

sido presentado para reiniciar el programa.

Costa Rica

- El país lleva más de una década anunciando y cancelando la introducción de etanol (E7 o E10), con al menos diez aplazamientos documentados.
- En 2019, tras rechazo generalizado, RECOPE suspendió el programa **indefinidamente**.
- Ni RECOPE ni el gobierno costarricense han dado fechas para un reinicio. De hecho, en declaraciones recientes (2023), el ministro de Ambiente señaló que **no existe un plan inmediato** para reactivar la mezcla obligatoria con etanol.

Conclusión

A día de hoy:

- ✓ Panamá no tiene un programa activo ni planes confirmados de implementar E10 próximamente.
- ✓ Costa Rica mantiene el proyecto suspendido sin fecha de reactivación.

La afirmación del consultor colombiano carece de sustento oficial y es **inexacta en función de la información pública disponible**.

Nota del autor:

Como lo mencioné al principio, el 26 de junio de este año, se realizó un foro técnico realizado en la Universidad del Valle de Guatemala. Resalto las siguientes afirmaciones atribuidas al **Dr. Plinio Nastari** acerca del etanol: “Mejora la salud”. “Destacó el caso de São Paulo, una de las ciudades más pobladas de América Latina, que mejoró significativamente la calidad del aire gracias al uso extendido de etanol.” Esta afirmación me motivó a hacer la siguiente pregunta:

Incremento de ozono y aldehídos en las grandes urbes por uso de etanol

Pregunta de Pepo Toledo:

El uso de mezclas de etanol en la gasolina ha aumentado los niveles de ozono y aldehídos (como formaldehído y acetaldehído), compuestos secundarios formadores de smog fotoquímico en la atmósfera. ¿Cuáles

son las grandes urbes más afectadas en Latinoamérica?

Respuesta de ChatGPT Plus ^{cxxix}

Excelente pregunta: el impacto de los **aldehídos y el ozono troposférico derivados del uso masivo de etanol** es un aspecto crucial pero poco divulgado. Estudios de agencias ambientales y universidades han documentado que **varias grandes ciudades de América Latina con programas de etanol o mezclas E10-E27 muestran incrementos en ozono y aldehídos**, aunque no siempre se reconoce de forma oficial.

Aquí te resumo las principales urbes afectadas:

1. São Paulo (Brasil)

- Es el caso más estudiado: múltiples reportes de CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo) y estudios de la USP documentan que el uso masivo de etanol contribuye a **altos niveles de ozono y aldehídos como formaldehído y acetaldehído**.

- En algunos días, las concentraciones de ozono superan las recomendaciones de la OMS, especialmente en épocas secas.
-

2. Belo Horizonte y Curitiba (Brasil)

- Ambas ciudades tienen alta penetración de etanol en sus flotas y han reportado problemas de ozono troposférico estacional asociado a las emisiones de aldehídos derivados de combustibles oxigenados.
-

3. Bogotá (Colombia)

- En el programa de etanol E8-E10 implementado en Bogotá desde mediados de los 2000, estudios de la Universidad Nacional y el IDEAM reportaron aumentos en ozono y aldehídos en comparación con periodos previos, especialmente en corredores con tráfico intenso.
-

4. Ciudad de México (México)

- Aunque México suspendió parcialmente el programa E10 en

grandes urbes como Monterrey y Ciudad de México por preocupaciones ambientales y litigios, estudios del INECC y el CENICA advirtieron que el uso de etanol en zonas de alta radiación solar podría **aumentar ozono y compuestos orgánicos volátiles secundarios**, exacerbando el smog fotoquímico.

Ciudades potencialmente en riesgo si expanden etanol

- **Lima (Perú) y Santiago (Chile)** aún no usan etanol a gran escala, pero son vulnerables: tienen alta radiación solar, inversión térmica y tráfico denso, condiciones ideales para la formación de ozono a partir de aldehídos si se introdujera E10 sin preparación.

Conclusión

Las ciudades latinoamericanas **más afectadas y documentadas** por el aumento de ozono y aldehídos ligados al uso intensivo de etanol son **São Paulo, Belo Horizonte, Curitiba y Bogotá**, con Ciudad

de México como un caso donde la preocupación ambiental frenó la expansión del programa.

¿Por qué Japón prefirió usar ETBE antes que etanol?

Respuesta de ChatGPT Plus ^{CXXX}

Excelente pregunta: Japón es uno de los casos más interesantes en política de biocombustibles, porque —a diferencia de Brasil, EE.UU. o países que mezclan etanol directamente como E10— **prefirió ETBE (Etil Tert-Butil Éter) derivado del etanol**, en lugar de etanol hidratado o anhidro mezclado directamente en gasolina. Aquí te explico las razones principales:

¿Qué es ETBE?

- ETBE se produce al reaccionar **etanol** con isobuteno, creando un éter oxigenado que se mezcla fácilmente con gasolina hasta 15% (E15) sin los problemas de compatibilidad que tiene el etanol puro.

- ETBE conserva el beneficio ambiental del etanol (oxigena la combustión, reduce CO) porque se fabrica a partir de etanol renovable, pero es más estable en mezcla.

Principales motivos por los que Japón prefirió ETBE:

1. Higroscopicidad del etanol

- El etanol puro es muy higroscópico (absorbe agua del ambiente), lo que provoca separación de fases en tanques o tuberías con mínima presencia de agua.
- ETBE, en cambio, es mucho más estable en ambientes húmedos, como los que puede haber en estaciones de servicio japonesas expuestas a clima costero.

2. Compatibilidad con infraestructura existente

- ETBE puede usarse en **tanques y tuberías antiguas de acero o materiales tradicionales** sin causar corrosión como el etanol, evitando costosas actualizaciones de infraestructura.

- No requiere grandes cambios en bombas, juntas o sellos de las estaciones.

3. Compatibilidad vehicular

- A diferencia del etanol, ETBE es **totalmente compatible con motores japoneses sin modificar sistemas de combustible**, lo que reduce el riesgo de daños a vehículos más antiguos y elimina la necesidad de programas de renovación de flota.

4. Menores emisiones evaporativas

- La presión de vapor de la gasolina mezclada con ETBE es más baja que con etanol, lo que significa **menos emisiones de compuestos orgánicos volátiles (COV)**, un factor clave para el control de smog en ciudades japonesas.

5. Economía e importaciones

- Japón no produce etanol a gran escala, pero importa etanol brasileño para fabricar ETBE localmente, beneficiándose de acuerdos comerciales con Brasil y asegurando un mercado estable para su refinación.

Consideración ambiental y estratégica

- Japón optó por ETBE como forma de cumplir compromisos de reducción de emisiones de CO₂ y mejorar el octanaje de sus gasolinas sin correr los riesgos de calidad de combustible que implica el etanol directo.
- La decisión se alineó con el enfoque japonés de evitar problemas a consumidores y mantener alta confiabilidad de sus vehículos, clave para su industria automotriz.

Conclusión

Japón prefirió ETBE sobre etanol directo para mantener la estabilidad de la mezcla, proteger la infraestructura y la flota existente, reducir emisiones evaporativas y cumplir estándares ambientales **sin alterar la experiencia del consumidor ni asumir riesgos de corrosión o separación de fases.**

¿Tiene planes Japón de abandonar su programa de ETBE?

Respuesta de ChatGPT Plus ^{cxxxi}

No, **Japón no tiene planes de abandonar su programa de ETBE**; de hecho, los reportes más recientes y documentos oficiales indican que el país sigue comprometido con el uso de ETBE como su principal estrategia de biocombustibles.

Evidencia clave:

Política energética actual

- El “Plan Estratégico de Energía” revisado por el gobierno japonés en 2021 reafirma que Japón seguirá usando **ETBE derivado de etanol importado** (principalmente de Brasil) como vía para cumplir sus compromisos de reducción de emisiones de CO₂ en el sector transporte.
- Japón planea mantener e incluso incrementar su uso de ETBE en mezclas de hasta **ETBE15**

(equivalente a E10 en contenido de etanol).

Acorde con estándares automotrices japoneses

- La industria automotriz local (Toyota, Honda, Nissan) continúa homologando vehículos para mezclas con ETBE como parte de la política nacional.
- Abandonar ETBE implicaría problemas de compatibilidad técnica con la flota existente y requeriría modificaciones en infraestructura y vehículos.

Alianzas estratégicas con Brasil

- Japón y Brasil renovaron acuerdos comerciales para asegurar el suministro de etanol destinado a ETBE, reforzando que el país considera ETBE como herramienta clave para su estrategia energética y ambiental.

Inexistencia de planes oficiales de retiro

- Ni el Ministerio de Economía, Comercio e Industria (METI), ni la Agencia de Recursos Naturales y

Energía (ANRE) han emitido documentos o declaraciones que sugieran la suspensión del uso de ETBE.

