

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 808 968**

51 Int. Cl.:

B03C 11/00 (2006.01)

C10G 33/02 (2006.01)

B01D 17/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **27.01.2017 PCT/EP2017/051719**

87 Fecha y número de publicación internacional: **03.08.2017 WO17129722**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.01.2017 E 17705560 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.06.2020 EP 3408002**

54 Título: **Métodos para la separación de al menos una emulsión aplicando un campo eléctrico**

30 Prioridad:

29.01.2016 EP 16153408

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

02.03.2021

73 Titular/es:

**BOREALIS AG (100.0%)
Wagramerstraße 17-19
1220 Wien, AT**

72 Inventor/es:

**LEITNER, ANDREAS;
SCHADENBÖCK, MICHAEL y
MUSTER, UDO**

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 808 968 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

Métodos para la separación de al menos una emulsión aplicando un campo eléctrico

- 5 La presente invención está dirigida a un método para el tratamiento de al menos una emulsión de acuerdo con la reivindicación 1.

Descripción

- 10 Una dispersión líquido/líquido y especialmente una emulsión es una mezcla de 2 o más líquidos que normalmente son inmiscibles, tales como el aceite y el agua. Uno de los líquidos (fase interna) se dispersa en el otro líquido (fase externa o continua) en forma de gotas finas. De este modo, las emulsiones muestran las gotas distribuidas de menor tamaño. En general, también las emulsiones son termodinámicamente inestables, por lo que debido a la entalpía libre (ΔG es igual a negativa) las pequeñas gotas se unen a gotas más grandes. Debido a la gravedad, las dos fases finalmente se separan. Sin embargo, las emulsiones son termodinámicamente estables temporalmente y, por lo tanto, la fragmentación, la coalescencia y el asentamiento de las gotas necesitan un momento apropiado. Por lo tanto, los aparatos de separación bien conocidos son enormes y voluminosos.

- 20 En muchos procesos químicos, la eliminación eficaz de una fase acuosa dispersa de una fase oleosa continua es altamente deseable. Varios métodos disponibles comercialmente se describen en la literatura profesional (EOW, J.S.; GHADIRI, M.: Electrostatic enhancement of coalescence of water droplets in oil: a review of the technology; Chem.Eng.Journal, págs. 357-368, N.º 85 (2002).

Los métodos disponibles comercialmente pueden clasificarse aproximadamente en

- 25
- Métodos físicos (por ejemplo, Adsorción, Microondas, Ultrasonidos, Flotación);
 - Métodos mecánicos (por ejemplo, Filtración, Gravedad, Centrifugación, Separación de membrana);
 - Métodos térmicos (por ejemplo, Calentamiento, Vaporización, Incineración, Secado en frío);
 - Métodos químicos (por ejemplo, Ajuste ácido o alcalino (ajuste de pH), Eliminación de sales, Precipitación, Floculación, Adición de polielectrolitos o demulsificantes), y
 - 30 • Métodos eléctricos (electrocoalescencia, electrocoagulación, etc.).

Los métodos difieren en sus principios de operación físicos/químicos aplicados, tal como influir en

- 35
- la tensión interfacial entre las fases de agua y aceite (por ejemplo, eliminación de sales, desemulsificación, ajuste de pH),
 - disminuir de la viscosidad (por ejemplo, el tratamiento térmico de emulsiones de petróleo crudo), y/o
 - efectuar mayores fuerzas de separación en las gotas (por ejemplo, centrifugación, electrocoalescencia).

