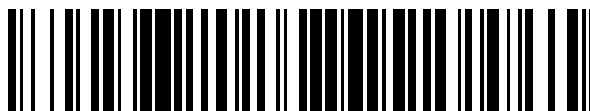


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 540 530**

51 Int. Cl.:

C07D 317/36 (2006.01)

C07C 29/128 (2006.01)

C07C 31/20 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.02.2007** **E 07704656 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.05.2015** **EP 1987018**

54 Título: **Proceso para la producción de carbonato de alquileo y uso del carbonato de alquileo de esta manera producido en la fabricación de un alcanodiol y de un carbonato de dialquilo**

30 Prioridad:

22.02.2006 US 775636 P

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

10.07.2015

73 Titular/es:

**SHELL INTERNATIONALE RESEARCH
MAATSCHAPPIJ B.V. (100.0%)
CAREL VAN BYLANDTLAAN 30
2596 HR THE HAGUE, NL**

72 Inventor/es:

**VAN DER HEIDE, EVERT;
VAN KESSEL, GERARDUS MARTINUS MARIA;
NISBET, TIMOTHY MICHAEL y
VAPORCIYAN, GARO GARBIS**

74 Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

ES 2 540 530 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

Proceso para la producción de carbonato de alquileo y uso del carbonato de alquileo de esta manera producido en la fabricación de un alcanodiol y de un carbonato de dialquilo

La presente invención se refiere a un proceso para la producción de carbonato de alquileo y al uso del carbonato de alquileo de esta manera producido en la fabricación de un alcanodiol y de un carbonato de dialquilo.

Se conocen procesos para la producción de carbonatos de alquileo. El documento WO-A 2005/003113 desvela un proceso en que el dióxido de carbono se hace contactar con un óxido de alquileo en presencia de un catalizador apropiado. El catalizador desvelado es un compuesto de fosfonio de tetraalquilo. Esta memoria descriptiva desvela que el catalizador es muy estable si el catalizador se recicla hacia la preparación de carbonato de alquileo en un alcohol, en particular en propilenglicol (1,2-propanodiol). En el documento WO-A 2005/051939 se desvela que la descomposición de un tal catalizador de fosfonio se reduce si la reacción se realiza en presencia de una cantidad menor de compuestos carbonilo, en particular aldehídos. Ambos documentos muestran la eficacia de los procesos en experimentos discontinuos.

Aunque la presencia del 1,2-propanodiol como disolvente reduce la descomposición del catalizador de fosfonio, tiene la desventaja de que el compuesto es propenso a reaccionar con el óxido de alquileo. Esto se vuelve lo más aparente en el caso de un proceso continuo en que el catalizador se recicla hacia el reactor donde el carbonato de alquileo se forma en realidad. Además, en un proceso continuo el producto de reacción que contiene carbonato de alquileo, 1,2-propanodiol y catalizador ha de someterse a un tratamiento. Tal tratamiento incluye generalmente una o más etapas de destilación para separar el producto de los reactivos. Ya que el punto de ebullición del 1,2-propanodiol es inferior a aquel del carbonato de propileno, se retira el 1,2-propanodiol del carbonato de propileno durante el tratamiento del producto de reacción. Por lo tanto, el efecto estabilizante del 1,2-propanodiol desaparece durante el tratamiento.

Se ha descubierto ahora que la estabilidad del catalizador no se deteriora si el reciclaje del catalizador en el proceso se realiza en presencia del carbonato de alquileo.

En consecuencia, la presente invención proporciona un proceso para la producción de un carbonato de alquileo por la reacción de un óxido de alquileo con dióxido de carbono en presencia de un compuesto de fosfonio como catalizador en cuyo proceso

- (a) el óxido de alquileo, el dióxido de carbono y el catalizador de fosfonio se introducen continuamente en una zona de reacción de donde se extrae un flujo de producto que contiene carbonato de alquileo y catalizador,
- (b) el carbonato de alquileo y una mezcla de carbonato de alquileo y de catalizador de fosfonio se separan del flujo de producto y, y
- (c) el carbonato de alquileo, separado en la etapa (b), se recupera como producto, y
- (d) la mezcla de carbonato de alquileo y de catalizador de fosfonio, donde la cantidad de catalizador de fosfonio varía del 1 al 90 % en peso, en base a la mezcla total, se recicla continuamente hacia la zona de reacción.

