

Bogotá, D.C. octubre de 2017

Señores
SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO
Delegatura para la Propiedad Industrial
Dirección de Nuevas Creaciones
Bogotá - Colombia

Expediente: NC2017/0008099
Asunto: Respuesta Oficio 12206

MARIO ANDRES ORTEGA, identificado como aparece al pie de mi firma y actuando en representación del **UNIVERSIDAD DE LA SABANA**, me permito dar respuesta al estudio de forma de la solicitud de patente de invención con expediente de la referencia en los siguientes términos:

1. Poder

Adjunto documento de poder otorgado por la sociedad solicitante de acuerdo al petitorio del expediente de la referencia.

2. Cesión

Anexo documento de cesión de derechos para la patente de los inventores a la sociedad solicitante de acuerdo al petitorio del expediente de la referencia.

3. Título

Pongo a su consideración el título de la solicitud como se incluye en la nueva descripción adjunta, teniendo en cuenta que la novedad de la invención se sustenta en el sistema como tal y los reactivos y los productos obtenidos.

4. Reivindicaciones

Acompaño esta comunicación con nuevos capítulos descriptivo y reivindicatorio.

Cordialmente,



MARIO ANDRES ORTEGA M.
CC. 13540378

TP. 115226 del C.S. de la J.



Universidad de
La Sabana

CONTRATO DE CESIÓN DE DERECHOS DE PROPIEDAD INDUSTRIAL

Nosotros, **Martha Isabel Cobo Ángel, Manuel Alfredo Figueredo Medina y Jorge Alonso Becerra Sánchez**, mayores de edad, vecinos de la ciudad de Bogotá, Colombia, identificados como aparece al pie de nuestra firma, actuando en propio nombre, en calidad de creadores de la invención **"SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE ETILENO A PARTIR DE BIOETANOL"**, y quienes para los efectos del presente contrato se denominan los **CEDENTES** por una parte y, por la otra, la **UNIVERSIDAD DE LA SABANA**, institución privada de educación superior legalmente constituida, sin ánimo de lucro, identificada tributariamente con NIT 860.075.558-1, domiciliada en el municipio de Chía, Cundinamarca, Colombia y representada en este acto por **MAURICIO ROJAS PÉREZ**, mayor de edad y vecino de la ciudad de Bogotá, Colombia, identificado como aparece al pie de su firma, quien adelante se denominará la **CESIONARIA**, hemos decidido celebrar el presente contrato de cesión de derechos de propiedad industrial sobre invención de acuerdo con las siguientes cláusulas:

PRIMERA. OBJETO - Que los **CEDENTES**, como creadores de la invención denominada **"SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE ETILENO A PARTIR DE BIOETANOL"** (en adelante **LA INVENCION**), ceden y traspasan, de manera voluntaria y gratuita, todos los derechos patrimoniales sobre la invención, a favor de la **CESIONARIA** de acuerdo con lo establecido en los Capítulos II y V de la Decisión 486 del 14 de septiembre del año 2000 (Comisión de la Comunidad Andina de Naciones).

SEGUNDA. ALCANCE - Los **CEDENTES** en virtud de la presente cesión de derechos de propiedad industrial sobre **LA INVENCION** u otra que se suscriba en el futuro, renuncian paralelamente a sus derechos de explotación sobre los derechos que transfiere a la **CESIONARIA**. Así mismo, los **CEDENTES** garantizan y garantizarán en todo momento ser los únicos creadores intelectuales y/o titulares de los derechos y contenidos intelectuales e industriales que cede por medio de este escrito o ceda en el futuro a favor de la **CESIONARIA**. En aquél caso en que sean los dependientes de los **CEDENTES** quienes realicen los contenidos de propiedad intelectual e industrial objeto de cesión, los **CEDENTES** se comprometen a entregarle a la **CESIONARIA** constancia de cesión a su favor.

TERCERA. - CONDICIONES Y LEGITIMIDAD DE LOS DERECHOS CEDIDOS. Los **CEDENTES** declaran que son los únicos titulares de los derechos que por este acto son cedidos y, en consecuencia, pueden disponer de ellos sin ningún tipo de limitación o gravamen. Así mismo, declaran que para desarrollar la invención objeto de la presente cesión, no se han vulnerado derechos de propiedad intelectual de terceros. En todo caso, los **CEDENTES** aceptan que responderán por cualquier reclamo que, en materia de derechos de autor, de propiedad intelectual y/o de propiedad industrial se pueda presentar, exonerando de cualquier responsabilidad a la **CESIONARIA**.