- 40 Cada uno de los primeros cuatro métodos clasificados más la electrocoagulación tiene sus propias ventajas y desventajas, por ejemplo, los demulsionantes químicos pueden modificar ventajosamente las propiedades de interfaz de agua/aceite, permitiendo de este modo que las gotas de agua se unan más fácilmente en gotas más grandes. Sin embargo, se encuentran problemas adicionales en la eliminación de los agentes de las fases acuosa y/o oleosa separadas. El ajuste del pH funciona a veces de manera eficaz al separar las emulsiones de aceite en agua (O/W), sin embargo, falla principalmente en el caso de emulsiones de agua en aceite (W/O). El último tipo de emulsión (emulsión de W/O) es el objeto principal de la presente invención. La centrifugación está relacionada con altos costes de operación (aceleración mecánica, resistencia del material y del aparato, mantenimiento). El tratamiento térmico puede reducir la viscosidad del aceite, permitiendo de este modo que cualquier gota de agua caiga más rápidamente a través de la fase de aceite y además ayude ventajosamente, por ejemplo, en la separación de cualquier gas arrastrado en el petróleo crudo obtenido. Sin embargo, el tratamiento térmico, físico, mecánico y químico es bastante costoso, y el calentamiento tiene asimismo una tendencia a producir un alto consumo de combustible. El documento US 4 584 083 A desvela un método para el tratamiento de al menos una emulsión.

- 55 Por lo tanto, el objetivo de la presente invención era ahora superar las desventajas de los métodos aplicados actualmente, en particular, proporcionar un método para separar emulsiones de una manera eficaz en cuanto a energía y coste que proporcione un alto grado de separación en tiempos de residencia cortos. La electrocoagulación, en el que un electrodo sirve como reactivo químico, no es parte de la presente invención.

- 60 Este objeto se resuelve de acuerdo con la invención mediante un método que comprende las características de la reivindicación 1.

- De acuerdo con la invención, se aplica al menos un campo eléctrico cambiante variable en el tiempo o temporal a la emulsión a tratar o fragmentar. Los campos que varían en el tiempo en este contexto son campos de corriente alterna (CA) o campos de corriente continua (CC) pulsada. La invención se refiere a la fragmentación de alta eficacia de las emulsiones líquido/líquido (L/L) del tipo (W/O) y a la separación prácticamente completa (> 95 %) de la fase pesada y ligera formada en el mismo módulo de división (aparato) en menos de 5 [min].

La aplicación de un campo eléctrico variable en el tiempo tiene múltiples ventajas. Estas son el diseño de aparatos/máquinas de menor resistencia mecánica, la eliminación completa de productos químicos tales como desmenuzantes y/o floculantes y agentes auxiliares. Por lo tanto, la separación de emulsión eléctrica es tanto más eficaz como extremadamente rentable.

Los métodos descritos permiten una separación de la emulsión en una fase ligera y una fase pesada con una tasa de desmenuzación de al menos el 95 %, preferentemente más del 97 % y específicamente preferentemente más del 99 % dentro de un corto período de tiempo o tiempo de residencia.

También debe entenderse que la emulsión tratada es una dispersión de una fase líquida polar (a menudo la fase pesada) en una fase líquida no polar (a menudo la fase ligera) - Emulsión L/L tal como agua en aceite.

La tasa de desmenuzación es por definición:

$$\eta_{\text{separación}} = \frac{C_{x,\text{emulsión, inicio}} - C_{x,\text{fase separada y final}}}{C_{x,\text{emulsión, inicio}} - C_{x,\text{fase separada y equilibrio}}} * 100 [\%]$$

$\eta_{\text{separación}}$	tasa de desmenuzación [%]
C	Contenido resp. de concentración del componente x en o bien la emulsión original o en la segunda fase separada y después del tratamiento [% en peso]
X, Y	Fase X dispersa en la Fase Y, por ejemplo, agua (X) en aceite (Y)
C*	Concentración de equilibrio [% en peso]

La intensidad de campo eléctrico E es por definición:

$$\text{Intensidad de campo eléctrico } \vec{E} = \frac{\text{tensión eficaz}}{\text{distancia de electrodos}} \left[\frac{V}{m} \right]$$

De acuerdo con la invención, se proporciona un método para la separación de al menos una emulsión aplicando al menos un campo eléctrico cambiante en el tiempo o temporal, en el que el al menos un campo eléctrico es un campo de corriente alterna (CA) de alta frecuencia (HF) singular con una intensidad de campo eléctrico E entre 2.000 y 100.000 V/m y una alta frecuencia (HF) entre > 10.000 Hz y 200.000 Hz.