El presente proceso permite un uso prolongado del catalizador que se recicla continuamente hacia la zona de reacción. Es evidente que el proceso rinda una tremenda ventaja sobre los procesos discontinuos descritos en los documentos de la técnica anterior. Debido a que la formación del carbonato de alquileo es una reacción reversible no habría sido obvio reciclar el carbonato de alquileo hacia la zona de reacción ya que el experto en la materia habría esperado un riesgo de reducir el rendimiento del producto de carbonato de alquileo deseado. Otra ventaja de la presente invención reside en que ya que la separación entre el catalizador y el carbonato de alquileo no necesita estar completa puede emplearse un método de separación relativamente barato.

Se ha encontrado que la combinación del carbonato de alquileo y del óxido de alquileo puede tener un efecto deteriorante en el catalizador si el catalizador se expone durante un periodo prolongado a la combinación de estos compuestos. Por lo tanto, se prefiere que la mezcla del carbonato de alquileo y del catalizador de fosfonio no contenga más de un 1 % en peso de óxido de alquileo, preferentemente como mucho un 0,5 % en peso, en base al peso total de carbonato de alquileo y de catalizador de fosfonio. Más preferentemente, la mezcla está sustancialmente libre de óxido de alquileo.

El catalizador es un compuesto de fosfonio. Se conocen tales catalizadores, por ejemplo, del documento US-A 5.153.333, del documento US-A 2.994.705, del documento US-A 4.434.105, del documento WO-A 99/57108, del documento EP-A 776.890 y del documento WO-A 2005/003113. Preferentemente, el catalizador es un haluro de fosfonio de fórmula R_4PHal , en que Hal significa haluro y R puede ser el mismo o diferente y puede seleccionarse de un grupo alquilo, un alqueno, un alifático cíclico o un aromático. El grupo R contiene apropiadamente de 1 a 12 átomos de carbono. Se obtienen buenos resultados siendo R un grupo alquilo C_{1-8} . Los más preferidos son los grupos R seleccionándose de grupos metilo, etilo, n-propilo, isopropilo, n-butilo, isobutilo y t-butilo. Preferentemente, el ión haluro es bromuro. Parecía que los compuestos de bromuro eran más estables que los compuestos de cloruro correspondientes y más estables que los compuestos de yoduro correspondientes. El catalizador de fosfonio más

preferido es bromuro de tetra (n-butil) fosfonio.

El óxido de alquileo que se convierte en el presente proceso es apropiadamente óxido de alquileo C_{2-4} , en particular óxido de etileno u óxido de propileno o mezclas de los mismos.

La cantidad de catalizador de fosfonio puede expresarse convenientemente en mol de catalizador por mol de óxido de alquileo. Debido a una cantidad inferior de productos secundarios, el proceso objeto se lleva a cabo apropiadamente en presencia de al menos 0,0001 moles del catalizador de fosfonio por mol de óxido de alquileo. Preferentemente, la cantidad de catalizador de fosfonio presente es tal que varía de 0,0001 a 0,1 moles de catalizador de fosfonio, más preferentemente de 0,001 a 0,05 y más preferentemente de 0,003 a 0,03 moles de catalizador de fosfonio por mol de óxido de propileno.

