

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 804 725**

51 Int. Cl.:

B01J 23/42	(2006.01) C07C 5/333	(2006.01)
B01J 29/08	(2006.01) C07C 5/32	(2006.01)
B01J 21/10	(2006.01) C10G 65/10	(2006.01)
B01J 21/04	(2006.01) C10G 65/02	(2006.01)
B01J 23/30	(2006.01) C10G 49/04	(2006.01)
B01J 23/14	(2006.01) C10G 49/06	(2006.01)
B01J 23/06	(2006.01) C10G 49/08	(2006.01)
B01J 35/00	(2006.01)	
B01J 27/236	(2006.01)	
B01J 37/02	(2006.01)	

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.12.2016** **E 16203704 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.04.2020** **EP 3335791**

54 Título: **Sistema de catalizador y proceso que utiliza el sistema de catalizador**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
09.02.2021

73 Titular/es:

SMH CO., LTD. (100.0%)
1 Siam Cement Road, Bangsue
10800 Bangkok, TH

72 Inventor/es:

SURIYE, KONGKIAT y
JANTHARASUK, AMNART

74 Agente/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

ES 2 804 725 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Sistema catalizador y proceso que utiliza el sistema catalizador

- 5 La presente invención se refiere a un sistema catalizador y a un proceso de conversión de una alimentación de hidrocarburos que comprende un compuesto de hidrocarburos saturados en productos de olefina que utilizan el sistema catalizador.
- 10 Las olefinas, especialmente las olefinas ligeras, que incluyen etileno y propileno, son productos de hidrocarburos valiosos. Son útiles para preparar una amplia variedad de productos finales, que incluyen óxido de etileno, óxido de propileno, etilbenceno, acetona, fenol, polietileno, polipropileno, otros polímeros y otros productos petroquímicos. A pesar de que los precios han fluctuado a lo largo del tiempo, las demandas en la industria siguen creciendo de manera continua.
- 15 Para satisfacer las necesidades industriales, se han usado muchos métodos para producir olefinas. Sin embargo, normalmente resulta más atractivo económicamente producir olefinas a partir de materias primas de menor valor, tal como parafinas. Un método convencional para convertir parafinas saturadas en olefinas es el craqueo térmico. Se trata de un método de gran consumo de energía y la selectividad del producto es difícil de ajustar y controlar.
- 20 El craqueo catalítico es un método desarrollado posteriormente. Con materiales catalíticos apropiados, generalmente materiales basados en zeolita, el craqueo de hidrocarburos puede producirse en condiciones de funcionamiento menos rigurosas.
- 25 En la técnica (por ejemplo, el documento US5243120), también se conocen procesos de conversión de parafinas saturadas en olefinas mediante deshidrogenación utilizando un catalizador apropiado. El proceso de deshidrogenación principalmente convierte la parafina saturada en una olefina con un número correspondiente de átomos de carbono. La integración entre la deshidrogenación y la metátesis también es técnicamente posible y se espera que finalmente proporcione una distribución de diferentes productos de olefinas que satisfaga las mayores necesidades industriales.
- 30 Al implementar un proceso integrado de deshidrogenación-metátesis, es necesario que se optimicen y se controlen numerosos efectos para lograr una eficiencia deseable. Por ejemplo, pueden producirse diversas reacciones secundarias durante la deshidrogenación y la metátesis, por ejemplo, la (re)hidrogenación del etileno, propileno o buteno producido, que de otro modo son productos finales preferidos del proceso de conversión de parafina. Además, en presencia de hidrógeno, puede producirse hidrogenólisis y craqueo de los materiales de alimentación de parafina,
- 35 como el propano.
- Por lo tanto, un objeto de la presente invención es proporcionar un sistema catalizador para la conversión de una alimentación de hidrocarburos que comprende un compuesto de hidrocarburos saturados en productos de olefina y un proceso respectivo que utiliza el sistema catalizador en el que se logra la alta selectividad de olefinas con buena conversión y estabilidad del sistema catalizador.
- 40 Este objeto se logra mediante un sistema catalizador que comprende:
- (a) al menos una capa de un primer catalizador que comprende un metal activo de deshidrogenación sobre un soporte sólido;
- 45 (b) al menos una capa de un segundo catalizador que comprende un óxido metálico; y
- (c) al menos una capa de un tercer catalizador que comprende un metal de transición sobre un soporte inorgánico;
- 50 en el que la al menos una capa de un segundo catalizador está interpuesta entre la al menos una capa de un primer catalizador y la al menos una capa de un tercer catalizador, en el que el metal activo de deshidrogenación se selecciona a partir de platino, paladio, iridio, cromo y mezclas de los mismos.
- 55 En una realización, la al menos una capa de un segundo catalizador consiste en un óxido metálico.
- El óxido metálico, comprende, preferiblemente consiste en, óxido de magnesio, óxido de calcio o una mezcla de los mismos, más preferiblemente óxido de magnesio.
- 60 En una realización alternativa, el óxido metálico comprende, preferiblemente consiste en, un óxido mixto de magnesio-aluminio, un óxido mixto de calcio y aluminio o una mezcla de los mismos, más preferiblemente un óxido mixto de magnesio y aluminio.
- 65 Preferiblemente, el óxido mixto de magnesio y aluminio y/o el óxido mixto de calcio y aluminio en el segundo catalizador se derivan a partir de, más preferiblemente por tratamiento térmico de, un hidróxido doble laminar de magnesio y aluminio, o un hidróxido doble laminar de calcio y aluminio, respectivamente.