Dentro del significado de la presente invención, la expresión alta frecuencia (HF) significa frecuencias de más de 1.000 [Hz] y la expresión baja frecuencia (LF) significa frecuencias de más de 1.000 [Hz] y especialmente las frecuencias netas eléctricas de 50/60 Hz en Europa/Estados Unidos.

En una realización del método presente, se aplica al menos un campo de HF/CA con una intensidad de campo eléctrico entre 2.000 y 100.000 V/m y una alta frecuencia entre 12.000 y 150.000 Hz, preferentemente entre 15.000 y 100.000 Hz, en particular, preferentemente entre 20.000 y 70.000 Hz, más preferentemente entre 25.000 y 50.000 Hz.

Solo la combinación de los parámetros eléctricos de una alta intensidad de campo eléctrico (E) y una alta frecuencia (HF) permite una fragmentación completa de la emulsión y una separación completa de las fases ligera y pesada en un solo aparato en menos de 5 min.

En la realización más preferida, el campo de HF/CA se aplica con una intensidad de campo entre 4.000 y 70.000 V/m, preferentemente entre 30.000 V/m y 50.000 V/m y una frecuencia entre 12.000 y 150.000 Hz, preferentemente entre 15.000 Hz y 100.000 Hz, en particular entre 20.000 Hz y 70.000 Hz y lo más preferentemente entre 25.000 y 50.000 Hz. Por ejemplo, en una variante, un campo de HF/CA tiene una intensidad de campo eléctrico entre 30.000 y 50.000 V/m y una alta frecuencia entre 16.000 y 40.000 Hz.

De acuerdo con una segunda variante de la presente divulgación (no reivindicada), se proporciona un método para la separación de al menos una emulsión aplicando al menos un campo de corriente continua (CC) y al menos una corriente alterna (campo de CA), en el que el al menos un campo de CC y el al menos un campo de CA se aplican en serie a la emulsión a tratar. En esta segunda variante, el al menos un campo de corriente alterna (CA) se aplica con una intensidad de campo eléctrico entre 2.000 y 100.000 V/m y una frecuencia (HF) entre 1.000 Hz y 200.000 Hz.

Por lo tanto, en este caso, se describe un método para separar emulsiones tales como emulsiones de agua en aceite (W/O) que aplica una combinación de campos eléctricos por los que la fase emulsionada se separa en unos cuantos minutos completamente en sus fases singulares. Este método difiere de los métodos de separación de emulsión conocidos que usan campos eléctricos en una disposición en serie y/o una aplicación en serie de los diferentes

campos, especialmente mediante la aplicación de un campo de HF/CA en combinación con un campo de CC.

Los métodos descritos permiten una separación de la emulsión en una fase ligera y una fase pesada con una tasa de desmulsificación de al menos el 95 %, preferentemente más del 97 % y en particular preferentemente de más del 99 % dentro de un corto período de tiempo o tiempo de residencia. El tiempo de residencia puede ser de menos de 5 min, preferentemente menos de 3 min, en particular, preferentemente menos de 2 min.

Solo la combinación en serie de un campo de CC especialmente orientado hacia arriba con un campo de HF/CA orientado hacia abajo es específicamente ventajosa y permite una fragmentación completa ($\eta_{\text{separación}} > 99 \%$) de la emulsión y una separación de las fases ligera y pesada en un solo aparato (módulo) en menos de 3 min.

En el caso de un campo de CC corriente arriba, se ven afectados una preorientación y un movimiento/aproximación de las moléculas de agua polares y/o los componentes polares de la emulsión como se describe en detalle más adelante.