Consideraciones ambientales

- Algunos grupos ambientales japoneses critican el uso de ETBE por su contribución indirecta a emisiones de aldehídos y preocupaciones sobre deforestación en países productores de caña.
 - Sin embargo, estas críticas no se han traducido en propuestas formales de eliminar ETBE; más bien han impulsado mejoras en certificaciones de sostenibilidad del etanol importado.
-

Conclusión

Japón continúa considerando ETBE como pieza central de su política de biocombustibles y no hay señales ni planes oficiales que indiquen la intención de abandonar el programa. Al contrario, todo apunta a su consolidación como parte de la estrategia nacional para reducir emisiones en el transporte.

Una propuesta viable

El ETBE (éter etílico tert-butílico) se produce mediante la reacción de etanol con isobutileno en presencia de un catalizador, típicamente una resina de intercambio iónico. Esta reacción se lleva a cabo en una columna de destilación reactiva, donde el etanol y el isobutileno reaccionan para formar ETBE, mientras que el agua se separa por destilación. El catalizador, como la resina catódica pura Lite C, facilita la formación del éter. ^{cxxxii}

Como ya lo mencionamos en la experiencia en Japón, el ETBE puede usarse en tanques y tuberías antiguas de acero o materiales tradicionales sin causar corrosión como el etanol, evitando costosas actualizaciones de infraestructura. No requiere grandes cambios en bombas, juntas o sellos de las estaciones.

El 27 de abril de 2025, fui invitado en compañía del ingeniero químico Rodolfo Matheu Wyld a debatir el tema del etanol en el programa “Análisis” en

Canal Antigua. El tema: “Etanol, ¿Energía limpia o riesgo para el consumidor?”.

Video disponible en este enlace:

<https://www.youtube.com/watch?v=tngg5l-IHeY>

Matheu Wyld, al final del programa, propuso como solución fabricar en Guatemala ETBE, haciendo reaccionar etanol con isobuteno.

Ventajas: 1. No absorbe agua como el etanol (higroscopicidad). 2. Es compatible con la infraestructura existente. 3. Es compatible con automóviles viejos, motos de baja cilindrada, equipos recreativos y herramientas motorizadas. 4. Produce menos emisiones de ozono y aldehídos en la atmósfera.

El ETBE ya está aprobado en la nómina de productos petroleros.

Esta es una propuesta técnica con la cual el etanol local podría venderse con éxito, competitivamente, en un mercado libre y si causar daños colaterales a la economía y el ambiente.

La Ley de Alcohol Carburante (Decreto Ley Número 17-85) es inoperante e inconstitucional.

Japón se convirtió en líder entre los países desarrollados implementando el ETBE a partir del etanol eliminando todos sus inconvenientes.

De la misma forma, Guatemala podría convertirse en líder en los países en vías de desarrollo con una solución viable a la problemática del etanol.

Comentario final

No estamos en contra del etanol.
Estamos en contra del etanol obligatorio.

No estamos atacando. Tratamos de impedir una catástrofe económica, ambiental y política, en un país altamente conflictivo.

Estamos proponiendo soluciones, como el cambio a ETBE propuesto por Matheu Wyld y ampliamente respaldado por la experiencia de Japón.

Invito a cualquiera que lea este texto, a verificar la información en los

buscadores de internet, y mejor aún, utilizando Inteligencia Artificial.

Desde hace algún tiempo he sido víctima de ataques de *netcenters* contra mi persona, tratando de descalificarme y desprestigiarme.

Por lo que publico un breve currículum de lo concerniente a la problemática del etanol obligatorio en Guatemala.

Proyecto Piloto Movilidad Verde 2020 - uso del etanol en Guatemala

La información de este capítulo proviene del Reporte Final de los Resultados Proyecto Piloto Movilidad Verde 2020 publicado por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID). ^{cxxxiii}

Para facilidad del lector, escribiremos en *cursivas* los párrafos que provienen del reporte y en letra normal mis comentarios.

Participantes

En este contexto, el plan piloto Movilidad Verde se desarrolló entre agosto y diciembre de 2020, el cual fue un proyecto impulsado y liderado por el Ministerio de Energía y Minas (MEM) en conjunto con el Banco Interamericano

de Desarrollo (BID), la Universidad del Valle de Guatemala (UVG), la Municipalidad de Guatemala y la Asociación de Combustibles Renovables de Guatemala (ACR), que permitió poner a prueba el uso de Ecopower, gasolina con etanol avanzado y certificado. Pág. 7.

Está claro que no participaron importadores de hidrocarburos ni expendedores de gasolina. La Asociación de Combustibles Renovables de Guatemala, que sí participó, es parte interesada.

El plan piloto no presenta una hipótesis con sus respectivas variables, tales como emisiones de gases perjudiciales a la salud humana, emisiones de gases de efecto invernadero o consumo de combustible.

Tamaño de la muestra

“De forma breve, se puede indicar que se utilizó Ecopower durante 10 semanas, en 34 vehículos, durante los meses de septiembre a noviembre de 2020, evaluando sus impactos

positivos. Se utilizaron las mezclas E5 y E10 (5 % y 10 % de etanol respectivamente) durante cinco semanas cada una, y se tuvieron hallazgos positivos en aspectos técnicos y ambientales que se detallan en la sección de resultados.” Pág. 14.

Con esa micro muestra de 34 vehículos y pruebas que duraron apenas 10 semanas llegaron a conclusiones para apoyar el uso del etanol obligatorio y tomar decisiones de gran impacto para el país.

En investigación de mercados para llegar a un nivel de confianza de 95% se requiere de una muestra de 400 personas. ^{cxxxiv} Hacer una investigación con una muestra de 34 individuos, en este caso automóviles, no lleva a nada. Es perder el tiempo.

Las discusiones sobre el uso de etanol llevan más de treinta años. Hay información de millones de automóvil y de miles de millones de kilómetros recorridos.

Esta información se puede conseguir sin costo en instituciones de prestigio y sólida experiencia, como la

Environmental Protection Agency (EPA) de los Estados Unidos. También se puede consultar el Comité Mundial de Cartas de Combustible (Worldwide Fuel Charter Committee -WFCC) en inglés. Más específicamente, las pautas para etanol. Hay muchas otras fuentes de datos.

Pretender desvirtuar abundante información con una insignificante muestra en unos pocos días es falta de profesionalismo.

Daños en el motor

“El funcionamiento de los vehículos no se ve afectado en lo absoluto al utilizar etanol en la gasolina (ni con E5, ni con E10).” Pág.7.

Con una insignificante muestra de automóviles en diez semanas no se puede demostrar este punto. La realidad es otra.

La evidencia técnica de más de 40 años ha demostrado que no se necesitan modificar los vehículos para usar 10 % de etanol. De hecho, los

manuales de los propios carros lo indican. Pág. 10.

“Los manuales de los vehículos anteriores al año 2000 no pudieron ser encontrados...” Pág.29

La acción corrosiva del etanol deteriora progresivamente la bomba de combustible, los inyectores y los polímeros del sistema de combustible, ocasionando fugas y quizás algún incendio. También aumenta la acumulación de depósitos adentro del motor. Su uso prolongado reduce la vida útil de los motores.^{cxxxv} Esto daños son más significativos en la flota de vehículos antiguos.

Como ya lo mencionamos, la mayoría de motores anteriores al año 2001 no están preparados para su uso. En Guatemala hay alrededor de un millón de estos vehículos, equivalentes a 20 % del parque automotriz. Con seguridad habrá una buena cantidad de daños costosos en automóviles viejos. Lamentablemente, pertenecen a la gente más pobre.

En los eventos un de los eventos *Ethanol Talks* me enteré que uno de los

34 vehículos del plan piloto fue retirado porque se le obstruyeron los inyectores del sistema de combustible.

El etanol también puede causar daños en la flota reciente. Puede generar un desgaste prematuro en el sistema completo de escape. Esto es crítico en las motos, por la cercanía al conductor. ^{cxxxvi}

Usar etanol sin controles de calidad puede causar muchos problemas en la cadena de distribución y especialmente en la flota automotriz, no importando el año de fabricación del vehículo. Me refiero a corrosión y sedimentos. Con dos terceras partes de estaciones de servicio informales en el país, estos inconvenientes parecen inevitables.

Huella de carbono, sostenibilidad, seguridad alimentaria

La huella de carbono refleja los gases emitidos por una actividad en todas las etapas. Se realiza de forma teórica, ya que de forma experimental es inviable. ^{cxxxvii}

Asimismo, la producción y obtención actual de etanol en Guatemala no está comprometiendo las áreas con cobertura forestal del país lo cual es garantizado a través de las certificaciones internacionales con las que cuenta. Pág. 6.

La implementación de estas medidas se alinea con la Estrategia Nacional para la Reducción de la Deforestación y Degradación de los Bosques en Guatemala (Estrategia REDD+, 2018), específicamente con la Línea Estratégica “Promoción de Agricultura Sostenible”. Pág.6.

“...ha existido poca sustitución de bosque por cultivo de caña en los últimos años...” Pág. 36

“Se considera poco probable la expansión del cultivo y el riesgo de posibles nuevas deforestaciones en el futuro...”. Pág. 36

“...no habrá conversión de bosque en las áreas de cultivo...” Pág. 36

La realidad es otra. La superficie cultivada con caña de azúcar en

Guatemala pasó a ocupar el 5,5% del territorio 1990 al 11% en el 2006.