CUARTA. - VIGENCIA Y FINALIDAD DE LA CESIÓN. Los derechos sobre las invenciones, creaciones, obras, inversiones, signos, distintivos entre OTROS, objeto de este documento, se ceden de forma exclusiva, en su totalidad, desde la firma del presente acuerdo y por el máximo plazo permitido por la ley; con el propósito de su uso y explotación por parte de la **CESIONARIA** en todo el mundo. La cesión comprende facultad de explotar los contenidos intelectuales e industriales en todas sus formas y modalidades, por cualquier medio conocido o por conocer, así como los derechos de reproducción, distribución, comercialización, transformación, adaptación, y comunicación pública (también en todas sus modalidades).

QUINTA. - CONFIDENCIALIDAD: Los **CEDENTES** se comprometen a mantener la reserva sobre la información que tengan, hayan tenido, o puedan llegar a tener respecto a la invención que ceden mediante el presente acuerdo, y todos los elementos que la conforman, hasta tanto la **CESIONARIA** autorice lo contrario.

PARÁGRAFO PRIMERO: Para efectos de este acuerdo, se entiende por confidencial toda comunicación oral o escrita o compartida por otros medios, con independencia del medio que se

utilice, que contenga información cuyo titular pretenda proteger contra su uso ilimitado, divulgación, reproducción, o frente a su competencia en el mercado, y que sea designada como confidencial; especialmente, aquella que contenga secretos profesionales, industriales, comerciales y tecnológicos de la empresa, como software, operaciones, desarrollos de sistemas, procesos de investigación, desarrollo e innovación, análisis, estudios, bases de datos, diseños, dibujos, sistemas de cálculo, entre otros, o que por sus contenidos tenga una naturaleza reservada. Para los efectos de la presente declaración, toda la información que se llegase a transmitir, compartir, divulgar, expresar, por cualquier medio, sea verbal o escrito, deberá ser entendida por los **CEDENTES** como información confidencial.

PARÁGRAFO SEGUNDO: Los **CEDENTES** garantizan que toda la información que se llegue a transmitir, recibir, compartir, divulgar, expresar, por cualquier medio, sea verbal o escrito, deberá ser entendida como confidencial y, en virtud de ello, se comprometen a proteger por todos los medios la información que le sea revelada y a abstenerse de usarla, facilitarla, divulgarla o revelarla, salvo que medie obligación legal de hacerlo o consentimiento expreso y por escrito de la **CESIONARIA** como titular de la información.

PARÁGRAFO TERCERO. Los **CEDENTES** entienden y aceptan que las obligaciones referidas en este numeral le serán plenamente exigibles lo que dure y aun después de la terminación del presente acuerdo, y cualquiera de sus prórrogas, y hasta tanto la información conserve tal naturaleza de reservada o confidencial. Del mismo modo, los **CEDENTES** reconocen y aceptan que este acuerdo bastará para reclamar los perjuicios que su transgresión pudiere ocasionar a la **CESIONARIA**.

SEXTA. – MENCIÓN DEL INVENTOR: La **CESIONARIA** se compromete a respetar el derecho de mención como inventor de los **CEDENTES** sobre la invención objeto de este contrato de acuerdo con el artículo 24 de la Decisión 486 del 14 de septiembre del año 2000 (Comisión de la Comunidad Andina de Naciones), cuya facultad de explotación se transfieren y a reconocer a los **CEDENTES** como autor e inventor de aquellas.

SÉPTIMA. - SOLUCIÓN DE CONTROVERSIAS. Tanto los **CEDENTES** como la **CESIONARIA**, se comprometen a que toda controversia o diferencia que surja en virtud de la interpretación o terminación del presente acuerdo, se resolverá así: Por acuerdo directo entre las partes, etapa que se entenderá fallida si no se ha llegado a un acuerdo dentro de los treinta (30) días siguientes a la fecha en que una parte notifique a otra de la discrepancia. En caso de persistir la controversia, las partes acuerdan que la misma, será resuelta por un Tribunal de Arbitramento. El árbitro será designado de común acuerdo entre las partes. Las partes acuerdan un plazo de quince (15) días calendario, contados a partir del momento en que una de las partes le comunique a la otra la convocatoria del Tribunal de Arbitramento, para proceder a la designación por mutuo acuerdo. El árbitro será abogado en ejercicio y decidirá en derecho. Si existe un componente técnico en la controversia, el árbitro deberá ordenar la práctica de prueba pericial, designando como perito a un experto en la materia.