Al menos uno de los compuestos del segundo catalizador, preferiblemente todos, puede funcionar como adsorbente.

5 El sistema catalizador según la invención está en una realización dispuesto de modo que la al menos una capa de un primer catalizador, la al menos una capa de un segundo, y la al menos una capa de un tercer catalizador se apilan verticalmente. Más preferiblemente, el sistema catalizador se dispone de modo que una corriente de alimentación de hidrocarburos se pone en contacto con la al menos una capa de un primer catalizador.

10 La cantidad de la al menos una capa de un segundo catalizador en el sistema catalizador debe ser suficiente para evitar el contacto físico entre la al menos una capa del primer catalizador y la al menos una capa del tercer catalizador. Esta cantidad depende de factores que incluyen la cantidad de la al menos una capa de un primer catalizador, la cantidad de la al menos una capa de un tercer catalizador y el diámetro de un reactor que contiene el sistema catalizador.

15 En una realización, la al menos una capa de un primer catalizador, la al menos una capa de un segundo catalizador y la al menos una capa de un tercer catalizador están contenidas en el mismo reactor, preferiblemente un reactor de lecho fijo.

20 En una realización, el sistema catalizador consiste en:

(a) una capa de un primer catalizador que comprende un metal activo de deshidrogenación sobre un soporte sólido;

(b) una capa de un segundo catalizador que comprende un óxido metálico; y

25 (c) una capa de un tercer catalizador que comprende un metal de transición sobre un soporte inorgánico;

en el que la capa de un segundo catalizador está interpuesta entre la capa de un primer catalizador y la capa de un tercer catalizador, en el que el metal activo de deshidrogenación se selecciona a partir de platino, paladio, iridio, cromo y mezclas de los mismos.

30 En otra realización, el sistema catalizador consiste en:

(a) una primera capa de un primer catalizador que comprende un metal activo de deshidrogenación sobre un soporte sólido, el dicho metal activo de deshidrogenación se selecciona a partir de platino, paladio, iridio, cromo y mezclas de los mismos.

35 (b) una segunda capa de un segundo catalizador que comprende un óxido metálico;

(c) una tercera capa de un tercer catalizador que comprende un metal de transición sobre un soporte inorgánico;

40 (d) una cuarta capa de un segundo catalizador que comprende un óxido metálico; y

(e) una quinta capa de un primer catalizador que comprende un metal activo de deshidrogenación sobre un soporte sólido;

45 en el que la segunda capa de un segundo catalizador está interpuesta entre la primera capa de un primer catalizador y la tercera capa de un tercer catalizador, y la cuarta capa de un segundo catalizador está interpuesta entre la tercera capa de un tercer catalizador y la quinta capa de un primer catalizador.

50 Pueden contenerse más capas en el sistema catalizador según la presente invención, siempre y cuando una capa de un primer catalizador que comprende un metal activo de deshidrogenación sobre un soporte sólido y una capa de un tercer catalizador que comprende un metal de transición sobre un soporte inorgánico estén siempre separadas entre sí por una capa de un segundo catalizador que comprende un óxido metálico.