Prácticamente se duplicó. ^{cxxxviii}

Un reportaje de 2018 indicó que en la última década el parque vehicular pasó de 1.5 millones a 3.5 millones de unidades. (El Periódico, Guatemala, 15 de enero de 2018). El etanol necesario para suministrar a un parque vehicular en crecimiento pondrá más presión sobre los bosques.

Una buena parte de los ingenios de azúcar en Guatemala no tienen controles ambientales. Queman la caña para quitar las hojas, a falta de medios mecánicos. Incineran el bagazo en calderas para producir energía. De sus chimeneas sale humo negro. El Ministerio de Energía debería controlar industrias como estas.

En los países donde se ha implementado el etanol generalmente comienzan con una mezcla de gasolina con 10% de etanol (E10) y luego pasan a una segunda etapa con 15% (E15). Sólo este cambio implicaría un aumento de 50% del área cultivada con azúcar.

Realizar el cambio a etanol en Brasil implicó deforestar grandes extensiones de selva amazónica. Los árboles y la vegetación absorben toneladas de carbono durante su crecimiento y son un sumidero de carbono. Anualmente fijan 2.1 millones de toneladas de CO₂ en el suelo.^{cxxxix}

“De hecho, el etanol de caña es catalogado como un combustible renovable avanzado, ya que se ha comprobado que reduce al menos el 70 % de las emisiones de gases de efecto invernadero en comparación con la gasolina en todo su ciclo de vida (MEM, 2020).” Pág.6.

Esta es la mentira más grande del informe.

La parte que dice “...en todo su ciclo de vida...” se refiere a la inclusión de la huella de carbono.

De acuerdo a la Organización Mundial Para la Alimentación y a Agricultura (FAO) la conversión de selvas lluviosas, turberas, sabanas y pastizales para producir etanol libera al menos 17 veces más dióxido de carbono en comparación a los

combustibles fósiles. ^{cxl} Cualquier discusión comparativa sobre la huella de carbono es inútil.

Para ser justo, la práctica de obviar la deforestación causada por los cultivos para producir etanol en el cálculo de la huella de carbono no es exclusiva de la UVG. La utilizan globalmente los “lobistas” de etanol.

A esto hay que sumar que el 25 % de las emisiones globales se deben a la tala y quema de bosques en todo el mundo.^{cxli}

Si añadimos que los bosques son fuente de agua y albergan la mayor parte de la biodiversidad mundial y nos surten de alimentos y medicinas, la discusión terminó.

Acá viene otra interrogante. Guatemala ya produce etanol de azúcar y lo exporta. Al venderlo localmente, proveniente de la misma plantación, no hay ningún cambio en las posibles emisiones de CO₂.

Es verdaderamente preocupante que, sobre esta base, la UVG avale que el MEM quiera introducir cambios en los combustibles que provocarán serios

problemas económicos, ambientales y sociales en el país.

“En Guatemala, el etanol se produce con melaza, un subproducto de la producción de azúcar, por lo que no afecta la seguridad alimentaria. No se requieren más plantaciones para abastecer el 10 % de etanol.” Pág. 10.

Sin embargo, la expansión de cultivos ya comenzó, como ya lo mencionamos. El valle del Polochic, una tierra aislada, ha sufrido un proceso de transformación de sus cultivos, cada vez más orientados hacia la producción y la exportación de agrocombustibles.

Los pobladores alquilaban fincas durante años, donde producían maíz y frijol para autoconsumo. Entraron en conflicto con empresas productores de azúcar y palma africana que se exportan para ser transformados en biocombustibles y no dejan de extenderse. 800 familias han sido desalojadas. El grado de conflictividad aumenta cada vez más.

El 50% del agua de riego en Guatemala es consumido por latifundios de caña de azúcar, 287 mientras el 55% de la población rural carece de acceso a agua potable. ^{cxliii}

Emisiones de gases contaminantes

Las pruebas de campo en los vehículos fueron realizadas por la Universidad del Valle de Guatemala (UVG).

“El uso de etanol en los vehículos reduce los gases de combustión: los hidrocarburos hasta un 74.17 %, el monóxido de carbono (CO) hasta 71.74 %, el dióxido de azufre (SO₂) hasta 54.18 %, el óxido de nitrógeno (NO) hasta 39.96 % y el dióxido de carbono (CO₂) hasta 21.17 %.” Pág. 7.

El informe revela reducción de emisiones en todos los contaminantes. Esto es imposible técnicamente hablando. Si disminuyeron las emisiones de CO₂ se espera que el resto de contaminantes suban, ya que la que el CO₂ es un excelente indicador de la eficiencia de la combustión.

A esto hay que añadir que en todos los casos las emisiones de CO₂ son directamente proporcionales al consumo, no dependen de la potencia del motor. ^{cxliii} Con el uso de 10% de etanol, el consumo sube un promedio de 5.6 %. De la misma forma suben las emisiones de CO₂". En este caso no están subiendo por eficiencia en la combustión, sino por la cantidad de combustible quemado. Calidad versus cantidad.

Al usar mezclas de etanol unos contaminantes suben y otros bajan respecto al uso de gasolina con MTBE. El etanol contiene más oxígeno, por lo que la combustión va a ser más completa. Es por esto que, usando etanol, las emisiones monóxido de carbono (CO) y las de hidrocarburos no quemados (HC) son menores. Sin embargo, aumentan los óxidos de nitrógeno (NO_x). Éste se forma a altas temperaturas de combustión y bajo presión, condiciones que la mayor cantidad de oxígeno favorece.

El aumento del NO_x eleva la temperatura en la cámara de combustión, el escape y el catalizador,

generando desgaste y un aumento de las emisiones contaminantes.

El reporte de UVG no diferencia los gases venenosos de las emisiones de CO2 de efecto invernadero.

Peor aún, el estudio de la UVG no tomó en cuenta otros contaminantes muy tóxicos que produce el uso de etanol en motores de combustión interna, tales como aldehídos, acetaldehídos, formaldehídos y ozono.

^{cxliv} Una grave omisión.

El Artículo 6º de la Ley de Alcohol Carburante habla de penalidades por daños y perjuicios atribuibles a productores, distribuidoras y transportistas de alcohol carburante y/o su mezcla.

Me pregunto quién o quiénes de estos actores responderán si se forma una un niebla espesa con humo en la región metropolitana del país. Quién responderá a los automovilistas por daños en sus vehículos. Con dos terceras partes de gasolineras informales, los perjuicios y el grado de conflictividad puede ser muy grande.

Daño a los catalizadores

“Se analizó la presencia del catalizador en el sistema de combustión, el cual es utilizado para disminuir la concentración de los gases de combustión al momento de su salida del escape”. Pág. 20.

“Únicamente el 24 % de los vehículos de la muestra no cuentan con un catalizador activo, significando que el 76 % de la muestra no presente concentraciones muy elevadas de los gases de combustión.” Pág. 23.

El catalizador es parte vital del sistema de control de emisiones de gases de un vehículo. El uso de etanol reduce la vida útil de los catalizadores.

El contenido de oxígeno en peso del MTBE es 18.2%, mientras que el del etanol asciende a 34.8%. ^{cxlv}

Esta característica hace que se eleve la temperatura en la cámara de combustión y en los gases que son expulsados por el escape. Esto genera un desgaste prematuro en el sistema completo de escape, incluido el catalizador. Un catalizador suele estar entre 60.000 y 100.000 kilómetros. ^{cxlvi}

Su deterioro acelerado por el uso de etanol causará un grave problema ambiental. Acá estamos hablando de cantidades significativas de emisiones y no de una fracción del 1%. Cantidad versus calidad.

El hecho de haber detectado ausencia de catalizadores en 24% de los vehículos es suficiente para encender las alarmas sobre la necesidad de implantar un sistema de control de emisiones de gases contaminantes en Guatemala con revisiones periódicas y selectivas. Esta acción tendría un impacto significativo e irrefutable sobre la cantidad de emisiones en el país y el cumplimiento de los acuerdos internacionales al respecto.

Es obvio que las verdaderas soluciones no están en la agenda entre las instituciones participantes en este estudio.

Consumo de combustible

“Durante las 5 semanas de utilización de la mezcla E10, el mayor

rendimiento promedio de combustible en un vehículo fue de 53.79 km/gal, mientras que el rendimiento más bajo fue de 19.88 km/gal.”

“Al comparar los rendimientos de los vehículos se ve un ligero aumento en la eficiencia de estos, en comparación con los resultados de E5. El 64 % de la muestra mejoró rendimientos con el Ecopower E10 en comparación de la mezcla E5, mientras que el 32 % presentó una disminución y el 4 % se mantuvo en el mismo rango. Los aumentos y reducciones de rendimiento de combustible fueron bajos, en el rango de + - 0.8-5 km/gal.” (Pág. 28-29).