OCTAVA. - DOMICILIO CONTRACTUAL Y LEY APLICABLE. Para todos los efectos del presente contrato las partes fijan como domicilio contractual la ciudad de Bogotá, D.C. En lo no previsto en este escrito, el presente contrato se regirá por la ley colombiana aplicable sobre la materia, Código Civil y el Código de Comercio, y, en especial, por el inciso segundo del artículos 539 y 581 del Código de Comercio o norma que lo sustituya, modifique o reemplace y aquellas contenidas la Decisión 486 del 14 de septiembre del año 2000 (Comisión de la Comunidad Andina de Naciones), y demás normas que los modifiquen y/o complementen.

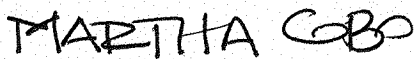
NOVENA. - ACUERDO INTEGRAL Y REFORMAS. Por medio de este escrito se deja sin efecto cualquier otro contrato o convenio previo existente entre las partes, ya sea verbal o escrito, con independencia de que regulen las mismas materias. No será válida ninguna declaración o escrito realizado por los funcionarios, empleados o agentes de las partes que sean contrarios a las disposiciones de este documento. Este acuerdo de voluntades sólo podrá modificarse de común acuerdo entre las partes, mediante documento escrito firmado por ambas, el cual hará parte integral del presente contrato.

DÉCIMA. PERFECCIONAMIENTO. El documento se entenderá perfeccionado con la firma de las partes.

DÉCIMA PRIMERA. MANIFESTACIONES. Los abajo firmantes manifestamos que hemos leído este acuerdo cuidadosamente, y lo comprendemos y aceptamos en su integridad. Por consiguiente, los CEDENTES y la CESIONARIA firman este documento como prueba de aceptación de la cesión.

Para constancia se suscribe por las partes en la ciudad de Bogotá, D.C. el veinticuatro (24) del mes de julio del año 2017.

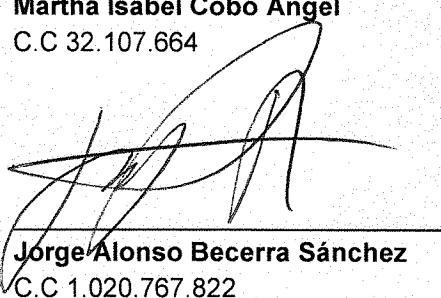
Los CEDENTES:



