

402071

21 JUN 1972



P.-50.837

P - 843

MEMORIA DESCRIPTIVA

para solicitar PATENTE DE INVENCION por 20 años

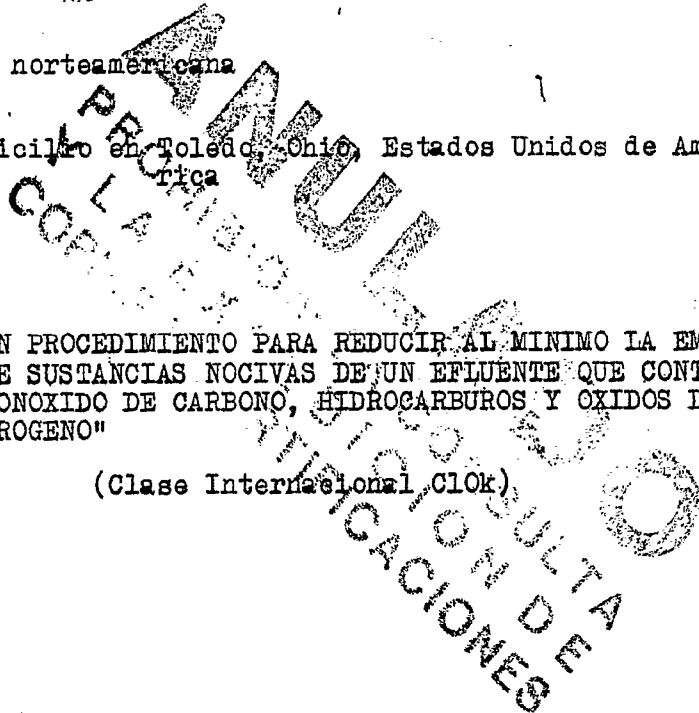
a nombre de QUESTOR CORPORATION

entidad norteamericana

con domicilio en Toledo, Ohio, Estados Unidos de América

por: "UN PROCEDIMIENTO PARA REDUCIR AL MINIMO LA EMISION DE SUSTANCIAS NOCIVAS DE UN EFLUENTE QUE CONTIENE MONOXIDO DE CARBONO, HIDROCARBUROS Y OXIDOS DE NITROGENO"

(Clase Internacional C10k)



21



Campo de la invención

Esta invención se refiere a la contaminación del
aire ocasionada por el efluente gaseoso de combustibles hi-
drocarburados quemados que se descarga a la atmósfera, y a
5 mitigar la contaminación atmosférica tratando el efluente
gaseoso antes de descargarlo para reducir al mínimo las sus-
tancias contaminantes contenidos en él. Más particularmente
la invención trata el efluente gaseoso mediante una combina-
ción de etapas sucesivas para eliminar y/o disminuir su con-
10 tenido en hidrocarburos, monóxido de carbono, óxidos de hi-
trógeno y otros gases, mediante su conversión en dióxido de
carbono, nitrógeno, vapor de agua y otros gases no contami-
nantes.

Técnica anterior

15 La descarga de un efluente gaseoso que proviene
de la combustión de combustibles hidrocarburados a la atmós-
fera, es una fuente reconocida de contaminación del aire.
Los motores de combustión interna se sabe que expulsan a la
atmósfera efluentes de escape que contienen cantidades sus-
20 tanciales de hidrocarburos, monóxido de carbono y óxidos de
nitrógeno indeseables. Estos materiales indeseables por in-
troducción en la atmósfera dan como resultado la contamina-
ción atmosférica. Existe mucha actividad para superar este
problema de contaminación del aire evitando y/o reduciendo
25 al mínimo la introducción en la atmósfera de efluentes de

21 JUN 1972



escape que contienen materiales indeseables.

Un procedimiento teórico para eliminar y/o reducir al mínimo la contaminación del aire, ocasionada por emisiones de escape descargadas a la atmósfera, sería tomar medidas para la combustión completa del combustible hidrocarburoado, descargando con ello un efluente de escape exento o relativamente exento de otros productos distintos del dióxido de carbono, agua y nitrógeno. Sin embargo, los motores de combustión interna en los vehículos de motor, son intrínsecamente incapaces de funcionar proporcionando el estado estacionario y continuo y combustión más completa obtenible en aparatos de tipo de llama continua y aparatos de combustión similares. En un motor de combustión interna alimentado por gasolina que acciona un vehículo a motor, ocurren un gran número de combustiones individuales dentro de un tiempo corto y se repiten proporcionando la producción de energía mecánica deseada. El funcionamiento del vehículo exige también condiciones del motor tales como que debe ponerse en funcionamiento tanto en estado frío como en estado caliente, debe ser capaz de funcionar en vacío, debe funcionar uniformemente en un intervalo amplio de potencia desarrollada, debe permitir la aceleración y desaceleración rápida, así como permitir la circulación del vehículo a velocidad constante a numerosas velocidades, y semejantes. En épocas específicas se han impuesto diversas exigencias y como resul

21



tado directo de las mismas el efluente de escape del motor
varía en composición al variar las exigencias específicas
del motor.

5 Teóricamente para la combustión completa de com-
bustibles hidrocarburoados se requiere una proporción este-
quiométrica de aire y combustible. Podría intentarse propor-
cionar una combustión más completa en el motor y producir
así un efluente de escape resultante del mismo que contuvie-
ra sólo productos inócuos. No obstante, los esfuerzos en es-
10 te sentido encuentran un problema adicional en el hecho de
que se utiliza comunmente aire para la combustión y el aire
contiene nitrógeno. Bajo diversas condiciones de funciona-
miento del motor, algo de este nitrógeno se convierte en
óxidos de nitrógeno cuya subsiguiente descarga con el efluen-
15 te de escape contribuye a la contaminación del aire. Así
pues, con los motores de vehículos existentes en la actuali-
dad, que funcionan en gran manera con combustión incompleta
de una mezcla de combustible hidrocarburoado/aire, el efluen-
te de escape procedente de los mismos incluye porcentajes
20 diversos de monóxido de carbono, hidrocarburos sin quemar,
carbono, óxidos de nitrógeno y otros gases, así como, en ge-
neral, diversos compuestos gaseosos de azufre, plomo, bromo,
cloro, fósforo, etc. (estos diversos compuestos gaseosos
surgen cuando se encuentran presentes impurezas o proceden
25 de diversos aditivos que se incluyen en el combustible que-

21



mado). Por consiguiente existe la necesidad de tratar los efluentes de escape de los motores para eliminar o al menos reducir a niveles aceptables el contenido en hidrocarburo, monóxido de carbono, y óxidos de nitrógeno del efluente de escape.

5

Mediante la exposición siguiente se ilustran diversos procedimientos y esfuerzos de la técnica para responder a esta necesidad: Un procedimiento ha sido buscar aparatos de combustión distintos del motor de combustión interna convencional para accionar vehículos. El esfuerzo encaminado a modificar el motor de combustión interna de la actualidad para proporcionar en él una combustión más completa para hacer disminuir de este modo el contenido en sustancias contaminantes de su efluente de escape, es otro procedimiento. Adicionalmente, pueden hacerse recircular porciones del efluente de escape para ser incluidas con la mezcla de aspiración de aire/combustible. Esto puede hacer disminuir eficazmente las temperaturas de combustión, lo que a su vez retarda la formación de óxidos de nitrógeno. Todavía en otro procedimiento, se utilizan dispositivos del tipo de combustión retardada, por ejemplo reactores térmicos o convertidores catalíticos, para oxidar adicionalmente los componentes oxidables o reducir químicamente los componentes reducibles en el efluente de escape antes de la descarga en la atmósfera. Incluso en algunos otros procedimientos, se

10

15

20

25



propugnan y enseñan diversas combinaciones de lo anterior. Sin embargo, hasta la fecha, ninguno de los procedimientos ha proporcionado una solución satisfactoria que reúna la aceptación comercial y las normas para las emisiones buscadas y deseadas por los gobiernos y la industria.

Del máximo interés para el procedimiento de la presente invención son aquellos procedimientos usados con motores de combustión interna, que incluyen un tratamiento del efluente de escape de oxidación y/o reducción química. Las enseñanzas ilustrativas de los mismos incluyen: la Patente de EE.UU. Nº 3.220.179, de Bloomfield, que se refiere a un dispositivo catalítico de combustión retardada para purificar los gases de escape de un motor de combustión interna. Para hacer funcionar este dispositivo se introduce aire atmosférico, excepto durante el funcionamiento del motor en régimen, al efluente de escape antes de su paso sobre un medio catalítico. La introducción de aire actúa proporcionando un efecto de combustión retardada favoreciendo la combustión de sustancias sin quemar que existen en el efluente de escape. El medio catalítico actúa acelerando la combustión de los hidrocarburos sin quemar y otras fracciones nocivas. El catalizador, cuando no se admite aire durante el funcionamiento en régimen, opera en un medio de bajo contenido en oxígeno favorable para el procedimiento de oxidación - reducción, con lo que el monóxido

21 JUN 1972



xido de carbono reacciona con óxido nítrico produciendo dióxido de carbono y nitrógeno. Bajo condiciones de funcionamiento durante las que se suministra aire, el mismo catalizador en presencia de este aire adicional actúa también como catalizador para la combinación de oxígeno con monóxido de carbono e hidrocarburos sin quemar.

La Patente de EE.UU. Nº 3.581.490, de Morris, se refiere a un tratamiento de gases de escape, en el que los óxidos de nitrógeno del gas de escape se reducen mediante monóxido de carbono en presencia de un catalizador y el efluente de escape tratado procedente de la reducción se somete a un sistema de oxidación, que incluye la adición de aire, para oxidar el monóxido de carbono y los hidrocarburos, utilizándose la elevada temperatura de este efluente oxidado para precalentar el gas de escape que pasa a la zona de reducción catalítica para los óxidos de nitrógeno.

La Patente de EE.UU. Nº 3.544.264, de Hardison, indica un tratamiento catalítico en dos etapas, de gases de escape de motores, haciendo pasar la corriente gaseosa de escape caliente, sin enfriar y sin añadir aire, a través de una primera sección de catalizador para efectuar la reducción de óxidos de nitrógeno y después mezclar aire con la corriente resultante que pasa a través de un catalizador en la segunda etapa para efectuar una oxidación más completa del monóxido de carbono y de los hidrocarburos

21 JUN 1975



sin quemar.

La Patente de EE.UU. Nº 3.406.515, de Behrens, se refiere a un sistema de escape de combustión retardada delante de un reactor catalítico. Una introducción de aire controlada en proporción al menos estequiométrica, adyacente y aguas abajo de las válvulas de escape, proporciona al menos una conversión de 30 por ciento del contenido de hidrocarburos inicialmente presente en los gases de escape, antes de que entren en el reactor catalítico donde una combustión retardada posterior reduce los hidrocarburos sin quemar. Cuando la temperatura en el catalizador excede de 871°C se proporcionan medios para hacer descender su temperatura mediante paso en derivación o rodeo del lecho catalítico.

También son de interés procedimientos que llevan consigo una combustión retardada térmica para introducir aire o un fluido oxidante en las aberturas de las válvulas antes de un reactor catalítico tal como se ilustra en: las patentes de EE.UU. Nºs. 3.247.666, 3.402.550 y 3.247.665, de Behrens; y la Patente de EE.UU. Nº 3.495.950, de Barber y colaboradores. Existen varias y numerosas publicaciones que ilustran además el estado de la técnica, tales como las publicaciones de la "Society of Automotive Engineers", Nºs. 710289, 710291, 710293 y 720209. Las enseñanzas de la técnica anterior son muy abundantes y sólo unas pocas han



sido mencionadas.

Resumen de la invención

La presente invención reside en un método para el tratamiento del efluente gaseoso procedente de un combustible hidrocarburado que ha ardido incompletamente y en etapas particulares de tratamiento que incluyen su combinación y los resultados proporcionados, así como también el orden sucesivo de aplicación de las etapas, diversos parámetros del procedimiento y detalles de funcionamiento, como será evidente de la descripción presentada en esta Memoria, que incluye figuras de dibujo y como se indica particular y específicamente en los ejemplos concretos y en las reivindicaciones adjuntas.

Descripción de los dibujos

La FIGURA 1 es un diagrama de flujo esquemático en formato de bloque del método de la invención.

La FIGURA 2 es un dibujo esquemático de una realización de aparato utilizable para la ejecución del método de la invención.

La FIGURA 3 es un dibujo esquemático de una vista longitudinal en corte transversal tomada sobre la línea 3-3 de una parte del aparato de la FIGURA 2, para ilustrar con mayor claridad la construcción y funcionamiento de tal parte.

La FIGURA 4 es una gráfica ilustrativa que mues-



tra la disminución en el tubo final de los óxidos de nitrógeno que llegan a la entrada del dispositivo CPR respecto a la cantidad de aire introducida en la primera etapa y el contenido en oxígeno y monóxido de carbono del efluente que llega al dispositivo CPR, como se aplica el Ejemplo 2 que se describe más adelante.

La FIGURA 5 es una gráfica ilustrativa que muestra el caudal de aire en la etapa 1 y la etapa 3 de la invención, como se utiliza en el Ejemplo 3 que se describe más adelante.

Descripción detallada de la invención

Como se ha indicado en líneas generales, el método de la invención consiste en el tratamiento de los productos gaseosos de la combustión incompleta de combustibles hidrocarburoados, mediante las etapas sucesivas de oxidación limitada, reducción química y oxidación. Más específicamente, el método de la invención trata un efluente gaseoso procedente de la combustión incompleta de un combustible hidrocarburoado mediante las etapas sucesivas de: (1) oxidación de una parte de los constituyentes oxidables totales del efluente, sin agotar completamente el contenido en monóxido de carbono del efluente, mediante introducción en el efluente de una cantidad eficaz de un gas que contiene oxígeno; (2) exposición de dicho efluente a medios ambientales (descritos posteriormente en detalle) eficaces



para reducir químicamente los óxidos de nitrógeno que existen en el efluente a nitrógeno y oxidar una parte adicional del monóxido de carbono e hidrógeno del efluente a dióxido de carbono y agua, respectivamente; (3) exposición de dicho efluente a un gas que contiene oxígeno en una cantidad eficaz, al menos, para oxidar adicionalmente los constituyentes oxidables restantes del efluente.