“Asimismo, el 25 de septiembre del 2020 se tuvo la primera reunión de seguimiento con los usuarios para obtener su retroalimentación y opiniones sobre el funcionamiento de los vehículos, en general, los comentarios fueron positivos. Varios de ellos indicaron que sentían que el combustible les rendía más, mientras que otros indicaron que creían que les rendía menos. Sin embargo, se realizó un análisis de rendimiento comparativo entre el uso de E5 y E10. Al comparar

los rendimientos de los vehículos se ve un ligero aumento en la eficiencia de estos en comparación con los resultados de E5. El 64 % de la muestra mejoró rendimientos con el Ecopower E10 en comparación con la mezcla E5, mientras que el 32 % presentó una disminución y el 4 % se mantuvo en el mismo rango. Los aumentos y reducciones de rendimiento de combustible fueron bajos, en el rango de $\pm 0.8-5$ km/gal.”

“El 4 de diciembre del 2020 se tuvo la última reunión de retroalimentación en donde los comentarios indicaron que no presentaron ningún desperfecto mecánico y con la misma percepción que el combustible les había rendido mejor. También, conforme se fue desarrollando el proyecto, se documentaron testimoniales, los cuales quedaron grabados. En el cuadro 6 se presentan algunos de ellos.” Pág. 33.

Es imposible sacar conclusiones sobre mejor rendimiento de combustible con una muestra limitada de vehículos y poco tiempo. Apoyar el argumento con testimonios no sirve de nada.

Con el uso de etanol se incrementa el consumo de combustible.

La Agencia de Protección Ambiental, (EPA), publicó que con una mezcla E85 (85% de etanol) los vehículos rinden aproximadamente de 15% a 27% menos. Con el uso de 10% de etanol, el consumo sube un promedio de 5.6 %.

^{cxlvii} Este dato debe ser tomado en cuenta siempre que se calculen los precios.

Cumplimiento de acuerdos internacionales

“Acuerdo de París y la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), donde Guatemala ha presentado las INDC con una meta de reducción de emisiones de GEI, del año base 2005, proyectadas al año 2030, de un 11.2 % con recursos propios y hasta un 22.6 % con asistencia técnica y financiera de la cooperación internacional”. Pág.12.

“Según la Estrategia Nacional de Desarrollo con Bajas Emisiones de Gases de Efecto Invernadero, una

reducción del 11.2 % de las emisiones del país implicaría bajar de 203 a 181 millones de toneladas CO₂eq para el año 2050. El estudio indica que con la mezcla de etanol con gasolina se lograría reducir 7 millones de toneladas de CO₂eq en un plazo de 30 años, lo cual representa un aporte en la reducción de emisiones comprometida en las INDC no condicionadas.” Pág.12 y 13”.

Como ya lo demostramos en el inciso anterior, unos contaminantes suben y otros bajan comparando el uso de gasolina con mezclas de etanol.

Como ya lo indicamos las emisiones de CO₂ son directamente proporcionales al consumo en todos los casos, no dependen de la potencia del motor. ^{cxlviii} Con el uso de 10% de etanol, el consumo sube un promedio de 5.6 %. De la misma forma suben las emisiones de CO”.

El uso de etanol en motores de combustión interna produce otros contaminantes, tales como aldehídos, acetaldehídos, formaldehídos y ozono. ^{cxlix} Por los altos niveles de ozono que produce, el uso de etanol en la gasolina

fue prohibido en México en la zonas metropolitanas de Monterrey, Guadalajara y Valle de México por sus altos niveles de ozono. ^{cl}

A esto hay que añadir el daño a los catalizadores por el uso de etanol, que produce un severo impacto ambiental.

Con estos resultados, es imposible que el uso obligatorio de etanol ayude al cumplimiento de los acuerdos internacionales. Mas bien, será un lastre.

El enfoque principal de este programa es el cumplimiento de compromisos internacionales para las emisiones de CO₂, asociado a la producción de gases de efecto invernadero.

Si en un programa ambiental el objetivo principal es emitir menos CO₂ a la atmósfera, se estará perjudicando al ser humano en favor de reducir teóricamente los gases de efecto invernadero del planeta.

No se toma en cuenta que Guatemala es víctima y no causante del cambio climático. Las emisiones de contaminantes tóxicos para las salud

humana están subordinadas a las emisiones de CO2. Reducir estos contaminantes queda fuera. Valen más los acuerdos internacionales que la salud de los guatemaltecos.

El tabú del precio del etanol obligatorio

Producción nacional, destino del etanol y precio

En el Reporte Final de los Resultados Proyecto Piloto Movilidad Verde 2020, encontramos la siguiente información:

“En Guatemala, existen cinco destilerías que producen etanol a partir de la melaza, un subproducto de la producción de azúcar; es decir, que primero se produce azúcar, y luego el etanol industrial, carburante y para bebidas. Guatemala es el mayor productor de etanol a nivel centroamericano, y tiene una capacidad instalada de 65 millones de galones de etanol por año. De la producción total, se utiliza el 10 % para la industria y preparación de bebidas; mientras que el 90 % se exporta principalmente a

Europa y Estados Unidos (MEM y Fundación Solar, 2015)”. Pág. 13.

Esto nos hace caer en el tema más importante, el precio.

*“El precio permanecerá estable en Guatemala, sobre todo porque el 90 % seguirá determinado por la gasolina que se importa y no por sus aditivos...”
Pág.10.*

Este pequeño párrafo no me dice nada. La información que quizás más utilidad hubiera tenido es un análisis de precios internacionales y calcular cuál sería el precio en Guatemala de acuerdo a las condiciones planteadas.

En Guatemala el etanol está exonerado de los impuestos que paga la gasolina, que son dos: El Impuesto al Valor Agregado (IVA) sobre importaciones y el Impuesto Sobre Distribución de Petróleo y Derivados (IDP). El primero se obtiene al calcular el precio de costo, seguro y flete (CIF) a puerto de destino por la tasa única de 12%, el segundo es una cuota fija de Q7.40/galón de gasolina superior y Q7.60/galón de gasolina regular. ^{cli}

De manera que para cualquier comparación de precios entre etanol y gasolina en Guatemala deben tomarse en cuenta la exoneración de impuestos y el aumento de consumo de combustible.

Si ya hecha esta deducciones el etanol es más barato, podría competir en el mercado sin hacerlo obligatorio. El resto de argumentos, dudo que el público los compre.

El etanol debería venderse en Guatemala en libre competencia con la gasolina, como sucede en Estados Unidos, México y otros países. El consumidor debería tener la oportunidad de escoger qué combustible ponerle a su vehículo en base a precio y costos de mantenimiento.

Producción Diferencia de precios entre gasolina E0 y E10

Los precios tanto de la gasolina como los combustibles alternos están sujetos a variaciones del mercado internacional.

Disponibilidad E0 en EUA



Foto por Pepo Toledo

En Estados Unidos, los vehículos de gasolina fabricados antes de 1980 —y especialmente los anteriores a 1975, cuando no existían regulaciones modernas de emisiones— pueden sufrir daños si usan mezclas con etanol (como E10). Y aunque la mayoría del combustible vendido contiene etanol, sí existen opciones limitadas y regionales para estos vehículos clásicos o antiguos.

La gasolina sin etanol (E0) está disponible, aunque no ampliamente.

Suele ser más cara que E10 (10–30 centavos por galón), debido a la prohibición en ese país de usar MTBE como aditivo. Para aumentar el octanaje sin aditivos, es necesario prolongar el proceso de refinación, lo cual sube el precio.

Pongo como ejemplo la cadena de gasolineras Sheetz, que tiene disponibles los combustibles con los siguientes octanajes:

87 Regular sin plomo, E10.

89 Plus. Regular.

93 Super.

FF. Flex Fuel E85.

88 Regular sin plomo, E15.

90 Super libre de etanol.

Diferencia de precio entre gasolina E0 y E10 en Houston y su trasfondo económico ^{clii}

En el mercado mayorista de Houston (U.S. Gulf Coast), la diferencia de precio por galón entre la gasolina sin etanol (E0) y la gasolina mezclada con 10% de etanol (E10), ambos con octanaje equivalente (por ejemplo, 87 AKI), suele ser insignificante o prácticamente nula. En ocasiones, E10 puede incluso ser marginalmente más barata, debido al menor costo del etanol frente a la gasolina base.

Sin embargo, esta aparente paridad de precios no refleja el costo real de producción, por dos razones fundamentales:

Subsidios agrícolas al maíz

El maíz, principal materia prima del etanol en EE. UU., recibe apoyo mediante subsidios federales,

programas de seguros agrícolas y pagos por conservación. Estos mecanismos reducen artificialmente el costo del maíz y, por ende, del etanol derivado.

Subsidios históricos al etanol y mandatos de mezcla

Aunque el crédito tributario directo a los mezcladores (VEETC: Volumetric Ethanol Excise Tax Credit) expiró en 2011, la demanda de etanol sigue asegurada por el mandato federal de mezcla obligatoria (Renewable Fuel Standard – RFS), que exige que se mezclen volúmenes mínimos de biocombustibles con gasolina, lo cual garantiza mercado y reduce riesgos para los productores.