Martha Isabel Cobo Ángel
C.C 32.107.664

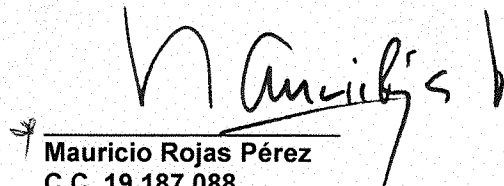


Manuel Alfredo Figueredo Medina
C.C 80.728.028

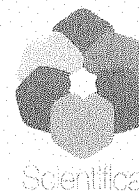


Jorge Alonso Becerra Sánchez
C.C 1.020.767.822

Por la CESIONARIA



Mauricio Rojas Pérez
C.C. 19.187.088
Universidad de La Sabana



PODER ESPECIAL PARA TRÁMITES DE PROPIEDAD INDUSTRIAL

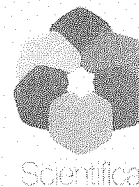
MAURICIO ROJAS PÉREZ, mayor de edad, con domicilio y residencia en la ciudad de Bogotá y titular de la cédula de ciudadanía que aparece al pie de mi firma, obrando en mi calidad de Representante Legal de la **UNIVERSIDAD DE LA SABANA**, domiciliada en COLOMBIA identificada con NIT: **860.075.558-1**, me permito por medio del presente escrito **OTORGAR PODER GENERAL PARA TRÁMITES DE PROPIEDAD INDUSTRIAL** a la abogada **MARIO ANDRÉS ORTEGA**, de nacionalidad colombiana, identificado con la cédula de ciudadanía No. 13.540.378 de Bucaramanga y titular de la T.P. 115226 del C.S. de la J., Abogado de la firma **SCIENTIFICA EMPRENDEDORES S.A.S.**, NIT: 900.265.727 para que actúe como apoderado de la Universidad en los asuntos de Propiedad Industrial que conciernen a las siguientes solicitudes de patente que se adelanten en Colombia ante la Superintendencia de Industria y Comercio:

NOMBRE	NÚMERO DE SOLICITUD O REGISTRO
Patente	NC2017/0008058
Patente	NC2017/0008064
Patente	NC2017/0008057
Patente	NC2017/0008055
Patente	NC2017/0008113

Patente	NC2017/0008053
Patente	NC2017/0008063
Patente	NC2017/0008056
Patente	NC2017/0008099
Patente	NC2017/0008093
Patente	NC2017/0008062
Patente	NC2017/0008060
Patente	NC2017/0008059

El apoderado especial queda investido de las facultades para sustituir, reasumir, pedir y aportar pruebas, presentar recursos, y en general, para actuar en lo necesario para cumplir el presente mandato y procurar la defensa de los intereses de la poderdante como parte interesada en la solicitud anteriormente descrita.

3

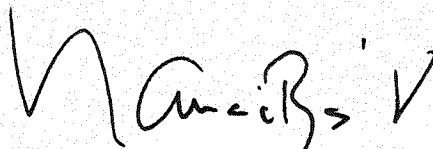


De igual forma, se autoriza expresamente a la SIC y entidades relacionadas con los trámites para que todas las comunicaciones y notificaciones relacionadas con los trámites de propiedad industrial sean enviadas a través de la dirección de correo electrónico: info@scientifica.com.co , claudia.vanegas@unisabana.edu.co, notificacioneslegales@unisabana.edu.co.

Solicito respetuosamente se sirva reconocer personería jurídica suficiente al mandato aquí designado.