En toda esta descripción se emplea repetidamente la expresión "reducción química". Tal y como se emplea en esta descripción, esta expresión significa reducción en el sentido químico clásico, a saber, la disminución de un estado de valencia. Por ejemplo, en esta descripción se hace referencia repetidamente a la reducción de óxidos de nitrógeno. Por ejemplo, en la reducción de óxido nítrico, NO, a nitrógeno, el nitrógeno varía desde el estado de valencia +2 hasta el estado de valencia 0. En este ejemplo, se efectuó la reducción del óxido nítrico, en el sentido químico clásico.

Con referencia a los dibujos, en los que se emplea el mismo número para componentes semejantes, la FIGURA 1 es un diagrama de flujo esquemático del procedimiento de la invención. En la FIGURA 1 un efluente gaseoso que procede de un combustible hidrocarburado incompletamente quemado, circula sucesivamente a través de tres etapas de tratamiento y sale de éstas como efluente purificado. En la primera etapa



de tratamiento, se introduce en el efluente un gas que con
tiene oxígeno en cantidad suficiente para llevar a cabo una
oxidación limitada del efluente, y tiene lugar una oxida-
ción limitada de los constituyentes oxidables de dicho
5 efluente. En la segunda etapa, el efluente parcialmente oxi
dado se somete a una zona de reducción química, que puede
ser catalítica. En la tercera etapa, se introduce en el
efluente tratado procedente de la segunda etapa, un gas que
contiene oxígeno y tiene lugar una oxidación adicional para
10 eliminar y/o disminuir adicionalmente el nivel de constitu-
yentes oxidables que quedan en el efluente tratado.

Las FIGURAS 2 y 3 ilustran un aparato adecuado
para la práctica del método de la invención. En estas FIGU-
RAS se ilustra una parte de un motor de combustión interna
15 10 del tipo de pistón de vaivén, cuyo motor 10 incluye un
bloque de cilindros 11 y una culata de cilindros 12. Dis-
puesto en situación adyacente a la culata de cilindros 12
se encuentra un miembro alargado hueco o reactor colector
13, la construcción del reactor colector incluye una placa
20 o chapa 14 y una pluralidad de medios tubulares 15, 16 y 17
que unen el reactor colector 13 con la placa 14.

La placa 14 está asegurada a la culata de cilin-
dros 12 por medios adecuados (que no se indican). El reac-
tor colector o miembro hueco 13 recibe el efluente de esca-
25 pe procedente de los cuatro cilindros en la parte ilustrada

21 JUN 1972
10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25
MEXICO

de la culata de cilindros 12. La FIGURA 2 ilustra una parte de un motor de ocho cilindros en forma de V y se proporciona una distribución similar de un miembro alargado 13, placa 14 y medios tubulares de paso de gas 15, 16 y 17 en el lado opuesto del motor.

En la realización ilustrada, el miembro alargado o reactor colector 13, es de forma generalmente cilíndrica y recibe el efluente de escape a través de los medios 15, 16 y 17 en una zona interior I rodeada por el miembro 13. Dispuesto en una región separada del reactor colector 13 se encuentra un dispositivo colector posterior REVERTER 18. El aparato de esta invención recibe el nombre de sistema Reverter y el procedimiento de esta invención el procedimiento Reverter. El dispositivo colector posterior Reverter 18, constituye parte del sistema Reverter al que se denomina más adelante el dispositivo CPR. El reactor colector 13 está conectado por un medio tubular o tubo 19 al dispositivo 18.

Se suministra aire mediante la bomba de ventilación accionada por el motor 9 y circula a través de un medio tubular central o conducto de paso de aire 20, en el interior y a través de una pluralidad de medios tubulares ramificados o conductos individuales de paso de aire 21, 22, 23 y 24, y desde aquí circula a medios tubulares 15, 16 y 17, con el conducto 21 introduciendo aire en el medio

21 JUL 1967



tubular 15, los conductos 22 y 23 introduciendo aire en el medio tubular 16 y el conducto 24 introduciendo aire en el medio tubular 17. Al practicar el método de la invención, el aire que procede de los conductos 21, 22, 23 y 24 entra
5 en los medios tubulares 15, 16 y 17 y se mezcla con el efluente de escape caliente procedente de los cilindros del motor y tiene lugar la primera etapa de la invención, es decir, la oxidación limitada. La oxidación limitada tiene lugar fundamentalmente en el interior de la zona I del reactor colector 13, aun cuando una parte de la oxidación
10 limitada tiene lugar aguas arriba de éste, dentro de los medios tubulares 15, 16 y 17, así como también aguas abajo del mismo, tal como dentro del tubo 19 y la cámara 33.

Se suministra aire mediante la bomba de ventilación 9 y circula a través de un medio tubular de aire o
15 conducto de paso de aire 26 al dispositivo CPR 18. El dispositivo 18 de la realización ilustrada es de configuración tubular en general, con un medio de revestimiento tubular externo o alojamiento 27. El dispositivo 18 en su ex
20 tremo aguas arriba recibe el efluente tratado procedente de la zona I, a través del tubo 19. El extremo aguas arriba del dispositivo 18 está cerrado por un medio de tapa terminal o placa 28, excepto por una abertura del tubo 19 al dispositivo 18. El extremo aguas abajo del dispositivo
25 18 está cerrado por un medio de tapa terminal o placa 29



21 JUN 1972

excepto por una abertura a un medio tubular o tubo de salida 30 para que el efluente circule hasta la salida, procedente del dispositivo 18, después de su tratamiento en éste.

5 En el interior del dispositivo 18 están situados una pluralidad de tabiques 31. En la realización ilustrada los tabiques 31, perforados, agujereados o foraminosos, están situados en sentido perpendicular al alojamiento 27, y se extienden hasta ponerse en contacto y estar unidos al alojamiento 27 por medios de unión que no se indican, estando colocados en el dispositivo 18. Cuando se utiliza un catalizador específico, por ejemplo, cobre, el catalizador puede encontrarse presente en forma de recubrimiento sobre las superficies de los tabiques 31 y/o sobre la superficie interior del dispositivo 18. El medio tubular de aire 26 entra en el alojamiento 27 del dispositivo 18 aguas abajo y en una situación en proximidad estrecha con la pluralidad de tabiques 31. El medio tubular de aire 26 dentro del alojamiento 27 es un tubo perforado o medios porosos 32 que se extiende al alojamiento 27 para distribuir aire en el interior del alojamiento 27.

15 Al practicar el método de la invención, el efluente que circula procedente del reactor colector 13 pasa por medio del tubo 19 al dispositivo 18. En el interior del dispositivo 18 el efluente que circula pasa a través de los ta



biques 31 y allí se efectúa la segunda etapa de la invención, es decir, la reducción química. La FIGURA 3 incluye una zona denominada en general zona de reducción química II, para ilustrar donde se efectúa la reducción química.

5 La mayor parte de la reducción química se efectúa en las proximidades de una región limitada por la pluralidad de tabiques 31 y en el interior de dicha región, aun cuando parte de la reducción química puede tener lugar aguas arriba de los tabiques 31. El efluente que circula procedente de los tabiques 31, y que poco después emerge de éstos, se mezcla con aire introducido a través del medio tubular de aire 26 y el tubo perforado 32. Al mezclar el aire introducido con el efluente que circula, se inicia la tercera etapa de la invención, es decir, la oxidación. La oxidación

10 tiene lugar fundamentalmente cerca del tubo perforado 32 y aguas abajo del mismo, en el interior del dispositivo 18, en una zona designada en general como zona III, aun cuando la oxidación continúa en alguna extensión, además, aguas abajo teniendo lugar una parte de la oxidación dentro del tubo de salida 30. De acuerdo con esta invención un efluente purificado sale del tubo 30.

15

20

En la solicitud española titulada "Un sistema para tratar gases de escape procedentes de la combustión incompleta de combustibles hidrocarburados", Nº 402.072, presentada el mismo día que esta solicitud, figura una des

25

21



cripción detallada de un aparato adicional para emplear se
gún esta invención.

Más particularmente y como realización descripti
va general ilustrativa del método de la invención, se hace
5 funcionar un motor de combustión interna de ignición por
chispa alimentado por gasolina, con una carburación rica,
lo que significa que la proporción real de aire a combusti
ble en las cámaras de combustión es inferior a la propor
ción estequiométrica teórica requerida para llevar a cabo
10 la combustión completa de los hidrocarburos presentes, a
dióxido de carbono y agua. En estas condiciones de funcio
namiento, el efluente de escape del motor contiene niveles
relativamente elevados (es decir, desde el punto de vista
de la contaminación) de hidrocarburos sin quemar y monóxido
15 de carbono, y una cantidad apreciable de óxidos de ni
trógeno. El efluente de escape contiene una gran cantidad
de nitrógeno, una cantidad relativamente grande de dióxido
de carbono, vapor de agua, hidrógeno y una pequeña canti
dad de oxígeno. Se añade al efluente un gas que contiene
20 oxígeno tal como aire, en una cantidad limitada menor de
la necesaria para llevar a cabo la oxidación completa de
los constituyentes oxidables del efluente de escape. Como
resultado de esta oxidación parcial, la temperatura del
efluente aumenta significativamente. Este efluente calien
25 te se expone entonces a medios ambientales para reducir

12-6-72

- 17 -

21 JUN 1972

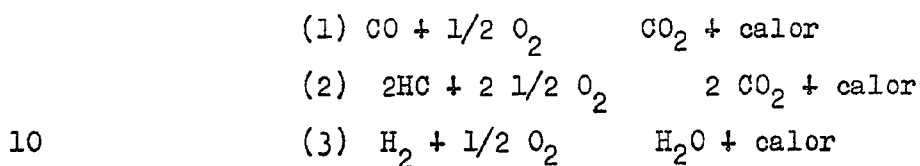
químicamente los óxidos de nitrógeno a nitrógeno y oxidar el monóxido de carbono y el hidrógeno adicionales a dióxido de carbono y agua, respectivamente (por ejemplo, el efluente que se encuentra a una temperatura comprendida entre 843°C y 982°C se hace pasar a través de una cámara que contiene tabiques de acero inoxidable). El efluente después de pasar a través de estos medios ambientales, tiene una concentración más baja en óxidos de nitrógeno: Después se introduce en este efluente un gas que contiene oxígeno, tal como aire, en cantidad eficaz para oxidar sustancialmente los restantes constituyentes oxidables. El efluente resultante ahora está constituido esencialmente por: nitrógeno, vapor de agua, dióxido de carbono, oxígeno, hidrógeno y cantidades muy pequeñas de otros gases.

Sin entrar en detalles de las diversas reacciones químicas que tienen lugar por la combustión incompleta de un combustible hidrocarburado en un motor de combustión interna, basta saber que el efluente gaseoso de escape procedente del mismo contiene, en general, cantidades diversas de hidrocarburos sin quemar, monóxido de carbono, dióxido de carbono, hidrógeno, agua, óxidos de nitrógeno, amoníaco, nitrógeno y otros gases. Para los propósitos de esta invención la concentración de monóxido de carbono del efluente estará comprendida entre 0,1 y 15 por ciento, siendo un intervalo más preferido el comprendido entre 5 y

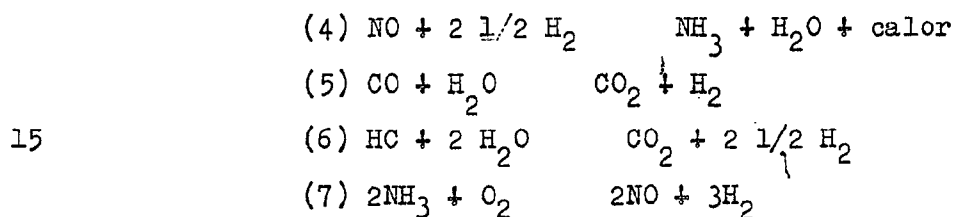
21 JUN 1972

10 por ciento, estando comprendido el intervalo más preferido entre 7 y 10 por ciento.

5 Por combustión posterior de este efluente, como por ejemplo por adición limitada de aire al mismo, bajo las condiciones de combustión requeridas para el efluente, las reacciones que tienen lugar más probablemente, se describen mediante las ecuaciones siguientes:



A la vez que éstas también es posible el que tengan lugar las siguientes reacciones adicionales:



siendo posibles aún otras reacciones.

20 En la ecuación (2) así como en toda esta descripción, se emplea el término HC como nomenclatura abreviada para designar en general una molécula de hidrocarburo que está compuesta de átomos de hidrógeno y carbono. El empleo de este término simplifica y hace innecesario mencionar una molécula de hidrocarburo específica. El empleo del término HC está admitido comunmente en la técnica anterior.

25 Como resultado de la conversión de óxidos de ni-



trógeno por monóxido de carbono ha de entenderse por los expertos en la técnica, que la concentración de óxidos de nitrógeno del efluente inicial debe guardar relación con la concentración de monóxido de carbono del mismo. En general se prefiere que la concentración de óxidos de nitrógeno en el efluente inicial sea inferior a 700 PPM y más preferiblemente, inferior a 300 PPM.

Se encuentra que el conjunto de reacciones sumadas es de naturaleza exotérmica. Así pues, el contenido de calor sensible del efluente podría esperarse que aumentara y produjese una elevación de temperatura en el efluente. En la práctica se acusa un aumento de temperatura. Las reacciones sumadas indican también que el efluente, después de su oxidación limitada, podría contener cantidades decrecientes de monóxido de carbono, hidrocarburos, hidrógeno y óxido nítrico y cantidades crecientes de dióxido de carbono, agua y nitrógeno.

Tales aumentos y descensos esperados se observan al poner en práctica esta invención. El tratamiento del efluente de escape como se describe en esta Memoria, por adición de una cantidad limitada de un gas que contiene oxígeno, tal como aire, que produce una oxidación limitada en el efluente, se denomina la primera etapa de esta invención.

Los datos que figuran a continuación, ilustrati-

21 JUN.



vos de la misma, son típicos de un efluente de escape que resulta de la combustión de una mezcla de aire/gasolina con una proporción en peso de 10,1 a 1 en una operación en régimen estacionario de un motor de combustión interna y del mismo efluente después de ser sometido a una primera etapa de tratamiento de oxidación limitada.