Conclusión técnica

La diferencia de precio entre E0 y E10 en Houston puede parecer mínima o nula, pero no refleja condiciones de mercado libres. Está influida por décadas de políticas públicas que han subvencionado tanto la materia prima

(maíz) como la cadena de valor del etanol.

Cualquier comparación de precios debe tomar en cuenta que las mezclas E10 provocan un incremento en el consumo de combustible de alrededor de hasta 6%, debido a la menor densidad energética del etanol respecto a la gasolina, como explicaremos más adelante.

El programa de etanol en Panamá fracasó. El precio del etanol importado resultó más alto que el beneficio proyectado.

En Bolivia, el precio del etanol acordado con los ingenios es alto y ha resultado más costoso para el Estado que importar gasolina convencional, agravando el déficit fiscal. Para sostenerlo, el gobierno tuvo que destinar millones en subsidios, generando críticas de sectores económicos.

En mercados como Guatemala, donde no existen esos subsidios ni excedentes agrícolas, replicar los precios de Houston para E10 sería

inviabile sin un costo fiscal o social oculto. Además, cualquier diferencia de precio debería ponderarse frente a los costos adicionales por corrosión, incompatibilidad vehicular o infraestructura no adaptada.

Hay que tomar en cuenta la exoneración al Impuesto al Valor Agregado (IVA) sobre importaciones y el Impuesto Sobre Distribución de Petróleo y Derivados (IDP) que tiene el etanol en Guatemala.

Los costos logísticos deben ser considerados objetivamente e incluidos en la ecuación.

La gran interrogante es cuánto costará la actualización de la infraestructura.

Los importadores de combustible estiman una inversión de US\$50 millones.

Para el sector gasolinero, calculamos USD \$67 a \$98 millones para el sector gasolinero, sin contar daños colaterales o demanda insatisfecha.

Este total no incluye costos de modernización del sistema de distribución, transporte (cisternas), ni gestión nacional de residuos contaminados (*slop* o gasolina degradada).

Todo este costo será trasladado al precio por galón de la gasolina y eventualmente al público consumidor.

En Guatemala, el precio del etanol obligatorio ha sido un tabú, desde que se anunció su implementación.

Ante la pregunta: ¿Es más caro que la gasolina? Esta es la respuesta típica del gobierno:

“El precio puede variar según distintos factores, incluidos los costos de producción y distribución. Sin embargo, al ser un producto nacional, su uso puede contribuir a reducir la factura petrolera nacional y disminuir la dependencia de combustibles importados, de conformidad con el MEM.” ^{cliii}

Conclusiones

Etanol obligatorio en Guatemala:
¿Héroe o villano? Una verdad que no
se puede simplificar

Este libro ha explorado a fondo la propuesta de introducir el etanol obligatorio en Guatemala, particularmente en su mezcla con gasolina (E10). A lo largo de los capítulos, hemos evidenciado que no se trata de una decisión técnica aislada, sino de una política pública con implicaciones profundas en los ámbitos económico, social, legal, ambiental y ético.

1. Más allá del discurso verde

El etanol ha sido promovido como un biocombustible “limpio” y “renovable”, pero esta narrativa ignora realidades fundamentales: desde los impactos en

el precio de los alimentos, hasta la presión sobre recursos hídricos y su dudosa reducción neta de gases de efecto invernadero. En países como Guatemala, donde la infraestructura vehicular y de almacenamiento no está adaptada, el costo de la transición puede ser superior al beneficio prometido.

2. Costos ocultos, riesgos visibles

Los estudios y comparaciones internacionales incluidos aquí demuestran que:

Las estaciones de servicio necesitarían costosas adaptaciones.

Muchos vehículos y motocicletas sufrirían daños o requerirían mantenimiento más frecuente.

El precio del combustible podría aumentar, afectando principalmente a los sectores más vulnerables.

El sistema de distribución y control presenta riesgos de monopolización disfrazada de sostenibilidad.

3. Falta de consulta y transparencia

Una de las críticas centrales ha sido la forma en que se ha promovido esta medida: sin participación ciudadana, sin estudios de impacto ampliamente

divulgados, y sin considerar alternativas más viables. Las decisiones de política energética deben construirse desde la evidencia y el diálogo, no desde intereses opacos.

4. Sostenibilidad con justicia

El desarrollo sostenible no puede imponerse con decretos autoritarios, sino construirse desde un enfoque integral que:

Respete la realidad económica de la población.

Considere soluciones tecnológicas más inclusivas y apropiadas.

Evite la captura del discurso ambiental para beneficios privados.

5. Propuesta para el futuro

Este libro no se opone al etanol en sí, sino a su imposición arbitraria y sin planificación. Guatemala merece una transición energética justa, progresiva y transparente.

Urge:

Establecer mesas técnicas con participación multisectorial.

Realizar estudios independientes y públicos de impacto.

Abrir el mercado a la competencia tecnológica.

Educar al consumidor sobre los riesgos y beneficios reales.

El etanol no es héroe ni villano en sí mismo. Pero imponerlo sin preparación, sin transparencia y sin equidad, convierte a una posible solución en un nuevo problema.

Del autor



Pepo Toledo

Nació en la ciudad de Guatemala en 1951. Su pasión por los autos lo indujo a participar en competencias (1969-1976) y comenzar su carrera en esa área. En 1974 se graduó en tecnología automotriz en National Schools, de los Ángeles, California, EUA. En 1993 obtuvo la licenciatura en economía en la Universidad Mariano Gálvez, de Guatemala.

Pepo Toledo es pionero de la gasolina sin plomo en Centroamérica. experto en tecnología automotriz y economista especializado en control de emisiones. En 1991 logró que Guatemala se convirtiera en el primer país del mundo en quitar de golpe el plomo de la gasolina. Escribió tres libros sobre esta problemática: 1993 *La gasolina sin plomo, el medio ambiente y la economía*. 1996 *Control de la contaminación del aire*. 2023. *Implicaciones del etanol obligatorio - Caso de Guatemala*.

En 1996, con apoyo de Pro Eco, implantó el programa de gasolina sin plomo en Centroamérica y Panamá.

Fue columnista de Prensa Libre (1991-1999), director de la

Asociación de Gerentes de Guatemala (1991-1993), presidente de Asociación Guatemalteca de Historia Natural (1994-2008), desde donde impulsó la reconstrucción del Parque Zoológico Nacional La Aurora. Fue vicepresidente del consejo directivo del Instituto Nacional de Electrificación (1996-1999). Dirigió la Superintendencia de Telecomunicaciones de Guatemala (1999-2000), fue presidente del Foro latinoamericano de Entes Reguladores de Telecomunicaciones (1999), presidente de la Comisión Nacional de Energía Eléctrica (2004-2007), vicepresidente de la Asociación Iberoamericana de Entidades Reguladoras de Energía (2005-2007), Comisionado Presidencial para la Reestructuración y Modernización del Sistema Penitenciario (2007), Gerente General del Organismo Judicial (2023-2024). Dejó estructurada la Sistematización del Proceso Judicial.

Es experto en conectividad. Pepo Toledo y Enrique Godoy García – Granados diseñaron el Plan de Gobierno Municipal 2024-2028. Sebastián Arzú Alcalde.

Siempre ha librado una tenaz lucha contra los monopolios y privilegios. Como regulador, formó parte importante en la apertura de los mercados de Telecomunicaciones y Electricidad en Guatemala. En 2005 el Manhattan Institute for Public Policy Research declaró: “Guatemala está mucho más avanzada que Estados Unidos en el desarrollo de las telecomunicaciones”. El modelo de electricidad de Guatemala se considera ejemplar.

Es Presidente de Fundación Mario Monteforte Toledo (2000-2008, 2018-). Con el sello de la Fundación editó 11 libros, produjo un largo metraje y 11 documentales con el objetivo de documentar a los grandes valores de la cultura guatemalteca. Es un reconocido promotor y difusor cultural.

Ha escrito 23 libros, múltiples ensayos y artículos, e impartido conferencias de diversos temas.

Su continuo contacto con el mundo del arte le llevó en el año 2010 a sacar lo que llevaba adentro. Así comenzó una exitosa carrera de escultor. Ha hecho 64 exposiciones individuales y 60 esculturas públicas en Alemania, Ginebra, París, La Haya, Amsterdam,

Turquía, Washington D.C, Israel, México, Costa Rica y Guatemala, entre otros. Su exposición insignia *Esculturas peligrosas* es portadora de un llamamiento a un nuevo estado de conciencia, *-Creacionismo-* donde condena los excesos del arte contemporáneo y propone la vuelta del arte a la estética, aunada a la verdad y los valores morales. Sus obras están en el Museo José Luis Cuevas, Museo Diego Rivera, Museo del Automóvil en Puebla, Colección La sala del tiempo de Nivada en México, Museo del Chocolate en México, Museo de las Américas OEA en Washington D.C., Museo del Holocausto en Jerusalén, Museo Nacional de Arte de Guatemala (MUNAG), y en colecciones privadas en Francia, Alemania, Suiza, España, Holanda, Turquía, Estados Unidos, Canadá, Colombia y Centroamérica entre otros.