55 En una realización, una razón en peso entre la al menos una capa de un primer catalizador con respecto a la al menos una capa de un tercer catalizador está en el intervalo de 1:10 a 10:1, preferiblemente 1:5 a 5:1, más preferiblemente 1:3 a 3:1, incluso más preferiblemente 1:2 a 2:1.

60 El metal activo de deshidrogenación se refiere a un grupo de metales que son eficientes para la deshidrogenación de un hidrocarburo. La deshidrogenación es una reacción en la que el hidrógeno se separa de una molécula. El metal activo de deshidrogenación se selecciona a partir de platino, paladio, iridio, cromo y mezclas de los mismos, preferiblemente platino.

65 En una realización se selecciona el soporte sólido a partir de óxido de aluminio, dióxido de silicio, dióxido de circonio, dióxido de titanio, óxido de magnesio, óxido de calcio y mezclas de los mismos.

En otra realización, el soporte sólido comprende un óxido mixto de magnesio y aluminio, un óxido mixto de calcio y aluminio, o una mezcla de los mismos.

5 El metal activo adicional, que actúa para mejorar la actividad catalítica de este primer catalizador, como potasio, estaño, lantano, indio, itrio, iterbio, renio y mezclas de los mismos, también puede estar presente en el primer catalizador, preferiblemente estaño, indio y una mezcla de los mismos.

10 En una realización, el primer catalizador contiene del 0,01 al 25 % en peso del metal activo de deshidrogenación, preferiblemente del 0,05 al 20 % en peso del metal activo de deshidrogenación, más preferiblemente del 0,1 al 5 % en peso del metal activo de deshidrogenación, basándose en el peso total del primer catalizador.

En una realización, el platino es el metal activo de deshidrogenación, Al_2O_3 es el soporte sólido y el estaño y/o potasio es el metal activo adicional en el primer catalizador.

15 En otra realización, el platino es el metal activo de deshidrogenación, SiO_2 y ZrO_2 son el soporte sólido e itrio e/o iterbio es el metal activo adicional en el primer catalizador.

20 En una realización adicional, el platino es el metal activo de deshidrogenación, un óxido mixto de magnesio y aluminio y/o un óxido mixto de calcio y aluminio es el soporte sólido, y el indio y/o estaño es el metal activo adicional en el primer catalizador.

25 En una realización, el óxido mixto de magnesio y aluminio y el óxido mixto de calcio y aluminio en el primer catalizador se derivan a partir de un hidróxido doble laminar de calcio y aluminio, o magnesio y aluminio, que puede obtenerse preferiblemente sometiendo a un hidróxido doble laminar de calcio y aluminio, o magnesio y aluminio a una temperatura en el intervalo de 600-700°C, más preferiblemente 600-650°C, durante más de 2 horas, más preferiblemente de 3 a 10 horas.

30 El metal de transición del tercer catalizador se selecciona a partir de molibdeno, tungsteno, renio y mezclas de los mismos.

El metal de transición es preferiblemente tungsteno, más preferiblemente en forma de óxido de tungsteno.

35 En una realización, el soporte inorgánico se selecciona a partir de óxido de aluminio, dióxido de silicio, dióxido de circonio, dióxido de titanio, zeolita y mezclas de los mismos, preferiblemente dióxido de silicio o una mezcla de dióxido de silicio y zeolita.

En una realización, el tercer catalizador comprende tungsteno en un soporte inorgánico que comprende una mezcla de dióxido de silicio y zeolita.

40 Preferiblemente, la zeolita se selecciona a partir de ZSM-5, zeolita X, zeolita Y, zeolita beta, MCM-22, ferrierita y mezclas de los mismos, más preferiblemente zeolita Y.

45 En otra realización preferida, el tercer catalizador comprende además un óxido metálico mixto, más preferiblemente un óxido mixto de magnesio y aluminio, un óxido mixto de calcio y aluminio o una mezcla de los mismos, en el que el óxido metálico mixto se mezcla de manera físicamente preferible con el metal de transición sobre el soporte inorgánico.

50 En una realización particularmente preferida, el tercer catalizador contiene óxido de tungsteno sobre un soporte inorgánico que comprende una mezcla de dióxido de silicio y zeolita Y mezclada físicamente con un óxido mixto de magnesio y aluminio.