TABLA I

Contenido del efluente de escape

	CO (ppm)	NO (ppm)	HC (ppm)	CO ₂ (%)	H ₂ (ppm)	N ₂ (%)	Temp. °C
10	84.000	93	2.560	10,9	31.800	78,1	637
	Antes de la oxidación limitada						
	21.000	71	9 - 39	15,6	9.600	81,3	995
	Después de la oxidación limitada (a)						

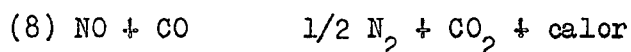
15 (a) Sin corregir para una dilución en ascenso debida al aire añadido que aumenta el volumen de efluente. Los valores relacionados se multiplican, excepto para el N₂, por aproximadamente 1,14 para obtener cantidades comparables. Todos los valores son valores anhidros.

Se apreciará de cuanto antecede que las reacciones más probables que ocurren durante la primera etapa de oxidación limitada de la invención son aquellas reacciones descritas por las ecuaciones (1), (2) y (3) teniendo lugar la reacción de la ecuación (2) más próxima a su término que las otras dos en la primera etapa. Sin embargo, los datos anteriores no excluyen que las otras reacciones descritas y aún otras posibles reacciones que no se mencionan,

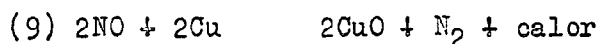


estén teniendo lugar también al mismo tiempo en alguna extensión. Cuando el efluente oxidado en proporción limitada sale de la primera etapa de oxidación limitada del procedimiento de la invención y entra en la segunda etapa de tratamiento de la invención, es probable que las diversas reacciones anteriores discutidas estén todavía teniendo lugar en alguna extensión y que diversos equilibrios de reacciones puedan no haberse estabilizado totalmente.

En la segunda etapa de la invención se proporciona un medio ambiental que conduce principalmente a disminuir el contenido en óxidos de nitrógeno del efluente. Este medio ambiental puede proporcionarse mediante condiciones físicas y parámetros de procedimiento y/o por medios catalíticos. El propósito de un catalizador es acelerar la velocidad a que una o más reacciones termodinámicamente posibles, se aproximan al equilibrio. En un sistema en el que son posibles varias reacciones, un catalizador ideal acelerará sólo aquellas reacciones que producen los productos deseados. Es sabido que la reacción siguiente es catalizable:



Por ejemplo, las reacciones que se indican a continuación deben anotarse con respecto a como el cobre puede catalizar la reacción de óxido nítrico - monóxido de carbono (8)

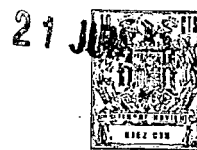




Existen numerosas enseñanzas de esta reacción de reducción del óxido nítrico/oxidación del monóxido de carbono, así como mecanismos mediante los que tiene lugar, y catalizadores adecuados para ella. Son particularmente adecuados para emplear en esta invención como catalizadores, miembros seleccionados del grupo que consta de metales soportados y sin soportar, así como óxidos metálicos y aleaciones y sus mezclas de los Grupos I-B y IV a VIII del sistema Periódico. Algunas de estas enseñanzas han sido citadas ya en la discusión de la técnica anterior de esta descripción. Algunas enseñanzas técnicas ilustrativas adicionales de la misma, pero sin incluir la totalidad, son la Patente de EE.UU. Nº 3.565.574, y Publicaciones de SAE 710291 y 710014, 11-15 de Enero, de 1971.

Son catalizadores adecuados para utilizar según esta invención aleaciones de acero inoxidable. Las aleaciones de acero inoxidable y sus formas adecuadas son: lana rizada de Monel 400, tela metálica de Monel 400, tela metálica de Inconel 600, tela metálica de 304SS, tela metálica de Inconel 600 con capa adherente de cobre, 304SS con capa adherente de cobre, aleación RA 330 con y sin capa adherente de cobre.

Además de éstos son útiles en esta invención catalizadores compuestos que comprenden fibras de vidrio so-



bre las que se han depositado óxido de cobre, cobre o platino.

La descripción anterior menciona varias aleaciones específicas; la composición de estas aleaciones se especifica en la Tabla la:

TABLA la^{*}

	ALEACION	CARBONO	NIQUEL	AZUFRE	HIERRO	SILICIO	CROMO	COBRE	MANGANESO
	Inconel 600	0,15	72	0,015	10	0,50	16	0,50	1,00
10	Monel 400	0,30	66	0,024	2,5	0,50	Resto		2,00
	RA 330	0,05	35	0,015	43	1,25	19		1,50
	304SS	0,08	10	0,030	Resto	1,00	19		2,00

* Todas las partes en tanto por ciento en peso.

15 Puede apreciarse que además de la reacción más probable (8), es decir la reducción catalítica de óxido nítrico por monóxido de carbono, son posibles otras reacciones, incluyendo reducciones catalíticas de óxido nítrico por hidrocarburos e hidrógeno (Reacciones (12) y (13) que 20 figuran a continuación). Asimismo en presencia de los catalizadores útiles para la reacción (8) y en especial ya que se encuentra presente agua, existen grandes probabilidades de una influencia dirigida por la reacción de intercambio 25 agua-gas (5) en la que está implicado el monóxido de carbono.



Como en la primera etapa del procedimiento de la invención, las reacciones que probablemente tienen lugar en la segunda etapa son, al menos varias, con muchas posibilidades de que cierto número tenga lugar simultáneamente. Apoyando la probabilidad de que tenga lugar la reacción (8), (así como las (9), (10) y (11) cuando se emplea un catalizador de cobre), está el pequeño carácter exotérmico notado, a saber, el pequeño aumento de temperatura del efluente al pasar a través de la zona de reducción de la segunda etapa. También apoyando el que tienen lugar estas reacciones está una disminución significativa en el contenido de óxidos de nitrógeno en la segunda etapa. Un exámen de datos típicos, indicados a continuación, de un efluente de escape después de su oxidación limitada, y en su entrada y salida de la segunda etapa, es ilustrativa de los efectos producidos por la segunda etapa de la invención.

20

TABLA 2

Contenido del Efluente de escape [¶]

25

	CO	NO	HC	CO ₂	O ₂	H ₂	N ₂	H ₂ O	NH ₃	Temp
	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(%)	(%)	(ppm)	(%)	(%)	(ppm)	°C
A la entrada de la etapa dos ^{¶¶}	21.000	71	9-39	15,6	1,3	9.600	81,3	11,0	0,5	995



TABLA 2 (contin.)

Después de salir de la etapa dos ^{***}	CO (ppm)	NO (ppm)	HC (ppm)	CO (% ²)	O ₂ (% ²)	H ₂ (ppm)	N ₂ (% ²)	H ₂ O (% ²)	NH ₃ (ppm)	Temp °C
	14.000	5	12	15,2	0,8	3.900	82,0	13,1	1,6	1.010

^{**}De un combustible hidrocarburado incompletamente quemado y después de la oxidación limitada del mismo en la primera etapa.

5 ^{***}Sin corregir para una dilución ascendente debido al aire añadido durante la oxidación limitada de la primera etapa que aumenta el volumen del efluente. Excepto para el nitrógeno y el oxígeno, los valores relacionados se multiplican por aproximadamente 1,14 para obtener cantidades comparables. Valores anhidros excepto para el H₂O

10 Aún después de que el efluente oxidado en forma limitada y reducido químicamente haya salido de la segunda etapa de esta invención y entre en la tercera etapa del procedimiento de la invención, hay probablemente un número significativo de las diversas reacciones anteriores que todavía están continuando en alguna extensión y también que 15 algunos de los diversos equilibrios de reacción no están estabilizados totalmente.

Al dejar la segunda etapa y poco después, se introduce aire en el efluente que circula y se efectúa la tercera etapa sucesiva del procedimiento de la invención. 20 El aire introducido, debido a su contenido en oxígeno, hace probable el que tengan lugar las reacciones de oxidación descritas por las ecuaciones (1) y (3). La reacción de la ecuación (2) tiene lugar probablemente en alguna extensión, aun cuando los análisis indican que es muy poco 25 el hidrocarburo restante que ha de ser oxidado. De forma

21 JUN 1972



5 semejante a como en las otras etapas, al entrar el efluente en la tercera etapa y durante la misma, muy posiblemente tienen lugar en alguna extensión varias de las reacciones ya mencionadas, y aún otras no mencionadas, probablemente con varios equilibrios de reacción no estabilizados totalmente. De particular importancia es la probabilidad de que la ecuación de intercambio agua-gas (5) juegue un papel importante en la disminución significativa del contenido de los componentes oxidables. Los datos de análisis

10 de la composición del efluente en varios lugares diferentes aguas abajo de la etapa de oxidación limitada, revelan que las cantidades relativas de monóxido de carbono, agua, dióxido de carbono e hidrógeno, se aproximan estrechamente a proporciones que satisfacen la constante de equilibrio

15 de la ecuación de intercambio agua-gas (5). Lo más probable es que las reacciones de las ecuaciones (1), (3) y (5) predominen en toda la tercera etapa del procedimiento de la invención. El examen de datos típicos y representativos de un efluente en circulación oxidado en forma limitada y

20 reducido químicamente, justamente antes del punto de inyección de aire en la tercera etapa y en lugar situado bien aguas abajo del punto de inyección de aire, apoya la idea anterior. Estos datos se enumeran en la Tabla 3.

25

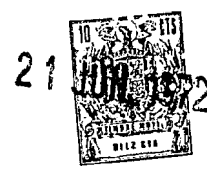


TABLA 3
 Contenido del Efluente de escape *

	CO	NO	HC	CO ₂	O ₂	H ₂	N ₂	Temp. °C
	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(%)	(%)	(%)	(%)	
5	Al entrar en la tercera etapa (a)							
	14.000	5	12	15,2	0,8	3.900	82,0	1.010
	A la salida del tubo final (b)							
	32	12	0	14,5	4,1	700	81,5	863
	* De combustible hidrocarburado incompletamente quemado después de la primera etapa de oxidación limitada y de la segunda etapa de reducción química del mismo.							
10	(a) Sin corregir para la dilución debida al aire añadido en la primera etapa de la invención. Excepto para el nitrógeno y el oxígeno los valores relacionados se multiplican por aproximadamente 1,14 para obtener cantidades absolutas. Todos los valores de esta Tabla son valores anhidros.							
15	(b) Sin corregir para la dilución debida al aire añadido en la primera etapa de la invención y el aire añadido seguidamente en la tercera etapa del método. Excepto para el nitrógeno y el oxígeno los valores relacionados se multiplican por aproximadamente 1,3 para obtener cantidades comparables.							

En la práctica del procedimiento de la invención, son de importancia un cierto número de parámetros y factores del procedimiento, y en especial para la práctica óptima y preferida del procedimiento. Es importante el que el efluente que se está tratando provenga de un combustible hidrocarburado incompletamente quemado, o al menos que el efluente que se está tratando por el procedimiento tenga la naturaleza y composición de los efluentes que proceden de un combustible hidrocarburado incompletamente quemado.

El efluente tratado, cualquiera que sea su origen,



contendrá monóxido de carbono y óxidos de nitrógeno y generalmente hidrocarburos y por tanto estos son los constituyentes particulares que se han de eliminar y/o disminuir mediante la práctica de esta invención. Las cantidades de estos tres constituyentes en el efluente pueden variar ampliamente siendo aplicable todavía el procedimiento de la invención. Generalmente, entre los tres, el monóxido de carbono se encontrará presente en la cantidad mayor, siendo la siguiente cantidad más grande la de los hidrocarburos presentes y constituyendo la cantidad menor los óxidos de nitrógeno presentes.

Con excepción del monóxido de carbono y probablemente el hidrógeno, los niveles particulares de las diversas cantidades de estos constituyentes del efluente carecen relativamente de importancia, en tanto que las cantidades presentes de componentes oxidables se aproximen, al menos, a cantidades que por combustión de los mismos proporcionen un calor de reacción exotérmico, suficiente para elevar la temperatura sensible del efluente que se está tratando hasta 843°C, en el momento de entrar en la segunda etapa. Debido a un efecto de equilibrado en la temperatura del método, la constante de equilibrio de la reacción de intercambio agua-gas (5) dicta, aparentemente, que cuando se especifica un contenido en monóxido de carbono se especifica también, indirectamente, un contenido en hidrógeno relacionado con

21 JUN 1972



aquel, si se mantienen constantes el agua y el dióxido de carbono. No todo el calor necesario para elevar la temperatura del efluente hasta 843°C por lo menos, (en el punto de entrada en la segunda etapa) ha de ser proporcionado por la reacción de la ecuación (1), deben y pueden contribuir también los calores exotérmicos de las reacciones de las ecuaciones (2) y (3). El nivel de monóxido de carbono en el efluente que se está tratando debe ser lo suficientemente elevado que sólo una parte del mismo se oxidará en la primera etapa.

La temperatura del efluente puede elevarse, en parte también, hasta por lo menos 843°C, empleando fuentes y medios de calefacción externa auxiliares.

Por consiguiente, en la primera etapa de esta in vención se introduce una cantidad de un gas que contiene oxígeno, tal como aire, inferior a la necesaria para la oxidación completa del monóxido de carbono. Se añade un gas que contiene oxígeno, tal como aire, en una cantidad eficaz para favorecer aquellas reacciones de oxidación que suministran calor exotérmico, hasta el grado de que la temperatura del efluente se eleva a por lo menos 843°C, teniendo en cuenta la contribución de calor, si hay alguna, procedente de medios y fuentes de calefacción externa auxiliares.

También dentro de tal intervalo de cantidades,



la cantidad máxima suministrada debe ser menor que la cantidad eficaz para oxidar completamente el monóxido de carbono existente. La cantidad estequiométrica de monóxido de carbono que permanece en el efluente después de la oxidación limitada debe ser mayor que la cantidad estequiométrica de los óxidos de nitrógeno existentes. Trabajando de esta manera el efluente oxidado en forma limitada que resulta, se encontrará en un estado muy adecuado para efectuar la segunda etapa de la invención, a saber, la reducción química, ya que su contenido en oxígeno libre será sumamente bajo y su contenido en monóxido de carbono alto, creando ambas condiciones un medio reductor y favoreciendo la reacción de la ecuación (8).

Una de las principales funciones de la segunda etapa es disminuir el contenido en óxidos de nitrógeno. Esto se efectúa a través de medios ambientales que incluyen condiciones físicas, parámetros de procedimiento y/o medios catalíticos. Es importante para los medios ambientales la temperatura, llevándose a cabo la segunda etapa a una temperatura superior en general a 843°C, lo más deseable, superior a 927°C y comprendida preferiblemente entre 941°C y 1.024°C. El límite superior de trabajo en lo que respecta a la temperatura viene impuesto solamente por los materiales específicos del aparato empleado. A las temperaturas empleadas tendrá lugar la reacción de la ecuación (8).