En una realización de los campos combinados, se aplican hasta 10 campos CC y HF/CA en serie a la emulsión de manera alterna. En una realización adicional, el al menos un campo de CC y el al menos un campo de HF/CA se aplican a la emulsión en el campo de CC de orden en serie seguido por un campo de HF/CA.

De este modo, son posibles diferentes combinaciones de campos de CC y HF/CA. Por lo tanto, en una realización, se proporciona al menos un campo de corriente continua (CC) no pulsada o constante y al menos un campo de corriente alterna (CA) de alta frecuencia (HF), en la que el al menos un campo de CC y el al menos un campo de CA se aplican en serie a la emulsión a tratar.

En otra realización, al menos un campo de CC pulsado y al menos un campo de HF/CA se aplican en serie a la emulsión a tratar.

En una realización aún más preferida del método presente, al menos un campo de CC y el al menos un campo de CA se aplican a la emulsión en el campo de CC de orden en serie seguido por un campo de HF/CA, es decir, el campo de CC se dispone o aplica a la emulsión corriente arriba del campo de HF/CA.

En otra realización preferida también es posible aplicar el al menos un campo de HF/CA a la emulsión en el campo de HF/CA de orden en serie seguido por el campo de CC, es decir, el al menos un campo de HF/CA se dispone o aplica corriente arriba del campo de CC.

También es posible y concebible aplicar al menos un campo de CC y al menos dos campos de CA a la emulsión. En tal caso, el al menos un campo de CC y los al menos dos campos de CA se aplican a la emulsión en el primer campo de HF/CA de orden en serie seguido por el campo de CC seguido por el campo de HF/CA. En otras palabras, el al menos primer campo de HF/CA se aplica corriente arriba del campo de CC y el al menos un segundo campo de HF/CA se aplica corriente abajo del campo de CC.

En el caso de un campo de CC corriente arriba, se ven afectados una preorientación y un movimiento/aproximación de las moléculas de agua polares y/o los componentes polares de la emulsión como se describe en detalle más adelante.

Entre las posibles disposiciones descritas anteriormente y el orden de aplicación de los campos CC y HF/CA, las siguientes combinaciones son las más preferidas:

- campo de CC estable corriente arriba de un campo de HF/CA (es decir, 1ª CC, 2ª HF/CA);
- campo de CC pulsado corriente arriba de un campo de HF/CA, (es decir, 1ª CC pulsada, 2ª HF/CA);
- campo de HF/CA corriente arriba del campo de CC estable (es decir, 1ª HF/CA, 2ª CC estable), y
- campo de HF/CA corriente arriba de un campo de CC pulsado (es decir 1ª HF/CA, 2ª CC pulsada).

Dentro del significado de la presente invención "corriente arriba" significa que el primer campo respectivo se dispone o aplica delante del segundo campo respectivo; por ejemplo, un campo de CC estable delante o antes del campo de HF/CA.

La intensidad de campo del al menos un campo de HF/CA aplicada a la emulsión en el método combinado está en el intervalo entre 2.000 y 100.000 V/m, preferentemente entre 4.000 y 70.000 V/m, más preferentemente entre 30.000 V/m y 50.000 V/m.

La frecuencia del campo de HF/CA está entre 1.000 y 200.000 Hz, preferentemente entre 5.000 y 150.000, más preferentemente entre 10.000 y 100.000 Hz, en particular, preferentemente entre 20.000 y 70.000 Hz, más preferentemente entre 25.000 y 50.000 Hz.

La intensidad de campo del al menos un campo de CC estable aplicada a la emulsión en el método combinado está

en el intervalo entre 500 y 20.000 V/m, preferentemente entre 1.000 y 10.000 V/m.