Aún más preferiblemente es el óxido mixto de magnesio y aluminio derivado a partir de un precursor de hidróxido doble laminar de magnesio y aluminio.

55 En una realización, el tercer catalizador contiene del 1 al 15 % en peso del metal de transición, aún más preferiblemente del 5 al 10 % en peso del metal de transición, basándose en el peso total del tercer catalizador.

En una realización, el tercer catalizador comprende además un agente dopante seleccionado a partir de zinc, galio, indio, lantano y mezclas de los mismos. Preferiblemente, el agente dopante se soporta sobre el soporte inorgánico.

60 Preferiblemente, el agente dopante está presente en el tercer catalizador en una cantidad del 0,1-10 % en peso, más preferiblemente en una cantidad del 1-5 % en peso, basándose en el peso total del tercer catalizador.

65 El primer catalizador se prepara preferiblemente soportando todos los precursores de elementos del metal activo de deshidrogenación y el metal activo adicional opcional sobre el soporte sólido seguido de un tratamiento térmico adecuado.

De manera similar, el tercer catalizador se prepara preferiblemente soportando sobre el soporte inorgánico todos los precursores de elementos del metal de transición y el agente dopante opcional seguido de un tratamiento térmico adecuado.

5 Los precursores de elementos son compuestos de partida que contienen los elementos deseados que pueden convertirse en la forma deseada de los elementos en el catalizador de conversión de hidrocarburos final mediante el tratamiento térmico adecuado. Por ejemplo, los precursores de elementos pueden incluir óxidos, haluros, alcóxidos, nitratos, carbonatos, formiatos, oxalatos, aminas o hidróxidos de los elementos.

10 Más preferiblemente, el primer catalizador se prepara impregnando, preferiblemente simultáneamente (impregnación de manera conjunta), los precursores de elementos del metal activo de deshidrogenación y el metal activo adicional opcional, que se proporcionan en forma de disolución, sobre el soporte sólido seguido de calcinación. La calcinación se lleva a cabo preferiblemente en atmósfera oxidante, a una temperatura en el intervalo de 300-800°C durante 1-24 horas, incluso más preferiblemente 400-600°C durante 2-10 horas.

15 También más preferiblemente, el tercer catalizador se prepara impregnando, preferiblemente de manera secuencial, los precursores de elementos del metal de transición y el agente dopante opcional, que se proporcionan en forma de disolución, sobre el soporte inorgánico seguido de calcinación. La calcinación se lleva a cabo preferiblemente en atmósfera oxidante, a una temperatura en el intervalo de 300-800°C durante 1-24 horas, aún más preferiblemente 400-600°C durante 2-10 horas.

Los catalizadores primero, segundo y tercero pueden estar en forma de polvo en una realización. En otra realización, los catalizadores primero, segundo y tercero también pueden formarse en una forma más adecuada para la utilización industrial, por ejemplo, gránulos, tableta, producto extruido o esfera.

25 En la conformación de los catalizadores primero, segundo y tercero, puede añadirse un material aglutinante para facilitar la formación del polvo en la forma deseada. Puede usarse cualquier material aglutinante conocido en la técnica.

30 El objeto además se logra por un proceso que comprende poner en contacto una corriente de alimentación de hidrocarburos que comprende un compuesto de hidrocarburos saturados con el sistema catalizador según la presente invención.

En una realización, la corriente de alimentación de hidrocarburos se hace pasar a través del sistema catalizador mediante la puesta en contacto con la al menos una capa del primer catalizador en primer lugar, la al menos una capa del segundo catalizador en segundo lugar y la al menos una capa del tercer catalizador en tercer lugar.

35 En una realización, la corriente de alimentación de hidrocarburos comprende al menos una parafina que tiene de 2 a 5 átomos de carbono, preferiblemente seleccionados a partir de propano, n-butano y una mezcla de los mismos. En otra realización, la corriente de alimentación de hidrocarburos comprende una parafina seleccionada a partir de etano, propano, butano, pentano y mezclas de los mismos, preferiblemente propano, butano y una mezcla de los mismos, aún más preferiblemente, la corriente de alimentación de hidrocarburos es propano.