La reacción del dióxido de carbono con el óxido de alquileo es reversible. Eso significa que el carbonato de alquileo formado puede convertirse de nuevo en dióxido de carbono y en el óxido de alquileo. La relación molar entre el dióxido de carbono y el óxido de alquileo puede ser tan baja como 0,5:1, más apropiadamente de 0,75:1. En vista de la reversibilidad de la reacción se prefiere asegurar un exceso de dióxido de carbono, tal como 1,1:1 a 10:1, más preferentemente de 1,5:1 a 5:1, más preferentemente de 1,5:1 a 2:1. Un modo apropiado para establecer un exceso de dióxido de carbono es realizar la reacción a una presión de dióxido de carbono elevada y manteniendo la presión constante dosificando dióxido de carbono. La presión total varía apropiadamente de 0,5 a 20 MPa (5 a 200 bar); la presión parcial del dióxido de carbono está preferentemente en el intervalo de 0,5 a 7 (5 a 70), más preferentemente de 0,7 a 5 (7 a 50) y más preferentemente de 1 a 2 MPa (10 a 20 bar).

La temperatura de reacción puede seleccionarse de un amplio intervalo. Apropiadamente la temperatura se selecciona de 30 a 300 °C. La ventaja de la temperatura relativamente alta es el aumento en la velocidad de reacción. Sin embargo, si la temperatura de reacción es demasiado alta, pueden darse reacciones secundarias, entre otras, la degradación del carbonato de alquileo en dióxido de carbono y propionaldehído o acetona y la reacción indeseada del óxido de alquileo con cualquier alcanodiol, si está presente. Por lo tanto, la temperatura se selecciona apropiadamente de 100 a 220 °C.

El experto en la materia será capaz de adaptar otras condiciones de reacción según corresponda. El tiempo de residencia del óxido de alquileo y del dióxido de carbono en la zona de reacción puede seleccionarse sin carga indebida. El tiempo de residencia puede variarse normalmente entre 5 min y 24 horas, preferentemente entre 10 minutos y 10 horas. La conversión del óxido de alquileo es apropiadamente al menos el 95 %, más preferentemente al menos el 98 %. Dependiendo de la temperatura y de la presión puede adaptarse el tiempo de residencia. La concentración del catalizador puede variar también entre intervalos amplios. Las concentraciones apropiadas incluyen del 1 al 25 % en peso, en base a la mezcla de reacción total. Pueden obtenerse buenos resultados con una concentración de catalizador del 2 al 8 % en peso, en base a la mezcla de reacción total.

Aunque la presencia del carbonato de alquileo ya asegura que la estabilidad del catalizador se mantenga, se prefiere proporcionar un alcohol en la mezcla de carbonato de alquileo y de catalizador de fosfonio. A ello uno puede añadir el alcohol a la mezcla antes de la introducción en la zona de reacción. De manera alternativa, uno puede añadir el alcohol directamente en la zona de reacción o en cualquier otro lugar apropiado tal que la mezcla del carbonato de alquileo y del catalizador de fosfonio también contenga el alcohol. El alcohol refuerza el efecto estabilizante del catalizador de fosfonio a las temperaturas de reacción. Si un alcohol está presente surge la posibilidad de que el alcohol reaccione con el óxido de alquileo para formar alcoxi-alcohol. Esta es otra razón para mantener la temperatura de reacción relativamente baja, por ejemplo, en el intervalo de 100 a 220 °C.

Pueden seleccionarse muchos alcoholes para aumentar la estabilidad del catalizador de fosfonio. El alcohol puede ser monovalente, bivalente o multivalente. El alcohol puede comprender una cadena alifática C_{1-12} sustituida por uno o más grupos hidroxilo. También pueden usarse alcoholes aromáticos o alcoholes alquilaromáticos, apropiados los que tienen de 6 a 12 átomos de carbono. También pueden usarse polialquilenglicoles o los éteres de monoalquilo de los mismos. También pueden usarse mezclas.