Per razones prácticas, que incluyen tamaño de aparato y tiempo de reacción disminuidos, es deseable en general que los medios ambientales incluyan un catalizador, aun cuando no es esencial una incorporación específica de catalizador, cuando el aparato interior está construido de materiales que son catalíticamente activos. Con tal construcción tendrá lugar la reducción química. Varios elementos metálicos existentes en diversos materiales de construcción, en especial níquel, hierro y cromo, y posiblemente materiales refractarios se convierten con bastante rapidez en forma de óxido por exposición al efluente, funcionando como catalizadores, tanto si se incluye específicamente como si no un catalizador que se "conoce en general como útil", tal como cobre. Esto no debe tomarse como que se excluye a cualquier catalizador incluido de constituir parte de un material refractario o de ser soportado por éstos, capaz de soportar temperaturas de trabajo útiles. Lo más conveniente y preferible cuando se emplea cobre o semejantes, es depositar o recubrir instantáneamente con cobre las superficies. Aunque los catalizadores, cuando se incluyen, pueden activarse antes del comienzo del procedimiento de la invención, tal activación previa es innecesaria con el catalizador que funciona aparentemente poco después de que el efluente procedente la primera etapa alcance la segunda etapa.

25 Preferiblemente se incluyen tabiques o algo seme-

21 JUN 1972



jante en el aparato de la segunda etapa para aumentar el
área de superficies de contacto para el efluente y facili-
tar el mezclado del efluente, con la probabilidad aumenta-
da de un contacto más completo de dicho efluente con las su-
5 perficies. Ventajosamente, son satisfactorias en la segunda
etapa de la invención, zonas superficiales catalíticas ba-
jas, en comparación con las zonas superficiales catalíticas
mayores necesarias con catalizadores que actúan a algunos
cientos de grados menos, consiguiéndose una disminución sig-
10 nificativa del contenido en óxidos de nitrógeno. Debe apre-
ciarse también que con materiales de construcción convencio-
nales de acero inoxidable y semejante, la reacción de la
ecuación (8) aparentemente tiene lugar en una extensión ra-
znable aguas arriba de la segunda etapa. En una práctica
15 típica que emplea los medios de aparato adecuados utiliza-
dos en un ejemplo que se describe después, una reducción li-
geramente superior a la mitad de los óxidos de nitrógeno to-
tales se consigue dentro del lecho de tabiques de la segun-
da etapa de la invención y el resto tiene lugar aguas arri-
20 ba de éste.

En la tercera etapa de la invención se introduce
en el efluente oxidado en forma limitada y reducido química-
mente, un gas que contiene oxígeno, preferiblemente aire.
La cantidad introducida es, por lo menos, la cantidad este-
25 quiométrica necesaria para oxidar los restantes constituyen

21 JUN 1972



tes oxidables, principalmente monóxido de carbono e hidrógeno, del efluente. Aún cuando puede trabajarse con cantidades menores, éste es a costa de no oxidar completamente los restantes constituyentes oxidables. Son útiles cantidades mayores, siendo aparentemente el unico límite operativo sobre la cantidad máxima útil, que la temperatura del efluente no se enfríe hasta una temperatura que no conduzca a la oxidación de los restantes constituyentes oxidables, a saber, que no conduzca principalmente a que tengan lugar las reacciones de las ecuaciones (1) y (3). Como es lógico desde el punto de vista práctico, la introducción de un gas que contiene oxígeno en cantidades sustancialmente mayores que la estequiométrica es también indeseable debido a razones económicas. Las cantidades más útiles de gas que contiene oxígeno, introducidas para la tercera etapa, están comprendidas entre 0,8 y 2 veces la cantidad estequiométrica para oxidar completamente los restantes constituyentes oxidables y la cantidad preferida está comprendida entre 1 y 1,5 veces la cantidad estequiométrica.

Además, con relación a esta invención, la cantidad de aire suministrada es una cantidad eficaz para proporcionar un efluente, después de oxidación limitada, que contenga al menos aproximadamente 1 por ciento de monóxido de carbono y menos de 5 por ciento de oxígeno. Para la operación particularmente deseable de la segunda etapa, el efluente



te oxidado en forma limitada para el tratamiento contiene, por lo menos, aproximadamente 2 a 3 por ciento de monóxido de carbono y menos de aproximadamente 0,3 por ciento de oxígeno.

5 En esta descripción se utiliza la expresión "oxidación por llama"; esta expresión significa que la oxidación se lleva a cabo a una temperatura tal que se emite energía luminosa.

10 En una operación típica del método de la invención bajo el Procedimiento Federal de Ensayo (PFE), como se describe más adelante, el contenido en monóxido de carbono de un efluente de escape disminuye aproximadamente el 98 por ciento, el contenido en hidrocarburos aproximadamente el 99 por ciento y el contenido en óxido nítrico aproximada
15 mente el 90 por ciento. Como ya se ha mencionado, más de la mitad de la disminución de óxido nítrico se efectúa en la segunda etapa con una parte adicional que se efectúa en la primera etapa. Sustancialmente toda la disminución del contenido en hidrocarburos se consigue en la primera etapa.
20 Más de la mitad de la disminución de monóxido de carbono se efectúa, generalmente, en la primera etapa, una pequeña cantidad adicional tiene lugar en la segunda etapa y el resto de la disminución de monóxido de carbono se consigue en la tercera etapa.

25 EJEMPLOS ILUSTRATIVOS ESPECIFICOS DE LA INVENCION

21 JUN 1972

EJEMPLO Nº 1

Se usó un vehículo equipado con un motor de 4097
cm³ de cilindrada. El vehículo estaba equipado con transmi
sión automática, bomba de aire accionada por el motor y un
5 carburador de 2 cuerpos.

Para obtener los datos de la línea de referencia
este vehículo y el motor, como se acaba de describir, se
hicieron funcionar con combustible Indolene Puro y se scme
tieron al ciclo de conducción del Procedimiento Federal de
10 Ensayo (PFE) (Federal Register, Vol. 33, Nº 108, 4 de Ju-
nio, 1968). La presión barométrica en el momento del ensa-
yo era de 751 mm. de Hg. La temperatura ambiente antes y
después del ensayo era de 23°C. En funcionamiento en vacío
en frío la velocidad del motor fué de 2000 rpm y en funcio
15 namiento en vacío en caliente de 750 rpm. El reglaje fué
de 12 grados Antes del punto muerto superior (APMS) a 900
rpm sin avance en vacío. En el funcionamiento en vacío sin
inyección de aire, el contenido en monóxido de carbono del
efluente de escape era de 3,9 por ciento en volumen. El
20 análisis del efluente gaseoso procedente del tubo de esca-
pe se hizo por medio de instrumentación analítica infrarro
ja no dispersiva (IRND). De acuerdo con el PFE los datos
evaluados, medidos para cada forma de cada ciclo, se corri
gieron y ponderaron y después se sumaron para cada ciclo
25 las concentraciones de hidrocarburo; monóxido de carbono y



óxido nítrico. La Tabla 4 representa los compuestos ciclo a ciclo y los compuestos finales, en circulación, para este ensayo que sirve de línea de referencia.

TABLA 4

5 Datos de la línea de referencia

Ciclo	Datos ponderados		
	HC (ppm)	NO (ppm)	CO (%)
1	25,70	43,19	0,40
2	12,73	58,67	0,18
3	11,61	62,14	0,09
4	12,61	75,96	0,09
5	(no leído)		
6	50,01	323,08	0,35
7	31,96	215,15	0,33
Suma de los ciclos 1-7	144,63	778,18	1,45
	1,04 g/Km	1,11 g/Km	19,47 g/Km.

15

Después de la obtención de los datos de la línea de referencia anterior a fines comparativos el vehículo se modificó adicionalmente del siguiente modo: se añadieron revestimientos interiores de lumbreras, en la culata del cilindro para ayudar a la retención del calor; los surtidores principales de combustible del carburador así como los orificios del surtidor de funcionamiento en vacío fueron alargados. Los colectores de escape y el resto del sistema de escape instalados por la fábrica fueron retirados y reemplazados por un equipo adecuado para la práctica del

20

25



procedimiento de la invención. Este equipo comprendía, para cada lado del motor, un reactor térmico para una parte de la oxidación limitada de la primera etapa, conectado a un dispositivo colector posterior Reverter (CPR) semejante al
5 ilustrado en las FIGURAS 2 y 3 para efectuar la reducción química de la segunda etapa y la oxidación subsiguiente de la tercera etapa. El dispositivo CPR se conectó a su vez a un tubo de escape. Los reactores térmicos tenían configuración tubular con un cuerpo interior de 7,5 cm de diámetro
10 de aleación RA-330 de 0,79 mm de espesor. El cuerpo interior estaba conectado a las cuatro lumbreras de cada grupo de cilindros del motor a través de cuatro tubos de conducción
de cilindros del motor a través de cuatro tubos de conducción
15 construidos de aleación RA-330 con dos tubos de conducción finales entrando en el cuerpo interior sobre su superficie cilíndrica y los dos tubos de conducción restantes
entrando en cada uno de los extremos del reactor térmico cilíndrico. El cuerpo cilíndrico de cada reactor térmico englobaba un volumen de aproximadamente 1.508 centímetros cúbicos y el área superficial total de cada reactor térmico
20 era de aproximadamente 980 cm². Se dispuso en cada abertura de escape del motor un tubo de inyección de aire dirigido hacia la válvula de escape. El tubo de salida procedente del reactor térmico era una extensión de uno de los tubos de conducción finales. Los reactores se aislaron exteriormente con tres capas de aislamiento de sílice-alúmina dispo
25



nible en el comercio. Una envoltura externa una lámina de 0,46 mm de espesor de acero inoxidable 304 se colocó sobre el aislamiento que rodeaba la parte cilíndrica del reactor térmico y se colocó aislamiento adicional en torno a los
5 tubos de conducción.

Los dispositivos CPR eran de forma oval de aproximadamente 8,8 cm por aproximadamente 15,6 cm de unos 30 cm de largo construidos con aleación RA-330 de 0,78 mm de espesor. Centrados en él y situados en ángulo recto respecto a la dirección de circulación del efluente, se encontraban cinco tabiques catalíticos, constandingo cada uno de los
10 tabiques de doce capas de alambre recubierto de cobre (York Nº 2144, 304SS, alambre de 0,28 mm). Inmediatamente aguas abajo de los tabiques, dos tubos de inyección de
15 aire entraban en el dispositivo CPR a través de la pared lateral estando centradas las salidas de los tubos en el dispositivo CPR. El tubo de salida procedente del reactor térmico estaba conectado al extremo aguas arriba del dispositivo CPR. Un tubo de salida se proyectaba desde el extremo
20 de salida del dispositivo CPR y estaba conectado a un tubo de escape. Los dispositivos CPR se aislaron también con tres capas de aislamiento y una envoltura externa de acero inoxidable 304 de 0,46 mm de espesor. Todas las conexiones así como el tubo de escape durante una distancia de 0,91 m aproximadamente aguas abajo del dispositi
25

21 JUN 1972



vo CPR, se aislaron con el aislamiento de sílice-alúmina antes mencionado. El tubo final estaba soportado por barras de suspensión destinadas a permitir la expansión térmica.

5 El vehículo así modificado y equipado se hizo funcionar con combustible Indolene puro y se ensayó según el PFE antes descrito. El reglaje se ajustó a 0 grados APMS a 620 rpm y sin avance en vacío. La velocidad del motor fue de 1700 rpm a funcionamiento en vacío en frío y de 650 rpm a funcionamiento en vacío en caliente. Durante los primeros 10 60 segundos aproximadamente del PFE la inyección de aire tuvo lugar solamente en las lumbreras de escape. En el funcionamiento en vacío el contenido en monóxido de carbono del efluente de escape era de aproximadamente 9 por ciento y a 15 régimen de velocidad elevado de aproximadamente 7-8 por ciento (estos valores se observaron sin inyectar aire en ningún punto). La presión barométrica en el momento del ensayo era de 750 mm. de Hg. La temperatura ambiente al comienzo del ensayo era de 23°C y al término del ensayo de 20 24°C. El análisis del gas efluente que salía de los tubos finales se llevó a cabo por instrumentación IRND. Según el PFE los datos evaluados medidos para cada forma de cada ciclo se corrigieron y ponderaron y después se sumaron para cada ciclo las concentraciones de hidrocarburo, monóxido de carbono y óxido nítrico. La Tabla 5 representa los compuestos ciclo por ciclo y los compuestos finales, en circula- 25

21 JUN 1972



ción

TABLA 5
Datos del ensayo

		Datos ponderados		
5	Ciclo	HC (ppm)	NO (ppm)	CO (%)
	1	1,17	3,90	0,07
	2	0,00	3,38	0,00
	3	0,00	2,10	0,00
	4	0,00	2,51	0,00
	5	(no leído)		
	6	0,00	7,31	0,00
10	7	0,00	7,10	0,00
	Suma de los ciclos 1-7	1,17	26,31	0,07
		0,006 g/Km	0,03 g/Km	0,88 g/Km

Se llevó a cabo una repetición del ensayo que acaba de describirse según el PFE con el mismo vehículo modificado, como se ha indicado anteriormente para la puesta en práctica del procedimiento de la invención. Las diferencias en el ensayo fueron: la velocidad en funcionamiento en vacío en frío fué de 1500 rpm; el reglaje se fijó en 5 grados APMS a 620 rpm y sin avance en vacío; durante los primeros 75 segundos del PFE, sólo se efectuó inyección de aire en las lumbreras de escape; la presión barométrica en el momento del ensayo era de 751 mm. de Hg.; y la temperatura ambiente al comienzo del ensayo fué de 22°C y al final del ensayo de 23°C. La Tabla 6 indica los datos que resultaron de este



ensayo

TABLA 6
Datos del ensayo

Ciclo	Datos ponderados		
	HC (ppm)	NO (ppm)	CO (%)
1	0,95	5,66	0,04
2	0,00	3,89	0,00
3	0,00	3,40	0,00
4	0,00	2,68	0,00
5	(no leído)		
6	0,00	5,87	0,00
7	0,00	9,03	0,00
Suma de los ciclos 1-7	0,95	30,53	0,05
	0,006 g/Km	0,037 g/Km	0,59 g/Km

Las medidas de temperatura durante los dos ensayos anteriores fueron registradas en diversos emplazamientos por pares termoelectrónicas, sobre el aparato instalado para la puesta en práctica de esta invención. La Tabla 7 que figura a continuación presenta datos ilustrativos de tales medidas de temperatura. Las temperaturas mostradas son aproximadamente temperaturas medias observadas durante el ciclo de conducción del PFE y reflejan sólo la operación estabilizada, lo que excluye el periodo de calentamiento inicial.