Cordialmente,

Acepto,

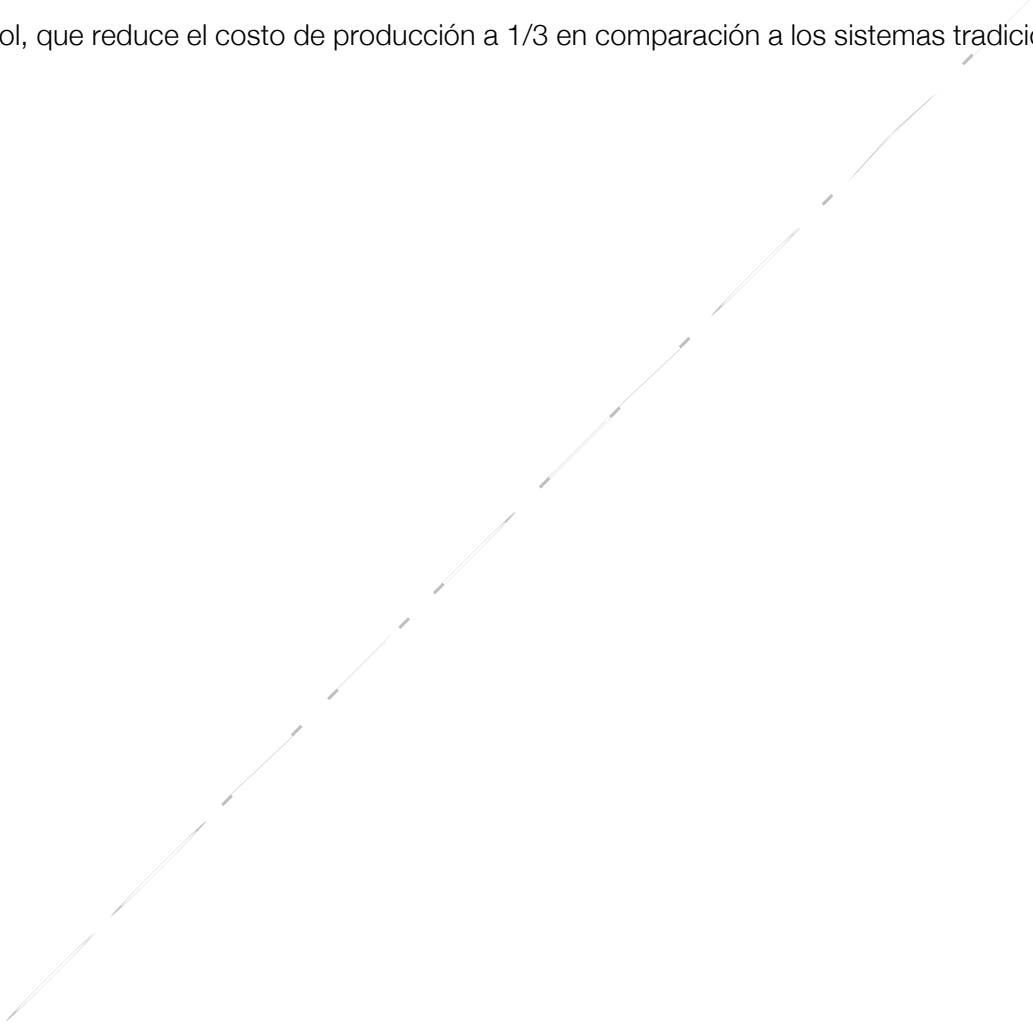

* **MAURICIO ROJAS PÉREZ**
Representante Legal
NIT 860.075.558-1
C.C. 19.187.088


MARIO ANDRES ORTEGA
CC. 13540378
MARIO ANDRES ORTEGA
TP. 115226 del C.S. de la J.
CC. 13.540.378 de Bucaramanga

Resumen

La presente invención corresponde a un sistema de producción de etileno a partir de bioetanol que comprende una corriente de alimentación y una corriente de producto, y unas etapas de calentamiento, reacción, presurización, separación y purificación.

La presente invención entrega una corriente de producto de etileno con una concentración de 99%mol, que reduce el costo de producción a 1/3 en comparación a los sistemas tradicionales.



Reivindicaciones

1. Un sistema de producción de etileno a partir de bioetanol caracterizado porque comprende una corriente de alimentación (1), una corriente de fondo (3), una corriente de producto (4), y unas etapas de calentamiento, reacción, presurización, separación y purificación.
2. Sistema de producción de acuerdo a la reivindicación 1, en donde la corriente de alimentación (1) que ingresa a un separador flash es precalentada a una temperatura de 24°C (1).
3. Sistema de producción de acuerdo a la reivindicación 1 a 2, en donde el separador flash (2) durante la primera etapa opera a una temperatura de 95°C y presión de 1atm, de acuerdo a un equilibrio agua: etanol (S/E = 5:1).
4. Sistema de producción de acuerdo a la reivindicación 1 a 3, que comprende una etapa de reacción de deshidratación de etanol en un reactor isotérmico catalítico de lecho fijo (5) a una temperatura de 320°C, en presencia del catalizador de zeolita H-ZSM-5.
5. Sistema de producción de acuerdo a la reivindicación 1 a 4, en donde la etapa de presurización se lleva a cabo en uno o más compresores (6), todos con una relación de compresión de 4 y el último con una relación de 3.
6. Sistema de producción de acuerdo a la reivindicación 1 a 5, en donde una columna de absorción con separador simple (7) recibe la corriente presurizada y deshidrata el gas removiendo toda el agua con TEG (Trietilenglicol).
7. Sistema de producción de acuerdo a la reivindicación 6, en donde un subsistema de deshidratación comprende un ciclo de regeneración de TEG (8) que recicla la corriente resultante de la deshidratación de gases.

8. Sistema de producción de acuerdo a la reivindicación 1 a 7, que comprende una etapa final consistente en alimentar la corriente de producto a una columna de destilación (9) en la cual se separan las olefinas y se produce etileno.
9. Sistema de producción de acuerdo a la reivindicación 8, en donde en la etapa final de producción una torre de destilación adicional lleva a cabo la purificación opcional del etileno.

Sistema de producción de etileno a partir de etanol

Sector Tecnológico

La presente invención se relaciona con el sector tecnológico de la Ingeniería Química, específicamente con aplicación en el campo de los procesos industriales para la producción de olefinas a partir de biomasa.