Preferentemente, los alcoholes usados se seleccionan del grupo que consiste en mono-alcanoles C_{1-6} , alcanodiolos C_{2-6} , alcanopolioles C_{3-6} , incluyendo glicerol, fenol, fenoles alquilsustituidos C_{1-6} , alcoholes cicloalifáticos C_{6-12} y mezclas de los mismos. Son muy adecuados los alcanopolioles C_{2-6} , en particular 1,2-etanodiol, 1,2-propanodiol, sorbitol y mezclas de los mismos. El uso de etano o de propanodiol tiene la ventaja de que la mezcla de reacción no se contamina con alcoholes extraños. El sorbitol proporciona una estabilidad excelente al catalizador de fosfonio. Puede ser ventajoso usar una combinación de 1,2-etano o propanodiol y de sorbitol.

Cuando un alcohol se usa en el presente proceso el experto en la materia usará normalmente un exceso molar en comparación con la cantidad de catalizador de fosfonio. Sin embargo, hay un cierto límite. Generalmente, el alcohol debe separarse de la mezcla de reacción, en particular del producto de carbonato de alquileo. Por razones económicas el exceso por lo tanto se optimizará apropiadamente para equilibrar los beneficios para la mejora de estabilidad con los costes de separación. Apropiadamente, la cantidad de alcohol varía de 1 a 100, preferentemente de 2 a 60, más preferentemente de 3 a 15 moles de alcohol por mol de catalizador de fosfonio.

En cuanto a las cantidades relativas de carbonato de alquileo y de alcohol el experto en la materia puede variar la relación en amplios intervalos. Se han obtenido muy buenos resultados empleando una relación en peso de carbonato de alquileo a alcohol de 0,1-10, en particular de 0,2 a 5, más preferentemente de 0,5 a 2. En vista de la oportunidad para la reacción indeseada entre el óxido de alquileo y un alcohol en la zona de reacción la cantidad de alcohol se mantiene apropiadamente en un nivel relativamente bajo, tal como de un 1 a un 15 % en peso, en base al peso de óxido de alquileo, de dióxido de carbono, de carbonato de alquileo y de alcohol en la zona de reacción. Preferentemente la cantidad de alcohol varía de un 5 a un 10 % en peso.

Es ventajoso si el contenido del catalizador de fosfonio en la mezcla a reciclarse es relativamente alto. Eso significaría que el rendimiento del producto de carbonato de alquileo es alto mientras que los costes para reciclar se mantienen en un mínimo. Por lo tanto, la cantidad de catalizador de fosfonio en la mezcla de catalizador de fosfonio y de carbonato de alquileo varía preferentemente de un 1 a un 90 % en peso, en base a la mezcla total, más preferentemente de un 5 a un 75 %. Ya que se ha encontrado que la estabilidad del catalizador se reduce ligeramente cuando la relación de alquileo a catalizador está por debajo de 1 la cantidad de catalizador de fosfonio es más preferentemente de un 10 a un 40 % en peso. La mezcla total comprende catalizador de fosfonio, carbonato de alquileo y, opcionalmente, alcohol.

El carbonato de alquileo que se produce en el presente proceso puede usarse apropiadamente para la producción de alcanodiol y de dialquilocarbonato. En consecuencia, la presente invención también proporciona un proceso para la preparación de alcanodiol y de carbonato de dialquilo que comprende hacer reaccionar un alcohol y carbonato de alquileo sobre un catalizador de transesterificación en que el carbonato de alquileo se ha preparado por el proceso de la presente invención y recuperando el alcanodiol y el carbonato de dialquilo de la mezcla de reacción resultante. El alcohol es apropiadamente un alcohol C₁₋₄. Preferentemente el alcohol es metanol, etanol o isopropanol. Los alcanoles más preferidos son metanol y etanol.