40 El proceso según la presente invención puede hacerse funcionar en un amplio intervalo de condiciones de funcionamiento. Sin embargo, algunos intervalos específicos de condiciones de funcionamiento pueden dar como resultado una alta selectividad de producción de olefinas.

45 En una realización, el proceso se lleva a cabo a una temperatura en el intervalo de 200-800°C, preferiblemente 350-700°C, aún más preferiblemente 450-650°C.

50 En otra realización, el proceso se lleva a cabo a una presión en el intervalo de 0,01 a 10 bar de presión manométrica, preferiblemente de 0,05 a 5 bar de presión manométrica.

El tiempo de contacto necesario para obtener un rendimiento deseable de productos de olefinas depende de varios factores, como la temperatura de funcionamiento, la presión de funcionamiento y la actividad del catalizador. En una realización, el proceso se lleva a cabo a una velocidad espacial horaria másica (WHSV) en el intervalo de 0,01 a 20 hr⁻¹, preferiblemente de 0,05 a 5 hr⁻¹.

55 Antes de ponerse en contacto con la corriente de alimentación de hidrocarburos, el sistema catalizador opcionalmente puede tratarse previamente. La condición de pretratamiento puede incluir poner en contacto el sistema catalizador con un gas inerte, un gas oxidante, un gas reductor o mezclas de los mismos, a una temperatura elevada, preferiblemente de 250°C a 850°C, más preferiblemente de 400°C a 750°C, aún más preferiblemente de 500°C a 700°C. En una realización preferida, la condición de pretratamiento incluye poner en contacto el catalizador con un gas reductor, más preferiblemente hidrógeno, a una temperatura en el intervalo de 500-700°C durante aproximadamente de 0,5 a 8 horas.

60 Después del contacto con la corriente de alimentación de hidrocarburos en la condición de funcionamiento, pueden

depositarse algunas sustancias tóxicas, hidrocarburos pesados y coque sobre la superficie del sistema catalizador. Esto normalmente afecta a la actividad de la mezcla de catalizador que disminuye gradualmente a lo largo del tiempo. Puede realizarse una regeneración adecuada en el sistema catalizador usado para recuperar al menos parte de su actividad.

En una realización, el proceso de conversión de hidrocarburos comprende una etapa de regeneración en el que la etapa de regeneración incluye poner en contacto el sistema catalizador con un agente oxidante a alta temperatura. La etapa de regeneración debe controlarse cuidadosamente para evitar el sobrecalentamiento y la destrucción de la estructura del catalizador. En una realización, la etapa de regeneración se lleva a cabo a una temperatura en el intervalo de 200°C y 700°C, preferiblemente de 300°C a 600°C. Pueden emplearse otras técnicas de regeneración conocidas sin limitación.

Como puede tomarse de la descripción detallada anterior de la invención, en una realización, el primer catalizador, el segundo catalizador y el tercer catalizador son diferentes entre sí.

Una variedad de los sistemas catalizadores según la invención se han preparado y sometido a prueba según la divulgación anterior. Sorprendentemente los inventores encontraron que el proceso de conversión de hidrocarburos que utiliza el sistema catalizador según la presente invención presentaba un nivel satisfactorio de conversión de parafina, selectividad de olefinas con buena estabilidad del sistema catalizador.

Resultados experimentales

Ejemplo 1 (Comparativo)

El catalizador A se preparó mediante calcinación de un hidróxido doble laminar de Mg-Al-CO₃ en aire a 620°C durante 8 horas para obtener un soporte de óxido mixto de magnesio y aluminio, se impregnó luego sobre el soporte una disolución de ácido cloroplátnico y una disolución de hidrato de nitrato de indio. La mezcla obtenida se secó luego a 110°C y se calcinó a 620°C. El catalizador A resultante contiene un 0,3 % en peso de Pt, un 0,6 % en peso de In, sobre soporte de óxido de Mg-Al.

Se preparó un catalizador B que contiene un 7 % en peso de W, un 4 % en peso de zeolita Y, un 10 % en peso de óxido de Mg-Al, y se preparó SiO₂ de equilibrio impregnando una disolución de hidrato de metatungstato de amonio, que luego se secó a 110°C durante 3 horas. Luego, el material resultante se mezcló entonces con hidróxido doble laminar de Mg-Al-CO₃ seguido de calcinación en aire a 550°C durante 2 horas.