En la actualidad comparte sus escritos y actividades artísticas con su vida de empresario.

Referencias

ⁱ <https://www.prensalibre.com/economia/brasil-le-apuesta-a-guatemala-para-la-produccion-y-uso-de-etanol-como-solucion-alterna-a-los-altos-precios-de-los-combustibles-y-reduccion-de-emisiones/>

ⁱⁱ https://lahora.gt/lh-economia/andrea-solorzano/2022/11/23/etanol-en-gt-para-2024-aliado-para-dejar-la-dependencia-del-petroleo/?utm_medium=Social&utm_source=Twitter#Echobox=1669206332-1

ⁱⁱⁱ https://www.prensalibre.com/economia/por-estas-razones-el-gobierno-plantea-uso-generalizado-de-etanol-en-gasolinas/?utm_source=modulosPL&utm_medium=inkinterno&utm_campaign=ux

^{iv} Prensa Libre, Guatemala, 16 de agosto de 2023

^v <https://canalantigua.tv/2024/08/12/acuerdo-ministerial-que-aplaza-para-2026-la-mezcla-de-etanol-con-gasolina-en-guatemala/#:~:text=Como%20resultado%2C%20la%20obligaci%C3%B3n%20de,la%20importancia%20de%20combustibles%20f%C3%B3siles.>

^{vi} <https://www.prensalibre.com/economia/los-ministros-de-economia-y-de-energia-y-minas-renunciaron-a-sus-cargos-el-mismo-dia/>

vii

viii <https://www.prensalibre.com/economia/la-cc-declaro-inconstitucionales-varios-articulos-de-la-ley-de-alcohol-carburante-que-data-de-1985-por-que-es-importante/>

ix

https://www.google.com/search?q=Producci%C3%B3n+de+etanol+por+hect%C3%A1rea+Az%C3%BAcar+Brasil.+7%2C000+Its%2Fha+India.+5%2C200+Its%2Fha+Ma%C3%ADz+EU+4%2C000+Its%2Fha+Trigo+UE+1%2C900+Its%2Fha&rlz=1C1GIVA_enGT900GT900&oq=Producci%C3%B3n+de+etanol+por+hect%C3%A1rea+Az%C3%BAcar+Brasil.+7%2C000+Its%2Fha+India.+5%2C200+Its%2Fha+Ma%C3%ADz+EU+4%2C000+Its%2Fha+Trigo+UE+1%2C900+Its%2Fha&gs_lcrp=EgZjaHJvbWUyBggAEEUYOdIBBzc4NGowajeoAgiwAgHxBboFBLIEt9bR&sourceid=chrome&ie=UTF-8

x <https://chatgpt.com/share/6834e2fe-b8ec-8000-ab95-12ef5073f874>

xi

<https://www.biodiversidadla.org/Documentos/Etanol-en-la-gasolina-traera-mas-riesgos-ambientales-a-Costa-Rica>

xii <https://www.soy502.com/articulo/cc-da-libre-reglamento-sobre-etanol-101902>

xiv <https://www.redalyc.org/pdf/707/70780102.pdf>

xv <https://www.fao.org/3/x7352s/x7352s03.htm>

xvi

<https://www.mordorintelligence.com/es/industry-reports/methyl-tertiary-butyl-ether-mtbe-market>

xvii <https://www.altonivel.com.mx/economia/etanol-alternativa-ante-los-altos-precios-de-gasolinas-falta-que-mexico-lo-autorice/>

xviii <https://mem.gob.gt/wp-content/uploads/2024/03/Acuerdo-Ministerial-281-2023.pdf>

^{xix} <https://es.wikipedia.org/wiki/Nitropropano>

^{xx}

<https://www.globalgrowthinsights.com/es/market-reports/methyl-tert-butyl-ether-mtbe-market-100314>

^{xxi} <https://oduvanchik-him.ru/en/info-en/news/top-7-of-most-popular-octane-boosting-additives-for-refineries>

^{xxii}

https://es.wikipedia.org/wiki/Poder_calor%C3%ADfico

^{xxiii} <https://www.sirloonggas.com/other-products/mtbe/methyl-tert-butyl-ether.html>

^{xxiv} <https://chatgpt.com/share/6834e2fe-b8ec-8000-ab95-12ef5073f874>

^{xxv}

https://www.google.com/search?q=Pregunta+Al+usar+10%25+de+etanol%2C+el+consumo+de+combustible+aumenta+6%25.+Esto+se+debe+a+que+el+etanol+tiene+menor+densidad+energ%C3%A9tica%2C+no+importando+si+es+de+ca%C3%B1a+o+de+ma%C3%ADz.+La+diferencia+entre+el+contenido+energ%C3%A9tico+es+m%C3%ADnima.+Las+calor%C3%ADas+equivalen+a+la+cantidad+total+de+energ%C3%ADa.&rlz=1C1GIVA_enGT900GT900&oq=Pregunta+Al+usar+10%25+de+etanol%2C+el+consumo+de+combustible+aumenta+6%25.+Esto+se+debe+a+que+el+etanol+tiene+menor+densidad+energ%C3%A9tica%2C+no+importando+si+es+de+ca%C3%B1a+o+de+ma%C3%ADz.+La+diferencia+entre+el+contenido+energ%C3%A9tico+es+m%C3%ADnima.+Las+calor%C3%ADas+equivalen+a+la+cantidad+total+de+energ%C3%ADa.&gs_lcrp=EgZjaHJvbWUyBggAEEUYOdIBBzgzMmo wajeoAgiwAgHxBYFOVESyT8K9&sourceid=chrome&ie=UTF-8

^{xxvi} <https://chatgpt.com/share/68af8e1f-7248-8000-bb71-66268c55b0ec>

^{xxvii} <https://es.wikipedia.org/wiki/Ozono>

^{xxviii}

https://www.academia.edu/44416186/La_gasolina_sin_plomo_el_medio_ambiente_y_la_econom%C3%ADa_por_Pepo_Toledo_Libro_electr%C3%B3nico

^{xxix} <https://www.forbes.com.mx/prohibicion-de-etanol-en-ciudades-frena-inversiones-por-250-mdd/>

^{xxx} <https://www.agenciasinc.es/Noticias/El-uso-de-etanol-en-lugar-de-gasolina-aumenta-la-contaminacion-por-ozono-en-Sao-Paulo>

^{xxxi}

https://repositorio.tec.mx/bitstream/handle/11285/569305/DocsTec_7346.pdf?sequen

^{xxxii}

<http://www.managenergy.net/conference/0511cvf/joseph.pdf>

^{xxxiii} <https://chatgpt.com/c/6823d9ab-4934-8000-af17-c44fc89a5f5a>

^{xxxiv} <https://www.auto10.com/reportajes/emisiones-de-co2-que-contamina-mas-un-gasolina-o-un-diesel#:~:text=En%20todos%20los%20casos%2C%20gasolina,gasta%20menos%2C%20tendr%C3%A1%20menos%20emisiones.>

^{xxxv} <https://news.umich.edu/study-biofuels-increase-rather-than-decrease-heat-trapping-carbon-dioxide-emissions/>

^{xxxvi} <https://www.solerpalau.com/es-es/blog/dioxido-de-carbono/>

^{xxxvii}

https://www.academia.edu/79241234/ETANOL_PR_OS_Y_CONTRAS_por_Pepo_Toledo

^{xxxviii}

^{xxxix}

<https://www.biodiversidadla.org/Documentos/Etanol-en-la-gasolina-traera-mas-riesgos-ambientales-a-Costa-Rica>

^{xl} <https://kunakair.com/es/dioxido-de-carbono/>

^{xii} https://www.cemda.org.mx/wp-content/uploads/2017/10/CEM_Calidad_combustibles.pdf/www.fao.org/zhc/detail-events/es/c/1037245/#:~:text=Adem%C3%A1s%20de%20ser%20una%20fuente,de%20efectivos%20purificadores%20de%20aire

^{xiii} <https://www.uab.cat/web/sala-de-prensa/detalle-noticia/los-suelos-o-las-plantas-absorberan-mas-co2-a-medida-que-aumenten-los-niveles-de-carbono-en-la-atmosfera-pero-no-ambos-1345667994339.html?noticiaid=1345839645948#:~:text=%E2%80%9CCuando%20una%20planta%20muere%2C%20parte,o%20milenios%E2%80%9D%2C%20explic%C3%B3%20Terror.>

^{xiii} <https://www.eltiempo.com/vida/medio-ambiente/las-actividades-que-fomentan-la-deforestacion-en-la-amazonia-373694>

^{xiv} <https://chatgpt.com/share/6834e2fe-b8ec-8000-ab95-12ef5073f874>

^{xlv}

https://www.academia.edu/90628586/La_hipocres%C3%ADa_de_la_cumbre_del_clima_COP27_por_Pepto_Toledo

^{xlvi} <https://www.rankia.com/blog/game-over/3113785-ciclos-glaciales>

^{xlvii}

<https://www.lavanguardia.com/magazine/20120113/54244359259/guatemala-valle-del-polochic-cultivos-maiz-combustible-conflicto-otto-perez-molina.html#foto-4>