TABLA 7
Temperaturas medias observadas (°C) con el aparato de la invención

Emplaza miento Nº	<u>Ensayo Nº 1</u>		<u>Ensayo Nº 2</u>		
	<u>Grupo de cilindros izquierdo</u>	<u>Grupo de cilindros derecho</u>	<u>Grupo de cilindros izquierdo</u>	<u>Grupo de cilindros derecho</u>	
5	1	960	932	954	909
	2	1.065	1.065	1.043	1.038
	3	904	965	892	921

* Emplazamiento de los pares termoelectrónicos

1. En línea con una abertura de escape cerca del centro del reactor colector
2. Aproximadamente el centro de los tabiques en el dispositivo CPR
3. Aguas abajo de los tabiques en el dispositivo CPR

Con el propósito de establecer una comparación, los resultados de ensayo de la línea de referencia y los resultados de los dos ensayos con el equipo adecuado para la puesta en práctica del procedimiento de la invención se muestran en la Tabla 8. Todos los datos fueron obtenidos según el PFE partiendo del vehículo equipado con un motor de 4097 cm³ de cilindrada.

TABLA 8

Valores de las emisiones de la línea de referencia	Valores de las emisiones con el procedimiento de la invención	
	<u>1^{er} Ensayo</u>	<u>2^o Ensayo</u>
25 HC 1,04 g/Km	0,006 g/Km	0,006 g/Km

21



TABLA 8 (contin.)

Valores de las emisiones de la línea de referencia	Valores de las emisiones con el procedimiento de la invención	
	1er Ensayo	2º Ensayo
NO 1,11 g/Km	0,03 g/Km	0,037 g/Km
CO 19,47 g/Km	0,88 g/Km	0,59 g/Km

5 La comparación de los datos de la Tabla 8 anterior hace fácilmente perceptible la purificación significativa de efluentes gaseosos, obtenida mediante la práctica de la invención.

EJEMPLO Nº 2

10 Para obtener datos de línea de referencia con el propósito de establecer una comparación, se hizo funcionar de la manera siguiente un motor de 6555 cm³ de cilindrada, de 8 cilindros en forma de V acoplado a un dinamómetro. Se empleó combustible Indolene pure. Se efectuaron ajustes en el regulador o mariposa de la válvula de gases para hacer
15 funcionar el motor a una velocidad de 1300 rpm con un vacío de admisión en el colector de 0,50 kg/cm². La potencia desarrollada fué de 12,1 HP o equivalente a una velocidad de régimen de unos 51,5 Km/hora. El caudal de aire al carburador fué de 1,36 m³ en condiciones normales/minute y el
20 caudal de combustible de 0,11 kg/min con una proporción de aire a combustible de 14,6 a 1. En estas condiciones de funcionamiento se apreciaron las siguientes temperaturas estabilizadas del efluente de escape (°C):

25

21 JUN 1972

TABLA 9

	<u>Emplazamiento</u>	<u>Temperatura del efluente °C</u>
	En la lumbrera de escape	586
	0,91 m aguas abajo desde el colector de escape	499
5	Justamente antes de la entrada al silenciador de escape	387
	0,61 m aguas abajo desde la salida del silenciador de escape	305

10 Los datos representativos de la línea de referencia obtenidos promediando los datos evaluados y convirtiendo de las concentraciones de los gases húmedos en valores de gases secos, excepto para el agua, de los diversos constituyentes del efluente de escape que sale del tubo final en las condiciones de funcionamiento anteriores, se expresan en la Tabla 10.

15 TABLA 10

20

<u>Concentraciones de los constituyentes del efluente de línea de referencia</u>								
CO (ppm)	NO (ppm)	HC (ppm)	CO ₂ (%) ²	O ₂ (%) ²	H ₂ (ppm)	N ₂ (%) ²	H ₂ O (%)	NH ₃ (ppm)
2900	460	240	14,8	2,2	1200	81,5	12,2	2,2

25 Se modificó después el mismo motor de 6555 cm³ de cilindrada como sigue: Se añadieron a la culata del cilindro revestimientos de lumbreras; los surtidores principales de combustible fueron aumentados desde 1,5 mm hasta 1,8 mm de diámetro; los orificios en los tornillos de ajuste



te de la mezcla de funcionamiento en vacío fueron aumenta-
des hasta 1,85 mm de diámetro; los orificios en los tubos
de funcionamiento en vacío se aumentaron hasta 1,3 mm de
diámetro, un avance de vacío perforado se instaló sobre el
5 montaje de la placa del regulador de gases; se instaló una
placa delgada para bloquear el paso de efluente de escape
de un banco de cilindros al otro; se ajustó el reglaje de
de 10 grados APMS hasta 4 grados APMS a 635 rpm; se ajustó
el funcionamiento en vacío para aumentar el contenido en
10 monóxido de carbono en el efluente de escape sin tratar des
de aproximadamente 0,5 por ciento a aproximadamente 9,5 por
ciento; se utilizó un suministro auxiliar de aire capaz de
proporcionar un suministro de aire exacto y controlado. El
equipo adecuado para la puesta en práctica del procedimien-
15 to de la invención se instaló en uno de los lados del motor.
El equipo adecuado instalado para la puesta en práctica del
procedimiento de la invención incluía un reactor térmico
para la oxidación limitada de la primera etapa, conectado a
un dispositivo CPR principalmente para llevar a cabo la re-
20 ducción química de la segunda etapa y la subsiguiente oxida
ción de la tercera etapa. El dispositivo CPR estaba conecta
do a un tubo de escape que a su vez se conectó a un silen-
ciador de escape convencional que después a su vez estaba
conectado a un tubo final de 0,91 m de largo aproximadamen-
25 te. Este ejemplo empleó un reactor térmico y un dispositivo

21 JUN 1972



CPR que se parecía estrechamente a los empleados en el Ejemplo 1 anterior en construcción y tamaño.

Las diferencias principales con el equipo adecuado empleado en el Ejemplo 1 eran: el reactor térmico utilizado tenía una longitud que se aproximaba a la del colector de escape retirado, estaba cubierta en los extremos y era de sección cilíndrica en corte transversal, con pestañas utilizadas para acoplar el reactor térmico al meter, teniendo el reactor térmico un volumen de unos 1803 cm³, un área superficial interna de aproximadamente 1238 cm² y una salida situada hacia el fondo y hacia atrás del reactor térmico; el dispositivo CPR contenía cinco tabiques centrados y situados en él en ángulo recto respecto a la dirección de circulación del efluente, estando compuesto cada tabique por cuatro capas alternadas de metal expandido (aberturas de 3,2 x 4,8 mm con espesor de 0,78 mm de aleación RA-330) que había sido recubierto instantáneamente con cobre.

El meter de 6555 cm³ de cilindrada así modificado y equipado, se hizo funcionar con combustible Indelene puro, mientras estaba acoplado a un dinamómetro. Se hicieron ajustes en el regulador de gases para hacer funcionar el meter a una velocidad de 1300 rpm con un vacío del colector de 457 mm de Hg. La potencia desarrollada fue de 12,1 HP y del mismo modo que en el ensayo inmediatamente anterior que proporcionó los datos de la línea de referencia, era equiva



lente a una velocidad de régimen de unos 51,5 Km/hora. El caudal de aire al carburador era de 1,09 m³ en condiciones normales per minute y el caudal de combustible de 0,13 kg per minute, obteniéndose una proporción de aire-combustible de 10,1 a 1. Estos datos se calcularon a un BSFC de 0,65 kg de combustible/HP de freno-hora. Se introdujo en el dispositivo CPR un caudal de aire de 0,18 m³/minute, a través de los dos tubos de inyección de aire. En estas condiciones de funcionamiento se apreciaron las temperaturas (°C) estabilizadas del efluente siguientes:

TABLA 11

	<u>Emplazamiento</u>	<u>Temperatura del efluente (°C)</u>
15	Cerca de la lumbrera (aproximadamente 5 cm aguas abajo de una abertura de un inyector de aire)	751
	A la entrada del dispositivo CPR	995
	Centro de los tabiques desviadores	976
	Cerca de los inyectores de aire en el dispositivo CPR	933
20	0,91 m aguas abajo del dispositivo CPR	864
	A la entrada del silenciador de escape	714
	En el tubo final a 0,61 m del silenciador de escape	528

Los datos representativos, obtenidos promediando los datos evaluados y convirtiendo las concentraciones de

21 JUN 1972

gases húmedos en valores de gases secos, con excepción del agua, de diversos constituyentes del efluente de escape que sale del tubo final bajo las condiciones de funcionamiento anteriores, son los siguientes:

5

TABLA 12

<u>Concentraciones de Constituyentes del Efluente</u>								
CO (ppm)	NO (ppm)	HC (ppm)	CO ₂ (%)	O ₂ (%)	H ₂ (ppm)	N ₂ (%)	H ₂ O (%)	NH ₃ (ppm)
40	17	0,5	13,1	4,0	600	81,0	11,0	0,5

10

Comparando los datos anteriores con los datos obtenidos de la línea de referencia del Ejemplo 2 se aprecia con facilidad la eliminación sustancial y/e la disminución de los contenidos en hidrocarburo, monóxido de carbono y óxido nítrico en el efluente de escape, mediante la puesta en práctica del procedimiento de la invención.

15

Los datos analíticos indicados en el Ejemplo 2 son los valores promedios de los valores obtenidos. Los métodos de análisis de los diversos constituyentes del efluente gaseoso son los siguientes: óxido nítrico per IRND verificándose también algunos valores mediante métodos de quimioluminiscencia; HC por un detector de ionización de llama; dióxido de carbono per IRND en corriente y per un espectrómetro de masas para muestras recogidas en recipiente; oxígeno per un analizador pelaregráfico y mediante es-

25

21 JUN 1972



5 pectrómetro de masas; hidrógeno mediante espectrómetro de masas; nitrógeno mediante espectrómetro de masas y técnicas cromatográficas; agua por el método 4 del Federal Register, Vol. 36, Nº 247, página 24887, Diciembre 23, 1971; y NH₃ por un método químico en húmedo que lleva consigo la determinación de nitrógeno por el método de Kjeldahl.

10 Con referencia al motor de este ejemplo hecho funcionar en la forma anteriormente descrita, la FIGURA 4 es una representación gráfica de algunos datos representativos procedentes de una operación del motor en estado de régimen adaptado para la puesta en práctica del método de la invención. La Gráfica A representa las relaciones de la disminución de porcentaje del contenido en óxido nítrico en el tubo final respecto al contenido en óxido nítrico que entra en el dispositivo CPR, 18, de las FIGURAS 2 y 3, en función de la cantidad de aire introducida en la primera etapa, zona I. La Gráfica B ilustra la relación de la disminución de porcentaje del contenido en óxido nítrico en el tubo final respecto al contenido en óxido nítrico que entra en el dispositivo CPR 18, en función del contenido en oxígeno del efluente que entra en el dispositivo CPR. La Gráfica C ilustra la relación de la disminución de porcentaje del contenido en óxido nítrico en el tubo final con respecto al contenido en óxido nítrico que entra en el dispositivo CPR en función del contenido en monóxido de carbono en el efluente



que entra en el dispositivo CPR.

Para el funcionamiento específico del motor en estado de régimen y la práctica del método de la invención, resulta evidente de la Gráfica A que la cantidad de aire introducido para la primera etapa de oxidación limitada es importante, y no debe exceder de aproximadamente $0,16 \text{ m}^3$ en condiciones normales por minuto para proporcionar por lo menos una disminución del 50 por ciento en la concentración de óxido nítrico. Análogamente, de la Gráfica B resulta evidente que el contenido en oxígeno del efluente oxidado en forma limitada que entra en el dispositivo CPR no debe exceder de 1,75 por ciento aproximadamente para proporcionar por lo menos una disminución de 50 por ciento en la concentración de óxido nítrico. También es evidente de la Gráfica C que el contenido en monóxido de carbono del efluente específico, oxidado en forma limitada, que entra en el dispositivo CPR no debe ser menor de 0,75 por ciento aproximadamente, para proporcionar al menos una disminución de 50 por ciento en la concentración de óxido nítrico. De las mismas representaciones gráficas, resulta evidente que no resulta disminución en la concentración de óxido nítrico en el tubo final y en su lugar se observa un aumento cuando el aire introducido en la primera etapa excede de unas $0,18 \text{ m}^3$ en condiciones normales por minuto, el contenido en oxígeno del efluente excede de aproximadamente 2,5 por



ciento al entrar en el dispositivo CPR, y el contenido en monóxido de carbono del efluente es menor de aproximadamente 0,47 por ciento al entrar en el dispositivo CPR.

Debido al papel de la reacción de intercambio agua-gas podría obtenerse una gráfica (que no se muestra) semejante a la gráfica C de la Figura 4, representando la suma del contenido en hidrógeno y monóxido de carbono en abscisas, en lugar de monóxido de carbono.

EJEMPLO Nº 3

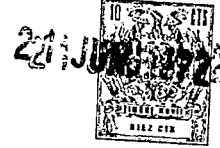
10 Un automóvil Pontiac Catalina 1972, que tenía un motor de 6555 cm³ de cilindrada con 8 cilindros en forma de V instalado en la fábrica, y que venía equipado con un carburador de dos cuerpos y transmisión automática, se modificó de la siguiente manera: se instalaren revestimientos
15 interiores con aberturas en cada abertura de escape del motor; se instaló una bomba de aire accionada por el motor; el carburador instalado por la fábrica se reemplazó por un carburador que proporcionaba una mezcla de aire/com
20 bustible, más rica; los colectores de escape y el resto del sistema de escape de la fábrica se retiraron y reemplazaron por equipo adecuado para la puesta en práctica del procedimiento de la invención. Este equipo, para cada lado del motor, incluía un reactor térmico de pequeño volumen para la oxidación limitada de la primera etapa conectada a
25 un dispositivo CPR principalmente para llevar a cabo la re

21 JUN 1972



ducción química de la segunda etapa y la oxidación subsiguiente de la tercera etapa.