Se cargaron 4 gramos del catalizador B en un reactor de acero inoxidable de $\frac{3}{4}$ de pulgada, seguido de 1,5 gramos del catalizador A. El lecho de catalizador resultante se trató previamente en gas de hidrógeno a 580°C durante 30 minutos. Luego, el lecho de catalizador se dejó enfriar a 570°C antes de que el propano se alimentara a través del lecho de catalizador, poniéndose en contacto en primer lugar con el catalizador A, a una WHSV aproximadamente de 0,5 hr⁻¹.

El efluente del reactor se envió a un equipo de cromatografía de gases para medir la distribución de productos. El resultado de esta prueba se muestra en la tabla 1.

Ejemplo 2

El catalizador A y el catalizador B se prepararon usando el método descrito en el ejemplo 1.

Se cargaron 4 gramos del catalizador B en un reactor de acero inoxidable de $\frac{3}{4}$ de pulgada, seguido de 1 gramo de óxido de calcio, y seguido de 1,5 gramos del catalizador A.

El lecho de catalizador resultante se sometió a una condición de pretratamiento y prueba de reacción tal como se describe en el ejemplo 1. El resultado de esta prueba se muestra en la tabla 1.

Ejemplo 3

El catalizador A y el catalizador B se prepararon usando el método descrito en el ejemplo 1.

Se cargaron 4 gramos del catalizador B en un reactor de acero inoxidable de $\frac{3}{4}$ pulgadas, seguido de 1 gramo de óxido de magnesio, y seguido de 1,5 gramos del catalizador A.

El lecho de catalizador resultante se sometió a una condición de pretratamiento y prueba de reacción tal como se describe en el ejemplo 1. El resultado de esta prueba se muestra en la tabla 1.

Ejemplo 4

El catalizador C se preparó calcinando un hidróxido doble laminar de Mg-Al-CO₃ en aire a 620°C durante 8 horas para obtener un soporte de óxido mixto de magnesio y aluminio, se impregnó luego sobre el soporte una disolución de ácido cloroplatinico y una disolución de hidrato de cloruro de estaño. La mezcla obtenida se secó luego a 110°C y se calcinó a 620°C. El catalizador C resultante contiene un 0,3 % en peso de Pt, un 0,6 % en peso de Sn, sobre soporte de óxido de Mg-Al.

El catalizador B se preparó tal como se describe en el ejemplo 1.

Se cargaron 4 gramos del catalizador B en un reactor de acero inoxidable de $\frac{3}{4}$ de pulgada, seguido de 1 gramo de óxido de calcio, y seguido de 1,5 gramos del catalizador C.

El lecho de catalizador resultante se sometió a una condición de pretratamiento y prueba de reacción tal como se describe en el ejemplo 1. El resultado de esta prueba se muestra en la tabla 1.

Tabla 1

Sistema de catalizador	Conversión de C ₃ H ₈ (% en peso)	Selectividad (% en peso)							
		Olefinas totales	CH ₄	C ₂ H ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₆	C ₄ H ₈	C ₄ H ₁₀	C ₅ +
Ejemplo 1	30,06	84,29	5,05	19,47	8,84	37,21	17,85	1,81	9,64
Ejemplo 2	24,01	90,44	4,66	20,65	4,20	42,24	18,17	0,69	9,39
Ejemplo 3	31,96	87,14	4,95	20,24	6,85	38,24	17,32	1,05	11,35
Ejemplo 4	34,44	88,28	4,58	19,61	6,07	40,29	18,53	1,07	9,85

Ejemplo 6 (Comparativo)

El catalizador A y el catalizador B se prepararon usando el método descrito en el ejemplo 1.

Se cargaron 4 gramos del catalizador B en un reactor de acero inoxidable de $\frac{3}{4}$ de pulgada, seguido de 1,5 gramos del catalizador A.

El lecho de catalizador resultante se sometió a una condición de pretratamiento y prueba de reacción tal como se describe en el ejemplo 1, pero a una WHSV de aproximadamente 0,2 hr⁻¹. El resultado de esta prueba se muestra en la tabla 2.

Ejemplo 7

El catalizador A y el catalizador B se prepararon usando el método descrito en el ejemplo 1.