La presente invención corresponde al desarrollo de un proceso de producción de etileno a partir de bioetanol mediante una reacción de deshidratación catalítica.

Estado del Arte Previo

Los procesos para la producción de olefinas ligeras mediante rutas petroquímicas, como el craqueo de vapor catalítico, constituyen un problema ambiental en especial por las emisiones de gases de efecto invernadero. El uso de materias primas renovables como el bioetanol obtenido a partir diferentes fuentes de biomasa, es hoy en día una alternativa preferida dado al potencial técnico y económico de estos recursos, que permiten dar paso a la producción de olefinas ligeras como el etileno por reacciones de deshidratación. Además, estos bioprocesos mitigan la contaminación ambiental y mediante los mismos es posible la producción de componentes con alto grado de pureza.

Se ha propuesto el desarrollo de procesos para la producción de etileno a través de la reacción de deshidratación de etanol. En la patente **US2015299068** se divulga un procedimiento que comprende una serie de etapas para la producción de etileno. Estas etapas corresponden al precalentamiento del bioetanol mediante un intercambio de calor hasta una temperatura comprendida entre 100°C-130°C. La siguiente etapa corresponde al pre-tratamiento de la materia prima obtenida de una fuente renovable, mediante un proceso de contacto con un sólido ácido. Una etapa de compresión y vaporización con 1 compresor que ejerce presión entre 5-12 atm y la reacción de deshidratación del etanol mediante 2 reactores adiabáticos en presencia de un

catalizador de zeolita ZSM-5 y 2 hornos de calentamiento en donde la reacción se lleva a cabo entre 370°C-500°C. El desarrollo logra la conversión de etanol a etileno en un 90-95%.

Otros estudios como ***“Ethanol Dehydration to Green Ethylene”*** de Jernberg y Nørregård, proporcionan un diseño de planta de producción de etileno verde o bioetileno. La planta diseñada en el estudio consiste en un reactor con unidades de purificación y reciclado. En primera instancia, el etanol alimentado al proceso pasa por una primera fase de calentamiento en un intercambiador de calor, aquí la reacción de deshidratación de etanol se lleva a cabo a una temperatura de 240°C en un reactor isotérmico de lecho fijo en presencia de catalizador heteropoliácido. Otras etapas del proceso, correspondientes a la presurización del etanol líquido a través de una bomba, seguido de fases de absorción y destilación, están involucradas para lograr la purificación. Esta publicación contempla la producción anual de 102.000 toneladas de etileno con una pureza de 99.9%. Sin embargo, durante el proceso de este desarrollo se producen contaminantes ambientales como dióxido de carbono, hidrocarburos pesados, iones hidróxido y óxidos tales como monóxido de carbono.

En este mismo sentido, un acercamiento para la producción de etileno mediante rutas con un bajo impacto medioambiental se describe en ***“Process Design for the Production of Ethylene from Ethanol”*** de Cameron, Le, Levine y Nagulapalli. En este artículo, se desarrolla un proceso que consta de una primera etapa de separación mediante dos separadores flash en el que se retiran los excesos de agua, etanol que no reacciona en el proceso y otros componentes contaminantes, a unas condiciones de operación correspondientes a 50°C y 30 atm. La etapa correspondiente a la sección de reacción de deshidratación de etanol comprende tres reactores adiabáticos de lecho fijo que operan a una temperatura entre 300°C y 400°C, en presencia de un catalizador tipo Gamma alúmina. En otra etapa correspondiente a la compresión, se hace uso de 2 compresores multietapa que ejercen una presión de 40atm de la corriente proveniente de la columna de destilación y 2atm al nitrógeno para uso en la etapa de adsorción en la cual se alimenta una corriente rica en etileno, cuyo propósito es adsorber el resto del agua y el etanol, así como todos los demás condensables en presencia de un sorbente de zeolita 13X antes de pasar a un destilador criogénico para culminar con la purificación. El estudio define el proceso con una alimentación de 2,3 millones de toneladas de 95% de etanol / 5% de agua para la conversión en 1MM toneladas de etileno al año, con una pureza de 99,96%.