Los reactores térmicos eran, cada uno, de aleación RA 330 de 0,79 mm de espesor con un cuerpo interior de unos 46 cm de largo que tenía una sección en corte transversal en forma de herradura y estaba tapado por placas terminales. Cada reactor térmico contenía un volumen de 1638,7 cm³ aproximadamente y tenía un área superficial interior de 1090 cm² aproximadamente. Los reactores térmicos estaban equipados con pestañas y con sujetadores que pasaban a todo su través para acoplar directamente los reactores térmicos directamente al motor, en lugar del colector de escape convencional. Se colocó un tubo de salida hacia el fondo y la parte de atrás de cada reactor térmico. Los reactores térmicos fueron aislados exteriormente con tres capas de aislamiento de sílice-alúmina (tal como aislamiento Cerafelt de John Manville de 192 g/litro de densidad) y el aislamiento depositado en capa se rodeó de una lámina envolvente de aleación RA 330 de 0,79 mm de espesor. La salida de cada uno de los reactores térmicos se conectó al extremo de salida de un dispositivo CPR. Cada dispositivo CPR era un recipiente o cuerpo de forma ovalada de aproximadamente 8,75 centímetros por 16,9 centímetros y aproximadamente 35 cm de largo construido con aleación RA 330 de 0,78 mm de espesor. Aproximadamente a



un tercio de la distancia aguas abajo desde la entrada del dispositivo CPR, se montaron en ángulo recto respecto a la circulación del efluente cinco tabiques catalíticos cada uno de doce capas de tela metálica recubierta de cobre (tal como York Nº 2144 Inconel 600, 2,8 mm de diámetro del alambre). Las salidas de dos tubos de inyección de aire que entran a través de la pared lateral del dispositivo CPR fueron centradas en el dispositivo CPR inmediatamente aguas abajo del último tabique catalítico. Un tubo de salida se proyectaba desde el otro extremo del dispositivo CPR y conectaba con un tubo de escape. El tubo de escape estaba conectado a su vez con un silenciador de escape convencional que a su vez estaba conectado a un tubo final. Los dispositivos CPR fueron envueltos con tres capas de aislamiento y un recubrimiento externo de acero inoxidable 304. Las conexiones entre los reactores térmicos y los dispositivos CPR fueron provistas de un aislamiento de tres capas y una envoltura exterior de hoja de aluminio. Se proporcionaron tubos de aire desde la bomba de aire a inyectores de aire en las aberturas de escape del motor y al tubo de inyección de aire que conducía al dispositivo CPR.

El vehículo así modificado y equipado se hizo funcionar después con combustible Indolene puro y se sometió al ciclo de conducción del PFE. El difusor se fijó manualmente. El reglaje básico se ajustó a 4 grados APMS a

21 JUN 1972

720 rpm. No se usó avance en vacío durante aproximadamente los primeros 120 segundos del ciclo de ensayo utilizando retardo en vacío durante tal período. La velocidad del motor fue de 1300 rpm en funcionamiento en vacío en frío y de 600 rpm en funcionamiento en vacío en caliente. Los caudales de aire a la abertura de los inyectores de aire y los caudales de aire a los dos tubos inyectores de aire que entran en el dispositivo CPR se ilustran en la FIGURA 5. Los caudales indican la circulación total de aire de las etapas 1 y 3 a ambos bancos. La presión barométrica al comienzo del ensayo era de 752 mm de Hg. La temperatura ambiente al comienzo del ensayo era de 24°C y al término del ensayo de 25°C. El análisis del efluente gaseoso que salía del tubo final se llevó a cabo mediante IRND. Según el PFE los datos medidos para cada modo de cada ciclo se corrigieron y ponderaron y después se sumaron para cada ciclo las concentraciones de hidrocarburo, monóxido de carbono y óxido nítrico. La Tabla 13 representa los compuestos ciclo a ciclo y los compuestos finales en circulación.

20

TABLA 13
Concentraciones sumadas

		<u>Datos ponderados</u>		
	<u>Ciclo</u>	HC (ppm)	NO (ppm)	CO (%)
25	1	0,18	5,18	0,02

21 JUN 1972

TABLA 13 (contin.)

	2	0,00	0,00	0,00
	3	0,00	0,00	0,00
	4	0,00	0,47	0,00
	5	(no leído)		
	6	0,00	8,28	0,00
	7	0,00	4,42	0,00
5	Suma de los ciclos 1-7	0,18	18,35	0,02
		0,00 g/Km	0,03 g/Km	0,37 g/Km

EJEMPLO Nº 4

10 Se equipó un motor de 5032 cm³ de cilindrada de
8 cilindros en forma de V con un aparato adecuado para la
práctica del procedimiento de la invención, sustancialmen-
te igual al utilizado en los ejemplos anteriores. Se monta
ron seis dispositivos CPR que se diferenciaban sólo en que
tres dispositivos CPR empleaban tabiques de metal expandi-
do RA 330 con recubrimiento instantáneo de cobre y tres
15 dispositivos CPR empleaban tabiques de metal expandido RA
330 sin recubrimiento instantáneo de cobre. Al llevar a ca-
bo el ensayo, un banco del motor de 8 cilindros en forma
de V se equipó con un dispositivo CPR que tenía tabiques
recubiertos con cobre de recubrimiento instantáneo y el
20 otro banco con un dispositivo CPR sin cobre de recubrimien-
to instantáneo sobre los tabiques. El motor de 5032 cm³ de
cilindrada se instaló sobre un chasis de ensayo y se hizo
funcionar según el PFE. Se midieron las concentraciones de
25 HC, monóxido de carbono y óxido nítrico según el PFE median

21



te instrumentación IRND. Este ensayo se repitió para cada uno de los tres pares de dispositivos CPR. Cada par de dispositivos CPR así ensayado se retiró después del motor de 5032 cm³ de cilindrada y se colocó en un motor de 6555 cm³ de cilindrada hecho funcionar según el procedimiento de la invención con un combustible específico, que se describe, durante un periodo de 100 horas en estado de régimen de 2500 rpm con un vacío de 254 mm de Hg en el colector. Después de 100 horas de funcionamiento en régimen estacionario según las condiciones establecidas, cada par de dispositivos CPR fué retirado del motor de 6555 cm³ de cilindrada y se ensayó de nuevo en el motor de 5032 cm³ de cilindrada sobre el dinamómetro del chásis como se ha indicado anteriormente. Se obtuvieron de nuevo los valores de emisión de HC, monóxido de carbono, y óxido nítrico y se compararon con los valores obtenidos en los mismos dispositivos CPR antes del ensayo de 100 horas con el combustible específico.

El ensayo descrito se completó sobre tres pares de dispositivos CPR cada par se ensayó durante 100 horas con combustibles que contenían diferentes cantidades de plomo tetraetilo. Este ensayo se resume en la tabla siguiente. Los valores indicados son los promedios de dos ensayos por PFE en los mismos pares de dispositivos CPR.

25

12-6-72

21 JUN 1972



TABLA 15

	Contenido del efluente de escape tratado						
	(g/Km)						
	<u>Tabiques con cobre de positado instant.</u>			<u>Tabiques sin cobre depositado instant.</u>			
<u>Combustible sin plomo (a)</u>	HC	NO	CO	HC	NO	CO	
5	Antes de 100 horas de ensayo	0,006	0,025	0,055	0,006	0,031	0,392
	Después de 100 horas de ensayo	0,025	0,019	0,825	0,006	0,019	0,477
	<u>Combustible de bajo contenido en plomo (b)</u>						
10	Antes de 100 horas de ensayo	0,006	0,019	0,564	0,006	0,019	0,422
	Después de 100 horas de ensayo	0,006	0,006	0,223	0,006	0,025	0,291
	<u>Combustible de alto contenido en plomo (c)</u>						
15	Antes de 100 horas de ensayo	--	--	--	--	--	--
	Después de 100 horas de ensayo	0,006	0,031	0,347	0,006	0,037	0,211

NOTAS: Promedios de dos ensayos según el PFE en los mismos dispositivos CPR.

El combustible sin plomo (a), el combustible de bajo contenido en plomo (b) y el combustible de alto contenido en plomo (c) tenían las propiedades indicadas en la Tabla 16.

TABLA 16

	Indolene puro	Indolene 5	Indolene 30
	(a)	(b)	(c)
25	Indice de Octano (Research)	97,7	104,2

21 JUN 1972



TABLA 16 (contin.)

	Indice de Octano (Motor)	87,8	90,5	95,3
	Peso específico (según la norma del Instituto Americano del Petróleo)	58,7	58,3	58,7
	Peso específico	0,744	0,7455	0,744
	Presión de Vapor Reid	8,45	8,50	8,55
5	Destilación, Punto de ebullición inicial	91	90	90
	10%	127	128	127
	30%	181	183	182
	50%	215	216	215
	70%	240	240	241
	90%	298	303	296
	Punto final	401	402	401
	% recuperado	98	98	98
	% de residuo	1	1	1
10	% de pérdida	1	1	1
	Pb (g por litro)	0,016	0,148	0,840
	Estabilidad a oxidación (Min.)	600+	600+	600+
	Azufre (% en peso)	0,016	0,014	0,005
	Pendiente de 20% destilación	2,70	2,80	2,75
	Pendiente - PVR (Presión de Vapor Reid)	5,75	5,70	5,80
	Acidez del residuo	Pasa	Pasa	Pasa
	Corrosión	1A	1A	1A

De los ejemplos anteriores resulta evidente que el procedimiento de la invención es aplicable con ventaja al tratamiento de efluentes de escape producidos por combustión incompleta de la gasolina en motores de automóviles. Sin embargo, los efluentes de escape para el tratamiento mediante el procedimiento de la invención pueden proceder de otros combustibles hidrocarburados y otros aparatos de combustión. La combustión incompleta de combustibles hidrocarburados tales como gasolina, queroseno, aceites diesel, y semejantes pueden proporcionar efluentes de escape

21 JUN 1958



adecuados para el tratamiento. Asimismo, medios de combustión tales como motores de vehículos así como motores estacionarios de combustión interna, motores de propulsión a chorro, motores diesel, calentadores de llama y medios de combustión semejantes pueden proporcionar la combustión in completa del combustible hidrocarburado. El único requisito en cuanto al combustible hidrocarburado y a los medios que proporcionan la combustión incompleta del mismo es que el efluente de escape que resulta del mismo contenga monóxido de carbono, y óxidos de nitrógeno y, en general, hidrocarburos. El monóxido de carbono está presente en el efluente en cantidades apreciables para que, por oxidación limitada del efluente, la temperatura del efluente se eleve al menos a 843°C, sin que se oxide completamente el contenido de monóxido de carbono del efluente.

En la descripción anterior y en las reivindicaciones que figuran seguidamente, y cuando los análisis y datos de las cantidades de diversos componentes en la composición del efluente se presentan en tanto por ciento, PPM, etc, los diversos tantos por ciento y cantidades, PPM (partes por millón), tanto por ciento, etc, se expresan en unidades de volumen, a menos que se indique expresamente de otra forma. También, en la descripción anterior y en las reivindicaciones que siguen, las expresiones óxidos de nitrógeno y óxidos nitrogenados se emplean con la indicación de que es-

21 JUN 1972



5 tas expresiones incluyen compuestos de fórmula N_xO_y , en la que x e y son números enteros. Sin embargo, cuando se cita un compuesto de nitrógeno específico, se entiende que la cita específica designa el compuesto específico y su fórmula, tal como óxido nítrico, NO.

10 Aun cuando el método de la invención ha sido descrito con particularidad y mediante ilustraciones específicas del mismo, ha de entenderse que serán obvias modificaciones, variaciones y equivalentes del mismo para los expertos en la técnica, y que tales modificaciones, variaciones y equivalentes obvios, comprendidos dentro del alcance real de la invención, se entiende están incluidos en la invención, que está limitada sólomente por el alcance de las reivindicaciones que se acompañan.


15 La presente solicitud, que corresponde a la presentada en Estados Unidos de América, el 13 de Abril de 1972, bajo el Nº 243.606, se acoge a los beneficios del Artículo 51 del vigente Estatuto sobre Propiedad Industrial.

20

REIVINDICACIONES

25 Los puntos de invención propia y nueva, que se presentan para que sean objeto de esta solicitud de Patente

21 JUN 1972



de Invención en España, por VEINTE años, son los siguientes:

1.- Un procedimiento para reducir al mínimo la emisión de sustancias nocivas desde un efluente que contiene monóxido de carbono, hidrocarburos y óxidos de nitrógeno, el cual procedimiento comprende las etapas de, sucesivamente: (a) oxidar una parte de los componentes oxidables totales existentes en el efluente por introducción de un gas que contiene oxígeno en dicho efluente, sin oxidar completamente el monóxido de carbono; (b) exponer dicho efluente a un medio ambiente para reducir químicamente una parte sustancial de los óxidos de nitrógeno; y (c) exponer dicho efluente a un gas que contiene oxígeno para oxidar los componentes oxidables que quedan en dicho efluente.

2.- Procedimiento según la reivindicación 1, en el que la oxidación de las etapas (a) y (c) es oxidación por llama y en el que el medio ambiente de la etapa (b) está a por lo menos 843°C.

3.- Procedimiento según la reivindicación 1, que incluye en la etapa (a) la introducción de aire en el efluente, en cantidad eficaz para oxidar en él sólo una parte de los componentes totales oxidables, requerido para proporcionar calor de oxidación exotérmico en cantidad que eleve la temperatura del efluente hasta por lo menos 843°C, y el contenido restante en monóxido de carbono del efluente es por



lo menos igual a la cantidad estequiométrica de óxidos de nitrógeno contenida en él.

5 4.- Procedimiento, según la reivindicación 3, en el que el contenido restante en monóxido de carbono es, por lo menos, de aproximadamente 1/2 por ciento.

5.- Procedimiento según la reivindicación 3, que en la etapa (b) emplea un medio ambiente de 927°C al menos y un catalizador metálico para la reducción química de óxido nítrico por monóxido de carbono.

10 6.- Procedimiento según la reivindicación 5 que incluye la etapa (b) aplicada a un efluente que posee un contenido en oxígeno inferior a 0,30 por ciento.