La reacción de transesterificación por sí misma se conoce. En este contexto se hace referencia al documento US-A 4.691.041, que desvela un proceso para la fabricación de etilenglicol y de carbonato de dimetilo por la reacción de transesterificación sobre un sistema catalizador heterogéneo, en particular una resina de intercambio iónico con los grupos funcionales amina terciaria, amonio cuaternario, ácido sulfónico y ácido carboxílico, silicatos alcalinos y alcalinotérreos impregnados en sílice y zeolitos de amonio intercambiado. Los documentos US-A 5.359.118 y US-A 5.231.212 desvelan un proceso continuo para preparar carbonatos de dialquilo sobre un intervalo de catalizadores, incluyendo compuestos de metal alcalino, en particular hidróxidos o alcoholatos de metal alcalino, compuestos de talio, bases que contienen nitrógeno tales como trialkilaminas, fosfinas, estibinas, arseninas, compuestos de azufre o de selenio y sales de estaño, titanio o circonio. De acuerdo con el documento WO-A 2005/003113 la reacción se realiza sobre catalizadores heterogéneos, por ejemplo alúmina. Esta memoria descriptiva proporciona la separación del catalizador de fosfonio de los productos de reacción. Para este fin, se propone retirar el catalizador de fosfonio junto con el alcanodiol. Sin embargo, de acuerdo con la presente invención se prefiere separar el alcohol, si está presente, en una etapa anterior. De acuerdo con la presente invención el alcohol se separa preferentemente del flujo de producto que contiene carbonato de alquileo y catalizador de fosfonio. De esta manera la cantidad de alcohol a reciclarse puede mantenerse en un mínimo. Además, cualquier compuesto de haluro que puede formarse durante la reacción como producto secundario se retira del producto de carbonato de alquileo y no puede obstaculizar ninguna etapa posterior del proceso. Además se ha encontrado que si el producto secundario de haluro se recicla hacia la zona de reacción junto con el alcohol y con el catalizador de fosfonio se añaden al comportamiento catalítico del sistema.

La Figura da una vista esquemática del proceso de la presente invención.

La figura muestra una zona de reacción 1 en la que se suministra el óxido de alquileo a través de una línea 2. El óxido de alquileo se combina con una mezcla de catalizador de fosfonio, por ejemplo, bromuro de tetrabutil fosfonio, a través de la línea 4 y los reactivos juntos se pasan a la zona de reacción 1. La mezcla en la línea 4 también contiene un alcohol, por ejemplo, 1,2-propanodiol, y carbonato de alquileo, por ejemplo carbonato de propenilo. A través de una línea 3 el dióxido de carbono también se pasa a la zona de reacción 1. La zona de reacción 1 puede comprender solamente un reactor. También es factible llevar a cabo la reacción en dos o más reactores. En tales casos sería ventajoso proporcionar la cantidad óptima de dióxido de carbono en exceso en los reactores retirando o añadiendo dióxido de carbono entre los reactores. Los reactores se realizan apropiadamente en condiciones de flujo pistón. Se prefiere incluso más tener un reactor de mezcla de vuelta, por ejemplo un Reactor de Tanque Continuamente Agitado (CSTR), seguido de un reactor de flujo-pistón. Tal combinación se conoce por ejemplo el documento US-A 4.314.945. El carbonato de alquileo junto con el catalizador de fosfonio y el alcohol se descargan de la zona de reacción desde el fondo a través de una línea 5. Los contenidos de la línea 5 se pasan a una primera zona de separación 6 en que el alcohol se separa a través de la línea 7 arriba o de manera alternativa en la parte superior, y a partir de la que la mezcla de carbonato de alquileo y de catalizador de fosfonio se retira a través de la línea 8 al fondo o parte inferior. A partir de la línea 7 pueden retirarse productos secundarios de baja ebullición y/o dióxido de carbono en exceso residual (no se muestra). Se observa que esta situación puede surgir cuando el alcohol tiene un punto de ebullición inferior al del carbonato de alquileo, como es el caso cuando el alcohol usado es 1,2-propanodiol y el carbonato de alquileo usado es carbonato de propenilo. Cuando un alcohol de alta ebullición se usa junto con un alcohol de baja ebullición, por ejemplo sorbitol junto con 1,2-propanodiol, el

efluente en la línea 8 comprenderá el alcohol de alta ebullición. Cuando solamente se usa un alcohol de alta ebullición, por ejemplo solamente sorbitol en la fabricación de carbonato de propileno o de etileno, la zona de separación 6 solamente necesita usarse para retirar productos secundarios ligeros y/o dióxido de carbono en exceso.