^{xlviii}

<https://www.lavanguardia.com/magazine/20120113/54244359259/guatemala-valle-del-polochic-cultivos-maiz-combustible-conflicto-otto-perez-molina.html#foto-4>

xlix

https://es.wikipedia.org/wiki/Debate_entre_comida_y_combustibles

I

<https://www.unicef.org/guatemala/informes/cambio-clim%C3%A1tico-en-guatemala>

^{li} <https://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/gases-efecto-invernadero-que-son-hacen>

^{lii} <https://www.plazapublica.com.gt/content/la-crisis-climatica-es-una-emergencia-de-derechos-humanos#:~:text=Guatemala%20es%20uno%20de%20los,para%20enfrentar%20lo%20que%20vino.>

^{liii} <https://chequeado.com/el-explicador/que-sabemos-sobre-la-orden-ejecutiva-que-firmo-trump-para-que-estados-unidos-abandone-el-acuerdo-de-paris-y-que-supone-esta-medida-en-la-lucha-contrael-cambio-climatico/>

^{liv} <https://www.bbc.com/news/world-us-canada-40138062>

^{lv} <https://acrguatemala.com/etanol/>

^{lvi}

<https://www.oas.org/en/sedi/dsd/energy/doc/biocombustiblesguatemala.pdf>

^{lvii}

^{lviii}

<https://www.redalyc.org/pdf/5075/507550794005.pdf>

^{lix} <https://blog.gilbarco.com/latam/ventajas-y-desventajas-del-abanderamiento-estacion#:~:text=Se%20considera%20estaci%C3%B3n%20de%20bandera,sin%20la%20intervenci%C3%B3n%20de%20socios.>

^{lx} https://mem.gob.gt/wp-content/uploads/2012/05/REV-EST_1ER_SEM_2012WEB.pdf

^{lxi} <https://chatgpt.com/share/6834e2fe-b8ec-8000-ab95-12ef5073f874>

^{lxii} <https://chatgpt.com/share/6834e2fe-b8ec-8000-ab95-12ef5073f874>

^{lxiii} ChatGPT4

^{lxiv}

<https://www.youtube.com/watch?v=VE0eosSnX6k>

^{lxv} https://mem.gob.gt/wp-content/uploads/2012/05/REV-EST_1ER_SEM_2012WEB.pdf

^{lxvi}

[https://es.wikipedia.org/wiki/Implementaci%C3%B3n#:~:text=\(Dist%C3%ADngase%20siempre%20el%20t%C3%A9rmino%20implementaci%C3%B3n,lo%20que%20se%20est%C3%A1%20realizando\).](https://es.wikipedia.org/wiki/Implementaci%C3%B3n#:~:text=(Dist%C3%ADngase%20siempre%20el%20t%C3%A9rmino%20implementaci%C3%B3n,lo%20que%20se%20est%C3%A1%20realizando).)

^{lxvii} <https://ojoalclima.com/articulos/mezcla-de-gasolina-con-etanol-continua-sin-fecha-definida-tras-fallido-intento-de-implementacion>

^{lxviii}

https://www.gacetaoficial.gob.pa/pdfTemp/29998_B/103808.pdf

^{lxix}

<https://www.laestrella.com.pa/panama/nacional/en-trada-programa-postergan-biocombustibles-IDLE285850>

^{lxx} <https://canalantigua.tv/2024/08/12/acuerdo-ministerial-que-aplaza-para-2026-la-mezcla-de-etanol-con-gasolina-en-guatemala/#:~:text=Como%20resultado%2C%20la%20obligaci%C3%B3n%20de,la%20importancia%20de%20combustibles%20f%C3%B3siles.>

^{lxxi}

http://news.bbc.co.uk/hi/spanish/latin_america/newsid_6434000/6434463.stm

^{lxxii}

https://energypedia.info/images/4/4b/GIZ_Especificaciones_etanol_2010.pdf

lxxiii

<https://biblus.us.es/bibing/proyectos/use/abreproy/20045/fichero/4.-+Pliego+de+Condiciones+T%C3%A9cnicas.pdf>

lxxiv

https://energypedia.info/images/4/4b/GIZ_Especificaciones_etanol_2010.pdf

lxxv https://mem.gob.gt/wp-content/uploads/2012/05/4._RTCA_Transporte_de_liquidos.pdf

lxxvi https://www-sciencedirect-com.translate.google.com/science/article/abs/pii/S0010938X1500222X?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=es&_x_tr_hl=es&_x_tr_pto=sge#:~:text=En%20resumen%2C%20la%20literatura%20existente,acuosas%20y%20mezclas%20acuosas%20dorg%C3%A1nicas.

lxxvii https://www-sciencedirect-com.translate.google.com/science/article/abs/pii/S0016236113003487?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=es&_x_tr_hl=es&_x_tr_pto=sge#:~:text=Aluminum%20is%20susceptible%20to%20rapid,corrosion%20rates%20of%20aluminum%20alloys.

lxxviii <https://www.prensalibre.com/c-studio/casos-internacionales-lo-confirman-despachar-mezcla-de-gasolina-con-10-de-etanol-es-de-facil-y-rapida-implementacion-para-gasolineras/>

lxxix <https://chatgpt.com/share/6834e2fe-b8ec-8000-ab95-12ef5073f874>

lxxx [233773342789-lic.s3.eu-central-](https://233773342789-lic.s3.eu-central-1.amazonaws.com+2Ministerio de Energía y Minas.+2Ministerio de Energía y Minas.+2osinergmin.gob.pe+2Ministerio de Energía y Minas.+2233773342789-lic.s3.eu-central-1.amazonaws.com+2.)

lxxxi [osinergmin.gob.pe+2Ministerio de Energía y Minas.+2233773342789-lic.s3.eu-central-](https://osinergmin.gob.pe+2Ministerio de Energía y Minas.+2233773342789-lic.s3.eu-central-1.amazonaws.com+2.)

lxxxii serprogas.com.gt+3Ministerio de Energía y Minas.+3osinergmin.gob.pe+3.

^{lxxxiii} mineco.gob.gt+9Ministerio de Energía y Minas.+9faolex.fao.org+9

^{lxxxiv} <https://www.soy502.com/articulo/este-ultimo-reporte-parque-vehicular-101902>

^{lxxxv} <https://www.prensalibre.com/economia/estos-vehiculos-ya-suman-el-45-del-total-del-parque-vehicular-en-el-pais-y-su-mercado-aumenta-cada-ano-debido-principalmente-a-tres-factores/>

^{lxxxvi} <https://www.icex.es/content/dam/es/icex/documentos/quienes-somos/donde-estamos/red-exterior/guatemala/DOC2021896148.pdf>

^{lxxxvii}

<https://esmovilidad.transportes.gob.es/noticias/la-antiguedad-del-parque-de-vehiculos-espanol-ha-subido-un-70-en-los-ultimos-anos#:~:text=La%20antig%C3%BCedad%20del%20parque%20de%20veh%C3%ADculos%20ha%20subido%20un%2070,se%20superan%20los%2014%20a%C3%B1os.>

^{lxxxviii} <https://www.lanacion.com.ar/estados-unidos/la-edad-promedio-de-los-autos-en-estados-unidos-refleja-un-sorprendente-cambio-de-tendencia-nid26062024/#:~:text=La%20situaci%C3%B3n%20de%20los%20pa%C3%ADses,pa%C3%ADses%20en%20desarrollo%20es%20mayor.>

^{lxxxix}

<https://d35t1syewk4d42.cloudfront.net/file/1989/Fuel-Ethanol-Industry-Guidelines-Specifications-2018.pdf>

^{xc} <https://www.nacion.com/opinion/foros/foro-la-experiencia-de-brasil-con-el-etanol/JBK3ZLDQDRG2PEDQBM63RBNRIY/story/#:~:text=En%20Brasil%2C%20toda%20la%20flota,que%20aparezcan%20problemas%20o%20desgastes.>

xci

<https://d35t1syewk4d42.cloudfront.net/file/1989/Fuel-Ethanol-Industry-Guidelines-Specifications-2018.pdf>

xcii

xciii

https://www.google.com/search?q=non+ethano+gas+in+usa+composition&rlz=1C1GIVA_enGT900GT900&oq=non+ethano+gas+in+usa+composition&gs_lcrp=EgZjaHJvbWUyBggAEEUYOTIJCAEQIRgKGKABMgkIAhAhGAoYoAHSaQkyNDgxNGowajeoAgCwAgA&sourceid=chrome&ie=UTF-8

^{xciv} <https://www.quora.com/Is-it-even-possible-to-buy-gasoline-anymore-that-does-not-contain-ethanol-in-the-US>

^{xcv} <https://www.berico.com/berico-non-ethanol-gas/#:~:text=Non%2Dethanol%20gasoline%2C%20of%20ten%20referred,it%20an%20ethanol%2Dfree%20option.>

^{xcvi} La información para la elaboración de este capítulo fue proporcionada por Asociación de Importadores de Motocicletas (ASIM) de Guatemala.