La intensidad de campo del al menos un campo de CC pulsado aplicada a la emulsión en el método combinado está en el intervalo entre 500 y 20.000 V/m, preferentemente entre 1.000 y 10.000 V/m y la frecuencia está entre 1 y 1.000 Hz, preferentemente entre 5 y 500 Hz, más preferentemente entre 10 y 250 Hz, más preferentemente entre 10 y 100 Hz. Se prefiere sobre todo la combinación de una intensidad de campo eléctrico entre 1.000 y 10.000 V/m y una frecuencia entre 10 y 100 Hz.

En otra realización preferida del método presente combinado, la entrada de potencia eléctrica del al menos un campo de CC aplicada a la emulsión es menor que la entrada de potencia eléctrica del al menos un campo de HF/CA aplicada a la emulsión. En otras palabras, la relación de potencia eléctrica de CC es menor que la fracción de HF/CA de potencia eléctrica. Por ejemplo, el al menos un campo de CC puede aplicarse con un porcentaje de potencia del 5 al 50 %, preferentemente del 10 al 40 %, más preferentemente del 20 al 30 % con respecto al campo eléctrico global aplicado (100 %). Esto significa a su vez, que el porcentaje del campo de HF/CA aplicado es del 50 al 95 %, preferentemente del 60 al 90 %, más preferentemente del 70 al 80 %.

De acuerdo con la realización preferida de una combinación en serie del primer campo de CC seguido por el campo de HF/CA, se mostró, que la entrada de energía específica para la fragmentación y el asentamiento completos de una emulsión fenólica podría reducirse de 10,8 Wh/kg (campo de HF/CA singular) a 0,9 Wh/kg (campo de CC singular) al mínimo 0,36 Wh/kg (campo de CC-HF/CA combinado), por lo que la emulsión fenólica con un contenido de agua del 25 % en peso se separó en menos de 2 minutos.

La emulsión a separar es una emulsión de agua en aceite (O/W) o una emulsión múltiple de aceite-agua-aceite (O/W/O). Por lo tanto, los métodos presentes están dirigidos a la fragmentación mejorada de los siguientes sistemas: en general, dispersiones líquido/líquido, emulsiones o emulsiones múltiples, especialmente emulsiones de agua en aceite [emulsiones (W/O)] o emulsiones múltiples del tipo de emulsión (O/W/O) y especialmente emulsiones con contenidos de agua de hasta 70 % en peso, preferentemente de más del 10 % en peso hasta el 70 % en peso y lo más preferentemente de más del 20 % en peso hasta el 70 % en peso.

En general, las emulsiones de (W/O) se forman fácilmente al mezclar agua en fases oleosas en muchos procesos químicos y especialmente petroquímicos, tales como operaciones de lavado y neutralización (lavado de torre cáustica después de procesos de grietas, lavado de neutralización después de una reacción química) o separando componentes inorgánicos tales como sales al poner en contacto una fase de aceite con una fase acuosa (por ejemplo, lavado de catalizador) o durante la producción de, por ejemplo, petróleos crudos. Las emulsiones de (W/O) posteriores muestran normalmente contenidos de agua de menos del 20 % en peso, en promedio ca. de 3 % en peso. Las emulsiones de (W/O) provocan problemas en diferentes etapas de la producción tales como la corrosión de tuberías, bombas y otros equipos de procesamiento, complicaciones debidas al aumento de la viscosidad de la emulsión (pequeñas gotas de agua finamente dispersas), desactivación de catalizadores (hidrólisis, envenenamiento) en presencia de agua, aumento de los costes de transporte, debido a la fase de agua incluida y, finalmente, el aumento de los costes de operación por las plantas de postratamiento adicionales (por ejemplo, tratamiento de aguas residuales). Por lo tanto, Existen varias razones comerciales para eliminar esta agua emulsionada de las fases orgánicas. En particular, la separación de emulsión eléctrica es tanto más eficaz como extremadamente rentable. La única desventaja de la división eléctrica de las emulsiones puede encontrarse en su aplicabilidad conocida en las emulsiones de (W/O) preferibles y no en las emulsiones de (O/W) más frecuentes.