Se cargaron 0,7 gramos del catalizador B en un reactor de acero inoxidable de $\frac{3}{4}$ de pulgada, seguido de 1 gramo de óxido de magnesio, seguido de 4 gramos del catalizador A, seguido de 1 gramo de óxido de magnesio, y seguido de 1,5 gramos del catalizador A.

El lecho de catalizador resultante se sometió a una condición de pretratamiento y prueba de reacción, tal como se describe en el ejemplo 6. El resultado de esta prueba se muestra en la tabla 2.

Tabla 2

Ejemplo	Conversión de C ₃ H ₈ (% en peso)	Selectividad (% en peso)					
		Olefinas totales	CH ₄	C ₂ H ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₆	C ₄ H ₈
Ejemplo 6	29,9	60,4	11,0	16,6	15,9	30,1	13,7
Ejemplo 7	28,3	75,1	3,1	12,8	9,9	43,1	19,2

REIVINDICACIONES

1. Sistema catalizador que comprende:
 - 5 (a) al menos una capa de un primer catalizador que comprende un metal activo de deshidrogenación sobre un soporte sólido;
 - (b) al menos una capa de un segundo catalizador que comprende un óxido metálico; y
 - 10 (c) al menos una capa de un tercer catalizador que comprende un metal de transición sobre un soporte inorgánico;en el que la al menos una capa de un segundo catalizador está interpuesta entre la al menos una capa de un primer catalizador y la al menos una capa de un tercer catalizador,
- 15 en el que el metal activo de deshidrogenación se selecciona a partir de platino, paladio, iridio, cromo y mezclas de los mismos,
- 20 en el que el metal de transición se selecciona a partir de molibdeno, renio, tungsteno y mezclas de los mismos,
- en el que el óxido metálico comprende el óxido de magnesio, óxido de calcio o una mezcla de los mismos.
2. Sistema catalizador según la reivindicación 1, en el que una razón en peso entre la al menos una capa de un primer catalizador con respecto a la al menos una capa de un tercer catalizador está en el intervalo de 1:10 a 10:1.
- 25 3. Sistema catalizador según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el soporte sólido se selecciona a partir de óxido de aluminio, dióxido de silicio, dióxido de circonio, dióxido de titanio, óxido de magnesio, óxido de calcio y mezclas de los mismos.
- 30 4. Sistema catalizador según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el primer catalizador comprende además un metal activo adicional seleccionado a partir de potasio, estaño, lantano, indio, itrio, iterbio, renio y mezclas de los mismos.
- 35 5. Sistema catalizador según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el primer catalizador contiene del 0,01 al 25 % en peso del metal activo de deshidrogenación.
6. Sistema catalizador según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el soporte inorgánico se selecciona a partir de óxido de aluminio, dióxido de silicio, dióxido de circonio, dióxido de titanio, zeolita y mezclas de los mismos.
- 40 7. Sistema catalizador según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el tercer catalizador comprende además un óxido mixto de magnesio y aluminio, un óxido mixto de calcio y aluminio, o una mezcla de los mismos.
- 45 8. Proceso que comprende poner en contacto una corriente de alimentación de hidrocarburos que comprende un compuesto de hidrocarburos saturados con el sistema catalizador según cualquiera de las reivindicaciones 1-7.
- 50 9. Proceso según la reivindicación 8, en el que la corriente de alimentación de hidrocarburos se hace pasar a través del sistema catalizador mediante la puesta en contacto con la al menos una capa del primer catalizador en primer lugar, la al menos una capa del segundo catalizador en segundo lugar y la al menos una capa del tercer catalizador en tercer lugar.
- 55 10. Proceso según la reivindicación 8 o 9, en el que la corriente de alimentación de hidrocarburos comprende una parafina seleccionada a partir de etano, propano, butano, pentano y mezclas de los mismos.
- 60 11. Proceso según cualquiera de las reivindicaciones 8-10, en el que el proceso se lleva a cabo a una temperatura en el intervalo de 200-800°C.
- 65 12. Proceso según cualquiera de las reivindicaciones 8-11, en el que el sistema catalizador se trata previamente poniendo en contacto el sistema catalizador con un gas inerte, un gas oxidante, un gas reductor o mezclas de los mismos a una temperatura en el intervalo de 250-850°C antes de ponerse en contacto con la corriente de alimentación de hidrocarburos.