El efluente en la línea 8 se pasa a una zona de separación adicional 9 en que se separa el carbonato de alquileo, se descarga en lo alto a través de una línea 10 y se recupera como producto. El producto del fondo de la zona de separación 9 comprende carbonato de alquileo, catalizador de fosfonio y, opcionalmente, alcohol de alta ebullición. Este producto del fondo se descarga a través de la línea 11. Posiblemente, puede añadirse alcohol hecho arriba a través de una línea 12 en una línea 11 o en cualquier otro lugar apropiado en el proceso. Al menos parte del alcohol que se separó en la zona de separación 6 y que se extrajo a través de la línea 11 se añade a la mezcla de carbonato de alquileo y de catalizador de fosfonio. La mezcla resultante se suministra a través de la línea 11. El catalizador hecho arriba adicional, si hay, puede combinarse con la mezcla en la línea 11 y reciclarse a través de las líneas 4 y 2 hacia la zona de reacción 1.

Ejemplos

EJEMPLO 1

Para mostrar que la presencia de carbonato de alquileo mantiene la estabilidad del catalizador, se agitó una mezcla de catalizador de bromuro de tetra n-butil fosfonio (TBPB), carbonato de propileno (PC) y opcionalmente 1,2-propanodiol (1,2PD) al aire libre a 120 °C durante 18 horas. El catalizador al principio contenía un 0,06 % en peso de óxido de tributil fosfina (TBPO). La cantidad de TBPO en el catalizador, como indicativo de la degradación del TBPB, se determinó después de 18 horas a través de RMN-³¹P. Los resultados se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1

Nº de experimento	TBPB, g	PC, g	1,2PD, g	TBPO, % en peso
1	10	-	-	0,21
2	2	7,5	-	0,26
3	9	1	-	0,43
4	2	6	2	0,12

EJEMPLO 2

En una serie de experimentos se mostró el efecto del líquido en la estabilidad de un catalizador de fosfonio.

Se usó una mezcla de 150 g de carbonato de propileno y de 50 g de bromuro de tetrabutil fosfonio para imitar un flujo a reflujo desde la zona de reacción en que el óxido de propileno se hace reaccionar con dióxido de carbono. Se añadió alcohol (8 g) a la mezcla y la mezcla resultante se mantuvo en un recipiente cerrado a presión atmosférica y a una temperatura específica durante un periodo como se indica en la Tabla 2 a continuación. La degradación del catalizador de fosfonio se determinó por RMN ³¹P. También se determinó la degradación del carbonato de propileno midiendo el aumento de presión al final del periodo. El aumento de presión está causado por la descomposición del carbonato de propileno en aldehído y dióxido de carbono.

Los resultados se graban en la Tabla.

Tabla 2

Nº de exp.	Alcohol	Tiempo, h	Temperatura, °C	Degradación del catalizador, % en moles	Aumento de presión, MPa (bar)
5	-	172	145	0,68	0,9 (9)
6	Glicerol	172	145	0,36	0,55 (5,5)
7	Propanodiol	172	145	0,41	0,45 (4,5)
8	Sorbitol	172	145	0,35	0,6 (6)
9	-	24	175	1,4	2 (20)
10	Glicerol	24	175	0,74	0,9 (9)

Los resultados anteriores muestran que la presencia de un alcohol además de carbonato de propileno tiene un efecto estabilizante en el catalizador y también reduce la degradación del carbonato de propileno.