15 7.- Procedimiento según la reivindicación 5, que en la etapa (c) incluye la introducción de aire en el efluente en una cantidad que proporciona al menos la cantidad estequiométrica de oxígeno para la oxidación de los componentes oxidables que quedan en el efluente.

20 8.- Procedimiento según la reivindicación 7 en el que el aire introducido en el efluente en la etapa (c) es una cantidad que proporciona entre 1 y 1 1/2 veces dicha cantidad estequiométrica de los componentes oxidables existentes en el efluente.

25 9.- Un procedimiento para reducir al mínimo la emisión de sustancias nocivas, de un efluente que contiene monóxido de carbono, hidrocarburos, y óxidos

8 JUN 1973



de nitrógeno, y además hidrógeno, de un efluente de escape gaseoso emitido desde un motor de combustión interna de un vehículo que funciona con un combustible hidrocarburo en forma que proporciona dicho efluente que contiene más de 5 por ciento de monóxido de carbono, más de 2 por ciento de hidrógeno y menos de 450 ppm de óxidos de nitrógeno, el cual método comprende las etapas de, sucesivamente: (a) introducir en dicho efluente aire en cantidad eficaz para oxidar parte del contenido de monóxido de carbono e hidrógeno, obteniéndose con dicha oxidación calor exotérmico suficiente para elevar la temperatura del efluente hasta por lo menos 890°C, sin disminuir dicho contenido en monóxido de carbono por debajo de 1 por ciento y permaneciendo en dicho efluente después de la oxidación por llama, menos de 0,75 por ciento de oxígeno; (b) poner en contacto dicho efluente con un catalizador para la reducción química de óxidos de nitrógeno; y (c) introducir en el efluente de la etapa (b) aire en cantidad eficaz para oxidar sustancialmente todo el monóxido de carbono e hidrógeno que quedan en dicho efluente; con lo que se proporciona un efluente tratado que contiene menos de 0,1 por ciento de monóxido de carbono, menos de 0,1 por ciento de hidrógeno y menos de 50 PPM de óxidos de nitrógeno.

10.- Un procedimiento mejorado para reducir al mínimo la emisión de sustancias nocivas de un efluente que

- 8 JUN.



5 contiene monóxido de carbono, hidrocarburos y óxidos de nitrógeno, que comprende en combinación con otras etapas, una etapa de someter un efluente oxidado con llama en forma limitada, a una temperatura superior a 843°C a un medio ambiente de reducción química durante un período de tiempo eficaz para reducir químicamente a nitrógeno al menos la mitad de la concentración de óxidos de nitrógeno del efluente, antes de llevar a cabo una oxidación por llama sobre el mismo.

10 11.- Procedimiento según la reivindicación 10, en la que el efluente oxidado con llama en forma limitada, está a una temperatura comprendida entre 931°C y 1.023°C y el medio ambiente de reducción química incluye un catalizador que es un miembro seleccionado del grupo que consta
15 de metales y óxidos metálicos.

20 12.- Un procedimiento de reducir al mínimo el contenido de monóxido de carbono, hidrocarburos y óxidos de nitrógeno de un efluente de escape gaseoso procedente del motor de combustión de un vehículo que funciona con un combustible hidrocarburado, cuyo procedimiento comprende las etapas de, sucesivamente: (a) hacer funcionar el motor de combustión con una proporción de aire a combustible inferior a la proporción estequiométrica para la combustión completa del combustible hidrocarburado, eficaz para proporcionar un efluente de escape gaseoso con un contenido
25 de más de 5 por ciento de monóxido de carbono; (b) introdu



5 cir aire en el efluente en cantidad eficaz para oxidar por
llama parte del monóxido de carbono y otros componentes
oxidables existentes en él, proporcionando con ello calor
exotérmico para elevar la temperatura del efluente hasta
843°C por lo menos, teniendo dicho efluente un contenido en
monóxido de carbono de 2 por ciento por lo menos y un conte
nido en oxígeno de menos de 0,75 por ciento; (c) exponer di
cho efluente a un medio ambiente para reducir químicamente
a nitrógeno los óxidos de nitrógeno; y (d) introducir aire
- 10 en el efluente en cantidad eficaz para oxidar con llama sus
tancialmente la totalidad de los restantes componentes oxi
dables del efluente.

13.- Un procedimiento según la reivindicación 12
en que se emplean: i) en la etapa (a) el funcionamiento del
15 motor en vacío con la proporción de aire a combustible efi
caz para proporcionar el efluente gaseoso con un contenido
en monóxido de carbono comprendido entre 8 y 10 por ciento;
ii) en la etapa (b) la introducción de aire en cantidad efi
caz para oxidar por llama una parte del monóxido de carbono
20 y otros componentes oxidables, proporcionando calor exotér
mico para elevar la temperatura del efluente hasta 927°C
por lo menos sin disminuir el contenido en monóxido de car
bono del efluente a menos de 3 por ciento; iii) en la etapa
(c) la exposición de dicho efluente a un catalizador duran
25 te un tiempo eficaz para reducir químicamente a nitrógeno

21 JUN 1972



al menos la mitad aproximadamente del contenido en óxido nítrico del efluente; y iv) en la etapa (d) la introducción de aire en el efluente en cantidad que proporciona al menos la cantidad estequiométrica de oxígeno para oxidar sustancialmente en forma completa, el resto del monóxido de carbono y de los otros componentes oxidables del efluente.

5
14.- Procedimiento según la reivindicación 13, en el que en la etapa (c) se proporciona el catalizador mediante las superficies internas del aparato en el que se lleva a cabo predominantemente la etapa (c).

10
15
15.- Procedimiento según la reivindicación 14, en el que en la etapa (c) se proporcionan catalizadores metálicos adicionales por inclusión de tabiques de malla abierta, de aleaciones de acero inoxidable recubiertas de cobre, en el interior del aparato en el que se lleva a cabo predominantemente la etapa (c).

20
16.- Procedimiento según la reivindicación 13, en el que en la etapa (c) se utiliza un catalizador que es un miembro seleccionado del grupo que consta de metales, óxidos metálicos y aleaciones y sus mezclas, soportados o sin soportar, de los Grupos IB y IV a VIII del Sistema Periódico.

25
17.- Procedimiento según la reivindicación 1, en el que en la etapa (b) se utiliza un catalizador que es un miembro seleccionado del grupo que consta de metales, óxi-

21 JUN 1972



dos metálicos y aleaciones y sus mezclas de los Grupos IB
y IV a VIII del Sistema Periódico.

18.- Un procedimiento para reducir al mínimo la
emisión de sustancias nocivas de un efluente que contiene
5 monóxido de carbono, hidrocarburos y óxidos de nitrógeno.

Tal y como se ha descrito en la Memoria que an-
tecede, representado en los dibujos que se acompañan y con
los fines que se han especificado.

Esta Memoria consta de sesenta y ocho hojas es-
critas a máquina por una sola cara.
10

Madrid, 21 JUN. 1972

P.A.

15

Alberto de Elzaburu
Por Poderes



20

25



P.-50.837

LEYENDAS DE LAS FIGURAS 1, 4 y 5 DE LOS DIBUJOS

FIGURA 1

En esta figura se representa un diagrama del

5 efluente gaseoso procedente del combustible hidrocarbura-
do y completamente quemado:

A.- Oxidación limitada

B.- Reducción química

B!.- Reducción química catalítica

10 C.- Oxidación

D.- Gas que contiene O_2

E.- Gas que contiene O_2

FIGURA 4

15 En las tres gráficas A, B y C, en ordenadas se representa el tanto por ciento de disminución del índice de octano en el tubo de salida en la entrada al dispositivo CER.

En abscisa se representa

20 Gráfica A.- Metros cúbicos de aire en condiciones normales, por minuto, introducidos. Primera etapa

Gráfica B.- Tanto por ciento de O_2 en la entrada al dispositivo CER.

Gráfica C.- Tanto por ciento de CO en la entrada al dispositivo CER.

25



FIGURA 5

Ordenadas.- Caudal de aire (sin corregir) expresado en m^3 en condiciones normales, por minuto.

Abscisas.- Velocidad del automovil en Km/h

5 Los números 1 y 3 sobre las curvas se refieren a las etapas respectivas.

7708

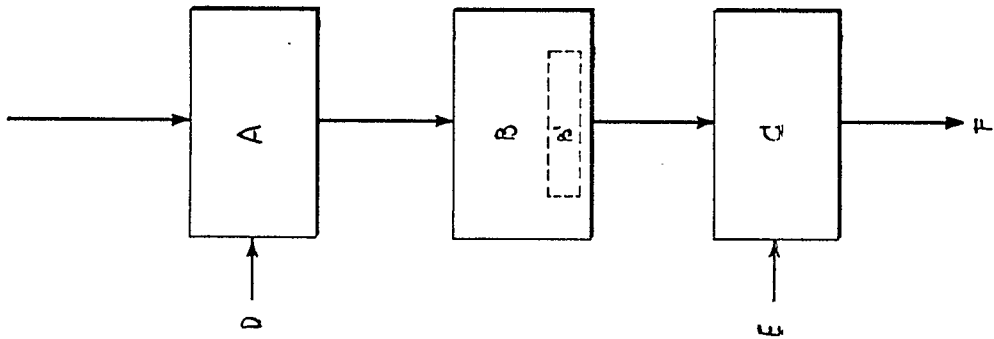


Fig. 1

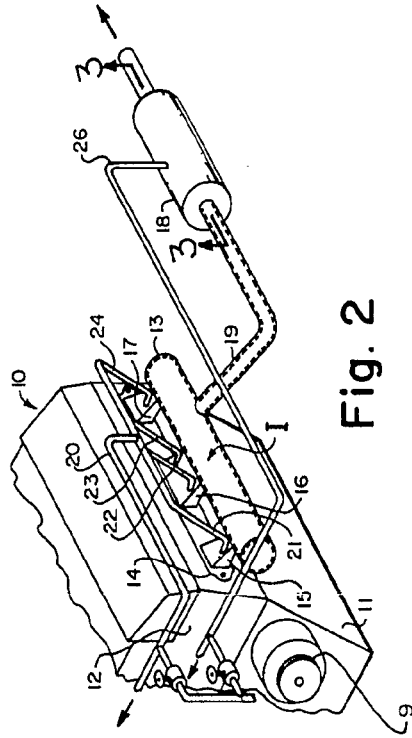


Fig. 2

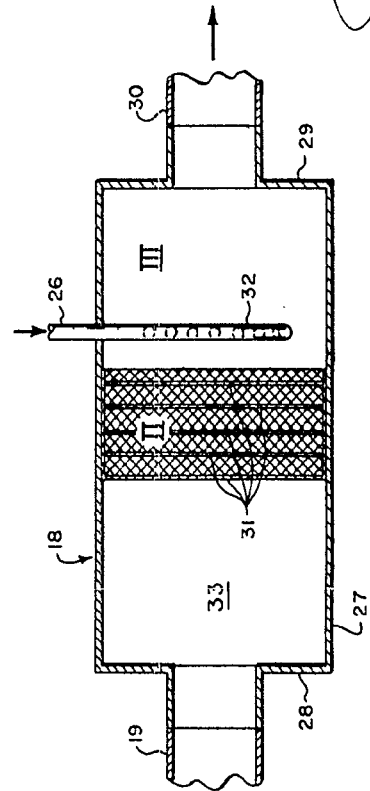


Fig. 3

Alberto de Elizaburu
 Inventor

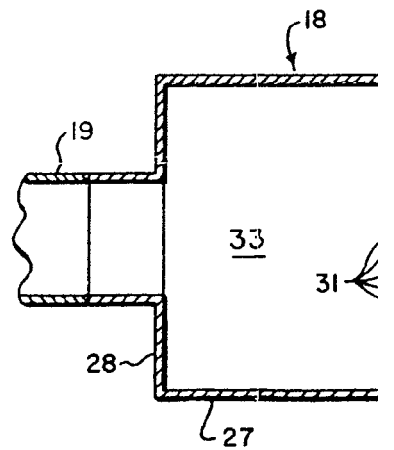
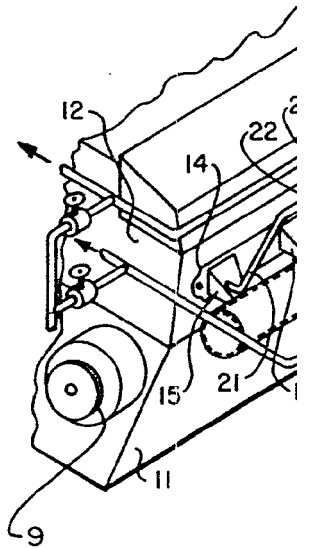
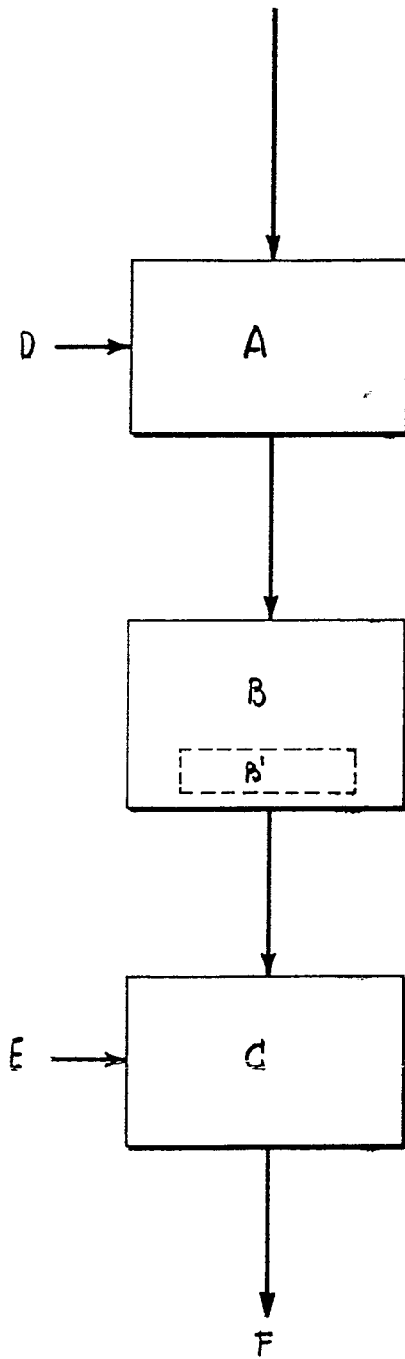