^{xcvii}

<https://www.icex.es/content/dam/es/icex/documentos/quienes-somos/donde-estamos/red-exterior/guatemala/DOC2021896148.pdf>

^{xcviii}

<https://www.youtube.com/watch?v=VE0eosSnX6k>

^{xcix} <https://chatgpt.com/share/6834e2fe-b8ec-8000-ab95-12ef5073f874>

^c <https://chatgpt.com/share/686177b5-8a1c-8000-98bc-53bd3d2d627c>

ci

<https://d35t1syewk4d42.cloudfront.net/file/1989/Fuel-Ethanol-Industry-Guidelines-Specifications-2018.pdf>

^{cii} <https://shop.bellperformance.com/products/mix-i-go-gasoline-additive>

^{ciii} <https://www.amazon.com/-/es/Tratamiento-concentrado-gasolina-etanol-Performance/dp/B006JCNQ86?th=1>

^{civ} <https://www.shell.com.gt/oils-lubricants/helix-for-cars/helix-fully-synthetic/shell-helix-ultra-a5-b5-0w-30.html>

cv

<https://www.scielo.org.mx/pdf/iit/v13n3/v13n3a4.pdf>

cvi

<https://www.facebook.com/guevaramotorsrt/photos/a.1698708960240009/1732381903539381/?type=3>

^{cvii} <https://vanguardia.com.mx/dinero/usar-etanol-en-tu-auto-no-es-tan-recomendable-INV63369010>

cviii

<https://mecanicaparatodosblog.wordpress.com/2018/09/03/ethanol-y-flex-fuel/>

cix

https://anmotoristas.org/noticia_desarrollada.php?cod=2629&seccion=171

cx

<https://www.scielo.org.mx/pdf/iit/v13n3/v13n3a4.pdf>

^{cx} <https://www.race.es/poder-calorifico-y-otros-combustibles>

cxii

<https://mecanicaparatodosblog.wordpress.com/2018/09/03/ethanol-y-flex-fuel/>

cxiii

<https://www.qualco.com.ec/post/soluci%C3%B3n-al-impacto-del-azufre-en-los-motores>

cxiv [https://www.indsci.com/es/industrial-scientific-tipos-de-gases-di%C3%B3xido-de-azufre-so2#:~:text=El%20di%C3%B3xido%20de%20azufre%20es%20un%20gas%20altamente%20t%C3%B3xico%20que,forma%20%C3%A1cido%20sulf%C3%BArico%20\(H2SO4\).](https://www.indsci.com/es/industrial-scientific-tipos-de-gases-di%C3%B3xido-de-azufre-so2#:~:text=El%20di%C3%B3xido%20de%20azufre%20es%20un%20gas%20altamente%20t%C3%B3xico%20que,forma%20%C3%A1cido%20sulf%C3%BArico%20(H2SO4).)

cxv

<https://www.intertaller.com/noticia/%C2%BFcu%C3%A1l-es-la-vida-%C3%BAtil-del-catalizador-%C2%BFsab%C3%ADas-que-tambi%C3%A9n-depende-de-tus-h%C3%A1bitos-de>

cxvi <https://www.oica.net/wp-content/uploads/ethanol-guideline-final-26mar09.pdf>

cxvii <https://www.cise.com/portal/notas-tecnicas/item/302-an%C3%A1lisis-de-los-gases-de-escape-de-los-motores-de-combusti%C3%B3n-interna.html>

cxviii

https://www.academia.edu/44423093/Control_de_la_contaminaci%C3%B3n_del_aire_por_Pepo_Toledo_Libro_electr%C3%B3nico

cxix <https://chatgpt.com/c/68252758-0df0-8000-97c2-e86379d24040>

cxx

https://www.google.com/search?q=2005+problemas+de+la+implemenacion+del+etanol+en+colombia&rlz=1C1GIVA_enGT900GT900&oq=2005+problemas+de+la+implemenacion+del+etanol+en+colombia&gs_lcrp=EgZjaHJvbWUyBggAEEUYOTIJCAEQIRgKKGAB0gEJMTczOTFqMGo3qAIAA&sourceid=chrome&ie=UTF-8

cxxi

<https://www.youtube.com/watch?v=VE0eosSnX6k>

cxxii

cxxiii <https://chatgpt.com/share/6834e2fe-b8ec-8000-ab95-12ef5073f874>

cxxiv <https://chatgpt.com/share/6834e2fe-b8ec-8000-ab95-12ef5073f874>

cxxv <https://chatgpt.com/share/6860869e-7a0c-8000-a714-315d77f647b1>

cxxvi <https://chatgpt.com/share/6834e2fe-b8ec-8000-ab95-12ef5073f874>

cxxvii

<https://www.youtube.com/watch?v=VE0eosSnX6k>

cxxviii <https://chatgpt.com/share/6834e2fe-b8ec-8000-ab95-12ef5073f874>

cxxix <https://chatgpt.com/share/6834e2fe-b8ec-8000-ab95-12ef5073f874>

cxxx <https://chatgpt.com/share/6834e2fe-b8ec-8000-ab95-12ef5073f874>

cxxxi <https://chatgpt.com/share/6834e2fe-b8ec-8000-ab95-12ef5073f874>

cxxxii [https://old.etipbioenergy.eu/value-chains/products-end-use/products/etbe#:~:text=Ethyl%20Tertiary%20Butyl%20Ether%20\(ETBE,pipelines%20and%20engines%20than%20ethanol.](https://old.etipbioenergy.eu/value-chains/products-end-use/products/etbe#:~:text=Ethyl%20Tertiary%20Butyl%20Ether%20(ETBE,pipelines%20and%20engines%20than%20ethanol.)

cxxxiii https://mem.gob.gt/wp-content/uploads/2021/01/BID-Informe_final_Etanol_REDD_Enero2020.pdf

cxxxiv

<https://www.uv.es/iarribas/wikibase/Varios/esicart.pdf>

cxxxv

<https://d35t1syewk4d42.cloudfront.net/file/1989/Fuel-Ethanol-Industry-Guidelines-Specifications-2018.pdf>

cxixvi

<https://www.facebook.com/guevaramotorsrt/photos/a.1698708960240009/1732381903539381/?type=3>

cxixvii

https://www.academia.edu/79241234/ETANOL_PR_OS_Y_CONTRAS_por_Pepo_Toledo

cxixviii

<https://www.lavanguardia.com/magazine/20120113/54244359259/guatemala-valle-del-polochic-cultivos-maiz-combustible-conflicto-otto-perez-molina.html#foto-4>

cxixxix https://www.cemda.org.mx/wp-content/uploads/2017/10/CEM_Calidad_combustibles.pdf
<https://www.fao.org/zhc/detail-events/es/c/1037245/#:~:text=Adem%C3%A1s%20de%20ser%20una%20fuente,de%20efectivos%20purificadores%20de%20aire>

cxl

<https://www.biodiversidadla.org/Documentos/Etanol-en-la-gasolina-traera-mas-riesgos-ambientales-a-Costa-Rica>

cxli <https://www.eltiempo.com/vida/medio-ambiente/las-actividades-que-fomentan-la-deforestacion-en-la-amazonia-373694>

cxlii

https://omal.info/IMG/pdf/cana_palma_acumulacion_y_dominio.pdf

cxliiii <https://www.auto10.com/reportajes/emisiones-de-co2-que-contamina-mas-un-gasolina-o-un-diesel/588#:~:text=En%20todos%20los%20casos%20%20gasolina,gasta%20menos%20%20tendr%C3%A1%20menos%20emisiones.>

cxliv

https://repositorio.tec.mx/bitstream/handle/11285/569305/DocsTec_7346.pdf?sequen

cxlv

<https://www.scielo.org.mx/pdf/iit/v13n3/v13n3a4.pdf>

cxlvi

<https://www.intertaller.com/noticia/%C2%BFcu%C3%A1l-es-la-vida-%C3%BAtil-del-catalizador-%C2%BFsab%C3%ADas-que-tambi%C3%A9n-depende-de-tus-h%C3%A1bitos-de>

^{cxlvii} <http://www.ahorremosgasolina.org/>

^{cxlviii} <https://www.auto10.com/reportajes/emisiones-de-co2-que-contamina-mas-un-gasolina-o-un-diesel/588#:~:text=En%20todos%20los%20casos%2C%20gasolina,gasta%20menos%2C%20tendr%C3%A1%20menos%20emisiones.>

cxlix

https://repositorio.tec.mx/bitstream/handle/11285/569305/DocsTec_7346.pdf?sequen

^{cl} <https://www.forbes.com/prohibicion-de-etanol-en-ciudades-frena-inversiones-por-250-mdd/>

cli

<https://repositorio.uvg.edu.gt/xmlui/bitstream/handle/123456789/109/Trabajo%20de%20graduaci%C3%B3n%20Estefani%20Saravia%202014.pdf?sequence=1>

^{cii} <https://chatgpt.com/share/6834e2fe-b8ec-8000-ab95-12ef5073f874>

^{ciii} <https://www.prensalibre.com/guatemala/uso-de-etanol-en-guatemala-preguntas-frecuentes/>