Descripción de la Invención

La presente invención se refiere a un sistema de producción de etileno a partir de bioetanol que comprende una corriente de alimentación y una corriente de producto, y unas etapas de calentamiento, reacción, presurización, separación y purificación.

Las corrientes de la presente invención se introducen en un separador flash calentado a determinada temperatura, del cual se obtiene una corriente de producto rica en etanol y una corriente de fondos rica en agua.

Posteriormente, un reactor isotérmico catalítico que recibe la corriente de producto calentada a una temperatura de reacción, lleva a cabo la deshidratación del etanol.

Finalmente, la corriente de producto se presuriza en compresores y se transfiere a un absorbedor en donde se elimina el agua restante. Finalmente, la corriente de producto pasa por una columna de destilación que separa las olefinas, y permite obtener el etileno con una pureza de 99%mol.

Descripción de las Figuras

Figura 1. Diagrama de proceso del sistema de producción de etileno a partir de bioetanol de la invención, en donde (1) representa la corriente de alimentación, (2) separador flash, (3) corriente de fondo, (4) corriente de producto, (5) reactor isotérmico catalítico de lecho fijo, (6) uno o más compresores, (7) columna de absorción, (8) ciclo de regeneración del TEG, y (9) columna de destilación.

Figura 2. Gráfico de superficie de respuesta de selectividad en el reactor del sistema de producción de etileno a partir de bioetanol.

Descripción detallada

El sistema de producción de etileno a partir de bioetanol de la presente invención entrega una corriente de salida de 99mol% de etileno, reduciendo a 1/3 el costo de su producción.

Particularmente, el sistema de producción comprende una corriente de alimentación (1) pre calentada a una temperatura entre 20°C-24°C, que se introduce en un separador flash (2).

Más particularmente, el separador flash (2) de la presente invención que recibe la corriente de alimentación, opera a una temperatura entre 93°C-97°C y presión entre 0.8atm-1.2atm, de acuerdo a un equilibrio agua: etanol (S/E = 5:1).

En este mismo aspecto, el separador flash (2) entrega una corriente de producto (4) rica en etanol calentada posteriormente a la temperatura de reacción entre 310°C-330°C mediante las corrientes de fondo del separador (3), las cuales son ricas en agua.

En el mismo aspecto particular, el sistema de producción de la presente invención consta de al menos un reactor isotérmico catalítico de lecho fijo (5) que opera a una temperatura entre 310°C-330°C y usa el catalizador de zeolita H-ZSM-5, donde ocurre la reacción de deshidratación del etanol proveniente de la corriente de producto.

Para los mismos fines, el sistema de producción de etileno incluye uno o más compresores (6) que ejercen una presión distinta durante el proceso sobre la corriente de producto (4). Todos los compresores tienen una relación de compresión entre 3-4 (lo que significa que el diferencial de presión varía entre 3atm-4atm). El último compresor funciona en una relación entre 2-3 (lo que hace referencia a un delta de presión de 2atm-3atm).

Particularmente, una columna de absorción con separador simple (7) que recibe la corriente presurizada, deshidrata el gas removiendo toda el agua, y elimina los subproductos como el TEG (Trietilenglicol).

Más particularmente, el sistema de producción comprende un ciclo de regeneración de TEG (8) que recicla la corriente resultante de la deshidratación de gases.

En la etapa final del proceso, se alimenta la corriente de producto a una columna de destilación (9) en la cual se separan las olefinas para producir etileno.

Opcionalmente, el sistema incluye una torre de destilación adicional que lleva a cabo la purificación del etileno.

Modalidades preferidas

En el aspecto preferido de la invención, la corriente de alimentación (1) que ingresa al separador flash (2) es precalentada a una temperatura de 24°C.

En este mismo aspecto preferido, la temperatura y presión a las cuales opera el separador flash (2) durante la primera etapa del sistema de producción son de 95°C y 1 atm, respectivamente, para lograr condiciones óptimas.

Dicho aspecto preferido, comprende una etapa de deshidratación de etanol en un reactor isotérmico catalítico de lecho fijo (5) a una temperatura de 320°C, garantizando así el calor requerido para que se dé la reacción.

En el mismo aspecto preferido, la etapa de presurización de la corriente de producto de la presente invención se lleva a cabo en 5 compresores (6), todos con una relación de compresión de 4 y el último con una relación de 3.