Fig. 1

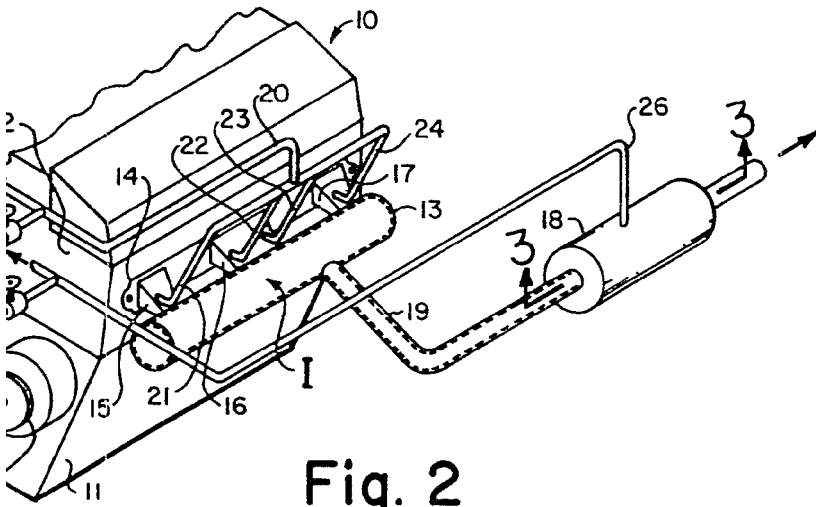


Fig. 2

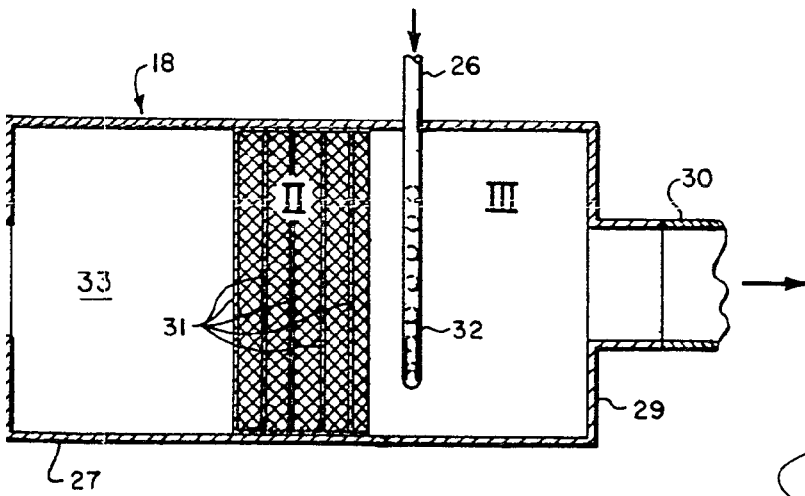


Fig. 3

Alberto de Elizaburu
Por Poder



11

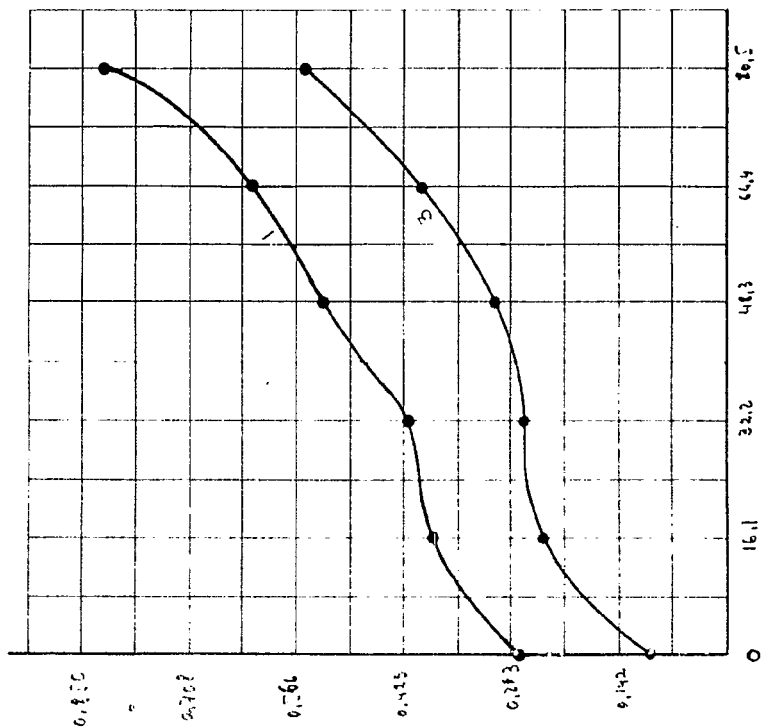


FIG-5

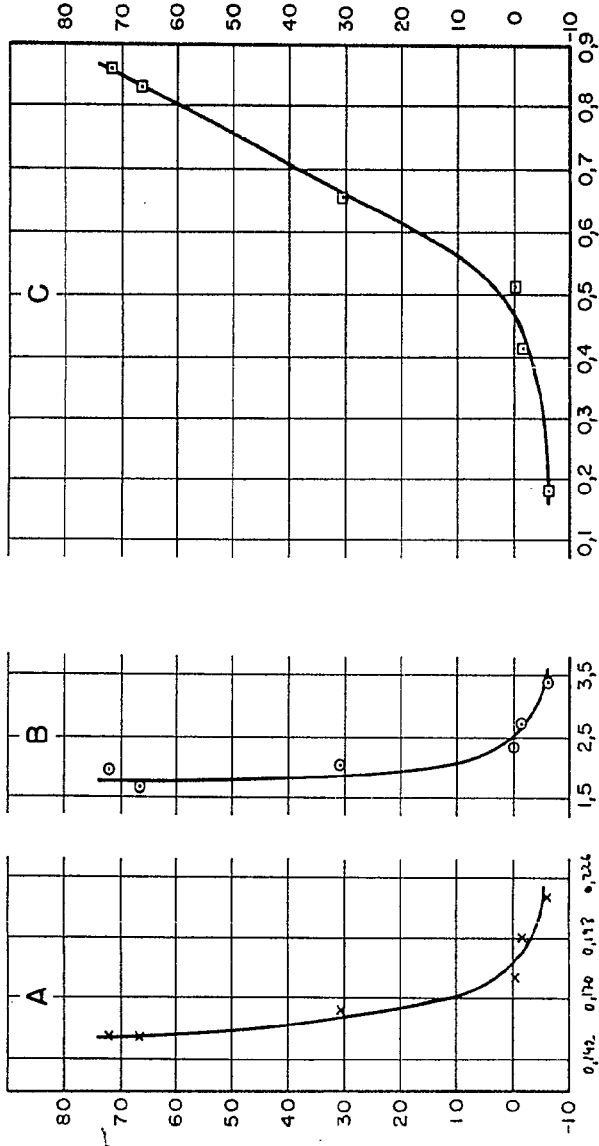


Fig. 4

Alberto de Eizaburu
Por Sobret.

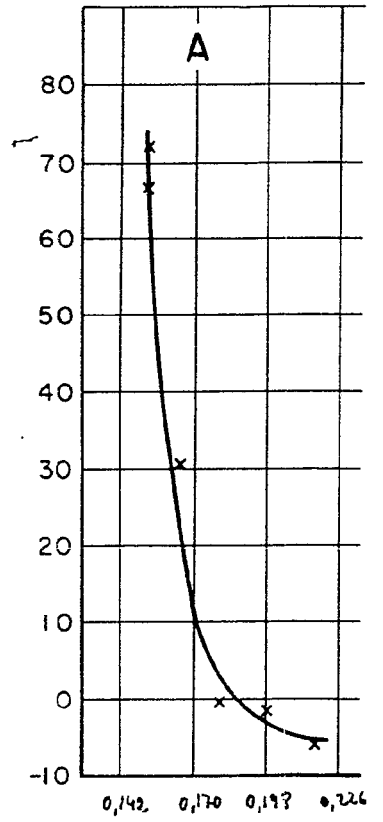
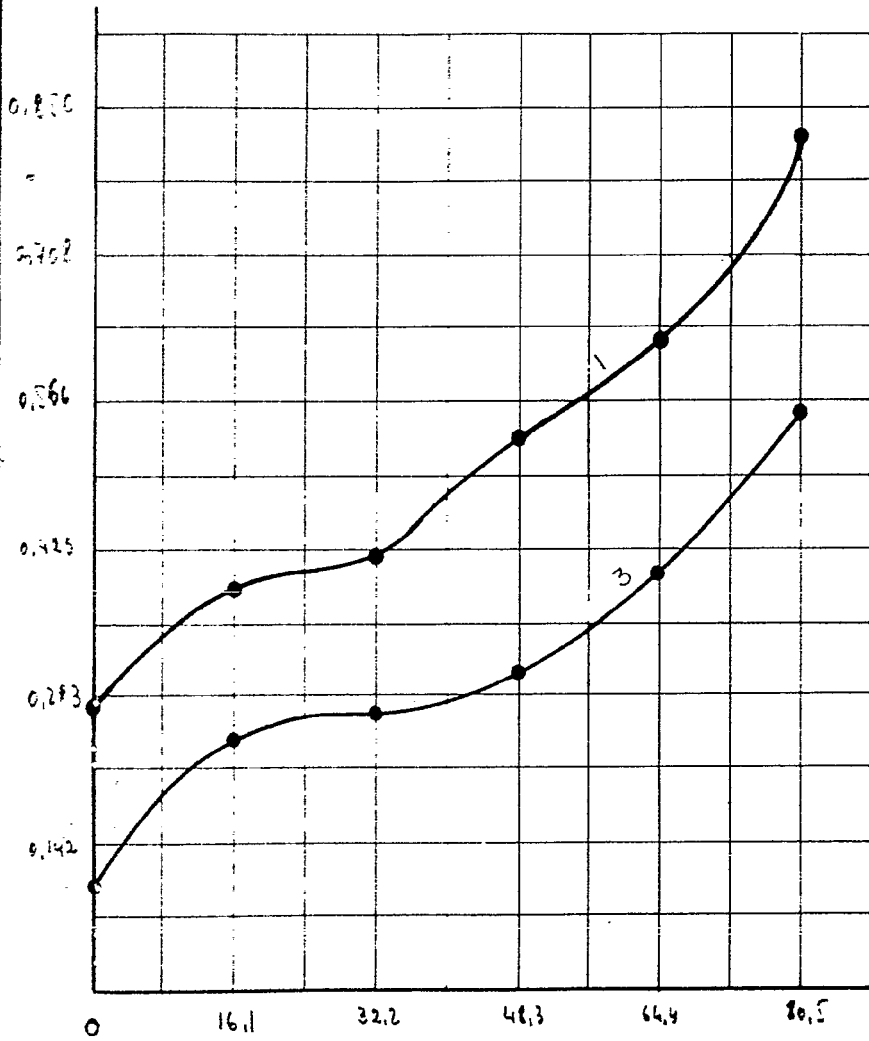


FIG-5

77

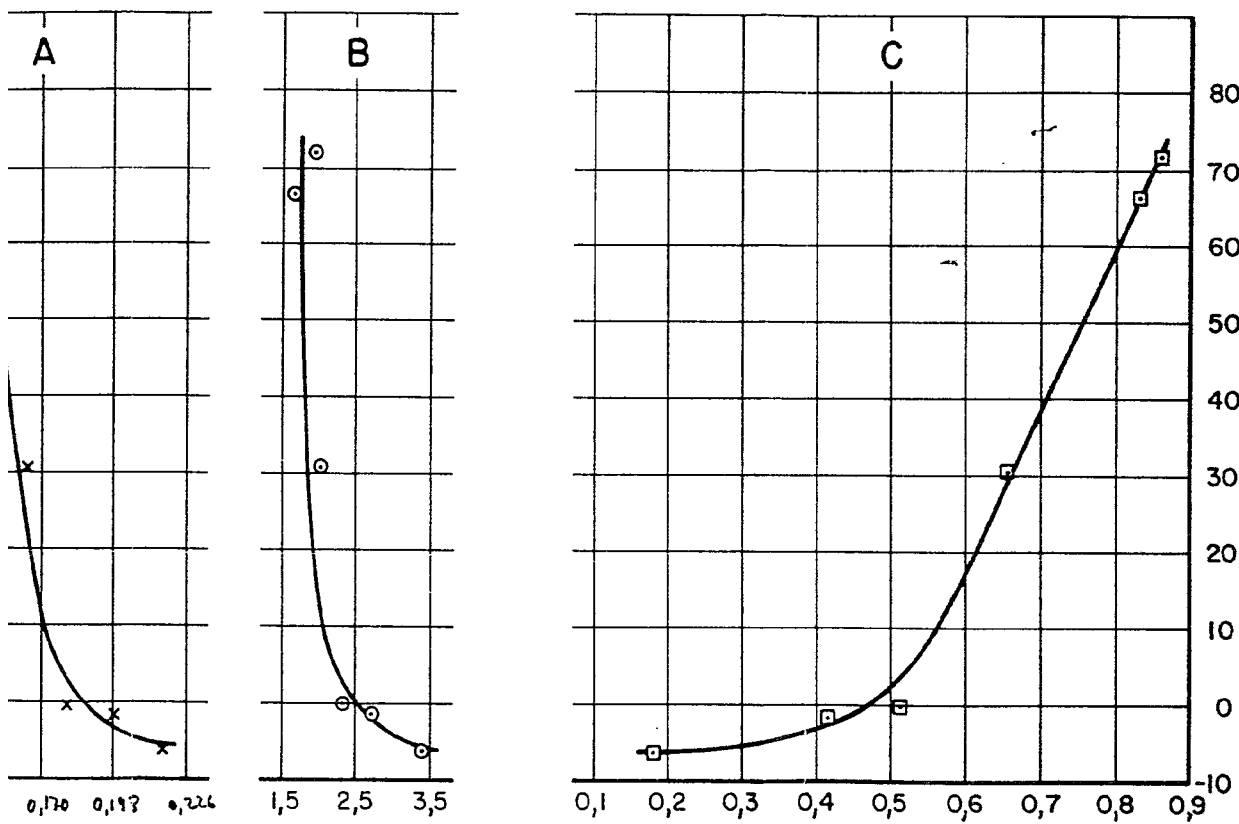


Fig. 4

Alberto de Elizaburu
Por Poder,