EJEMPLO 3

Este ejemplo muestra el efecto deletéreo del óxido de propileno en la combinación de carbonato de propileno y del catalizador de fosfonio. Por lo tanto, se mezclaron 50 g de catalizador de bromuro de tetra n-butil fosfonio (TBPB), 150 g de carbonato de propileno (PC), 5 g de óxido de propileno (PO) y opcionalmente, 3 g de 1,2-propanodiol (1,2PD) en un autoclave y se calentaron durante un cierto periodo a 180 °C. El catalizador contenía un 0,06 % en peso de óxido de tributil fosfina (TBPO) al inicio del experimento. Al final del experimento se determinó la cantidad de TBPO por RMN-³¹P. Los resultados se presentan en la Tabla 3.

Tabla 3

Nº de exp.	TBPB, g	PC, g	PO, g	1,2PD, g	Duración, min	TBPO, % en peso
11	50	150	5	-	1350	2,50
12	50	150	5	3	1300	2,37

Los resultados muestran que la combinación de óxido de propileno y carbonato de propileno disminuye la estabilidad del catalizador de fosfonio.

REIVINDICACIONES

1. Un proceso para la producción de carbonato de alquileo por la reacción de un óxido de alquileo con dióxido de carbono en presencia de un compuesto de fosfonio como catalizador en cuyo proceso
5 (a) el óxido de alquileo, el dióxido de carbono y el catalizador de fosfonio se introducen continuamente en una zona de reacción de donde se extrae un flujo de producto que contiene carbonato de alquileo y catalizador,
 (b) el carbonato de alquileo y una mezcla de carbonato de alquileo y de catalizador de fosfonio se separan del flujo de producto y, y
10 (c) el carbonato de alquileo, separado en la etapa (b), se recupera como producto, y
 (d) la mezcla de carbonato de alquileo y de catalizador de fosfonio, donde la cantidad de catalizador de fosfonio varía del 1 al 90 % en peso, en base a la mezcla total, se recicla continuamente hacia la zona de reacción.
2. Un proceso de acuerdo con la reivindicación 1, donde el catalizador es un haluro de fosfonio de fórmula $R_4P\text{Hal}$, en que Hal significa haluro y R puede ser el mismo o diferente y puede seleccionarse de un grupo alquilo, un alquenilo, un alifático cíclico o un aromático.
3. Un proceso de acuerdo con la reivindicación 2, donde el catalizador es bromuro de tetra (n-butil) fosfonio.
- 20 4. Un proceso de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, donde la mezcla de carbonato de alquileo y de catalizador de fosfonio contiene adicionalmente un alcohol.
5. Un proceso de acuerdo con la reivindicación 4, donde el alcohol se selecciona del grupo que consiste en mono-alcoholes C_{1-6} , alcanodiolos C_{2-6} , alcanopolioles C_{3-6} , fenol, fenoles alquilsustituídos C_{1-6} , alcoholes cicloalifáticos C_{6-12} y mezclas de los mismos.
- 25 6. Un proceso de acuerdo con la reivindicación 5, donde el alcohol se selecciona de 1,2-etanodiol, 1,2-propanodiol, sorbitol, glicerol y mezclas de los mismos.
- 30 7. Un proceso de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, donde la mezcla de catalizador de fosfonio y de carbonato de alquileo no contiene más de un 1 % en peso de óxido de alquileo.
8. Un proceso de acuerdo con la reivindicación 7, donde la mezcla de catalizador de fosfonio y de carbonato de alquileo está sustancialmente libre de óxido de alquileo.
- 35 9. Un proceso para la preparación de alcanodiol y de carbonato de dialquilo que comprende preparar un carbonato de alquilo por la reacción de un óxido de alquileo con dióxido de carbono en presencia de un compuesto de fosfonio como catalizador por el proceso de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, haciendo reaccionar un alcohol y el carbonato de alquileo sobre un catalizador de transesterificación y recuperando el alcanodiol y el carbonato de dialquilo de la mezcla de reacción resultante.
- 40

Fig.1.