Ejemplos

Los siguientes ejemplos ilustran con mayor detalle la invención, sin restringir el concepto inventivo, las aplicaciones y el alcance del proceso definido.

Caracterización de las muestras de bioetanol para la producción de etileno.

Las muestras de bioetanol como materia prima para llevar a cabo la reacción de deshidratación en el sistema, se basaron en la producción experimental de etanol a partir de la fermentación de glucosa obtenida a nivel laboratorio.

Las concentraciones de los compuestos encontrados en la caracterización del bioetanol se muestran a continuación:

Compuesto	Concentración
Etanol	4.9 mol%
Agua	95.0 mol%
Etanoato de etilo	14 ppm
Iso-butanol	20 ppm
1-butanol	17 ppm
Alcohol isoamílico	24 ppm
Otros compuestos	925 ppm
Total	100 mol%

Selección del modelo termodinámico de simulación del sistema de producción de etileno a partir de bioetanol.

Para llevar a cabo la simulación de todo el proceso involucrado en el sistema de producción de etileno, se hizo necesaria la selección de un modelo termodinámico para la correcta obtención de todos los parámetros y resultados involucrados.

Los programas Aspen Plus V7.3 y Aspen Hysys V7.3 se eligieron como los simuladores de proceso para llevar a cabo el desarrollo de la invención. El modelo termodinámico para estimar todas las propiedades físicas de los compuestos convencionales en el sistema de producción de etileno a partir de bioetanol se seleccionó como la ecuación de estado Soave-Redlich-Kwong (SRK).

La selección del modelo termodinámico mencionado se considera la más adecuada dado a que es un modelo que permite predecir procesos que implican compuestos en la industria petroquímica y sistemas gaseosos, como es el caso de la presente invención.

Con base en la anterior selección, es posible afirmar que específicamente por la consistencia numérica del método termodinámico, las predicciones obtenidas en los simuladores de procesos Aspen Plus V7.3 y Aspen Hysys V7.3 entregan resultados razonables.

Se propone el diseño de un sistema de producción de etileno capaz de manejar aproximadamente un 10% de la producción de bioetanol en Colombia, lo que corresponde a 45.6 millones L/año.

Diseño del reactor isotérmico catalítico para la deshidratación de etanol.

Para empezar, se llevó a cabo el cálculo de la energía libre de Gibbs para cada una de las especies implicadas en las reacciones del proceso a través del simulador Aspen Plus V7.3. Los datos obtenidos se encuentran registrados a continuación:

Reacción	ΔH° (kJ/mol)	ΔG° (kJ/mol)
$C_2H_5OH \rightleftharpoons C_2H_4 + H_2O$	45.79	8.38
$2C_2H_4 \rightleftharpoons n - C_4H_8$	-93.50	-52.23
$C_2H_4 + n - C_4H_8 \rightleftharpoons n - C_6H_{12}$	-93.92	-51.97
$n - C_4H_9OH \rightleftharpoons n - C_4H_8 + H_2O$	33.00	-7.47
$i - C_4H_9OH \rightleftharpoons i - C_4H_8 + H_2O$	25.00	-8.47
$C_6H_{12}OH \rightleftharpoons n - C_6H_{12} + H_2O$	32.00	-13.30

Se prosiguió con el análisis de las reacciones químicas seleccionadas en el módulo de reacción en el simulador Aspen Plus V.73, correspondiente al reactor RGibbs, dado a que esta unidad utiliza la minimización de la energía libre de Gibbs para cada compuesto como principio termodinámico para encontrar el valor de las composiciones en el equilibrio.

A continuación, se realizó un análisis para seleccionar las condiciones para la máxima selectividad del etileno en el reactor y las corrientes de salida del mismo que posteriormente se alimentan a las unidades de separación.

El análisis de las condiciones se efectuó en el programa Design Expert V10, en donde se llevó a cabo una variación con el fin de conocer su efecto de dos parámetros del reactor, la relación de alimentación de agua/etanol (S/E) y la temperatura, dando como resultado una superficie de respuesta de selectividad.

La selectividad del reactor está dada por la siguiente ecuación:

$$S_{\text{etileno}} = \frac{\text{Moles producidos de etileno}}{\text{Moles convertidos de etanol}}$$