El estado de la técnica en el tratamiento eléctrico de las emulsiones de (W/O) se ha definido predominantemente en la producción de petróleo crudo y en los procesos petroquímicos. Las plantas de desalinización de petróleo crudo típicas operan preferentemente con campos de corriente alterna (CA) a frecuencias netas (bajas) (50/60 Hz) y, en menor medida, los campos de corriente continua (CC) se usan para la separación de las gotas de agua del petróleo crudo (peligro de cortocircuito y fenómenos de electrólisis, especialmente por el uso de electrodos de metal desnudo). De este modo, los electroseparadores convencionales son enormes, ya que se necesitan grandes tiempos de residencia para las regiones de electrocoalescencia y las zonas de asentamiento para separar las gotas de agua agrandadas del petróleo crudo.

Sin embargo, solo los campos eléctricos oportunamente variables, como el CA o una combinación en serie de campos CA y CC (como se aplica en los métodos presentes) pueden influir en la resistencia de la película estabilizadora por la vibración inducida de la capa doble electrostática relevante. El efecto conduce a una debilidad de la película estabilizadora electrostática (que rodea la gota), que también es la barrera de energía relevante. Esta barrera de energía de las gotas solo puede verse influenciada por los métodos de campo eléctrico cambiables oportunamente, debido a que la capa doble electrostática estabilizadora (potencial ξ) está específicamente influenciada por la frecuencia del campo eléctrico aplicado.

En DRAXLER, J.; MARR, R. (Auslegungskriterien für elektrostatische Emulsionsspaltanlagen; Chem.-Ing.-Tech., 62, págs. 525-530, N.º 7, 1990) se informa, que la implementación del proceso de impregnación de membrana líquida (LMP) conduce a progresos notables en el campo de la división eléctrica de emulsiones de (W/O). Las emulsiones en el proceso de LMP se estabilizan sintéticamente de manera deliberada (tiempo de vida necesario durante la

operación/aparato de transferencia de masa) y las siguientes son más estables que las emulsiones de petróleo crudo. Las emulsiones de (W/O) en el proceso de LMP se caracterizan por gotas de agua extremadamente pequeñas, distribuciones de tamaño de gota estrechas y un mayor contenido de agua en comparación con las emulsiones normalmente de petróleo crudo. Por lo tanto, Los métodos eléctricos bien conocidos para la división de emulsiones (división eléctrica de emulsiones de petróleo crudo) son extremadamente ineficaces para estos tipos especiales de emulsiones de (W/O). Por lo tanto, en Draxler et al., se recomiendan tanto los campos de corriente alterna (CA) de alta tensión (HV) como de alta frecuencia (HF) para una separación mejorada y una tasa de separación de emulsión suficientemente eficaz de tales emulsiones de (W/O) sintéticamente estabilizadas.

Asimismo, Draxler et al., describen una correlación existente entre la tensión máxima permitida y la frecuencia del campo de CA aplicada. En este caso, la reemulsificación comienza no solo en función de la tensión máxima aplicada, sino más bien aumentando la frecuencia del campo de CA aplicado a un valor máximo tolerable. Por ejemplo: la reemulsificación tiene lugar inicialmente a 3.000 V y por frecuencias superiores a 10.000 Hz. Las frecuencias inferiores a 5.000 Hz muestran la mejor tasa de desemulsificación máxima $\eta_{\text{separación}}$ del 70 % mediante la aplicación de 3.000 V, máxima del 55 % mediante 1.000 V y menos del 10 % mediante 220 V. Sin embargo, eso significa que la fragmentación y separación de la fase ligera y pesada no es completa a pesar de la aplicación de un campo de HF/CA, debido tanto a la falta de eficacia de desemulsificación como a los efectos de reemulsificación.

Un desarrollo adicional de la tecnología de HV-HF/CA se describe en SWATEK, H.; ORTMAYR, E.; Chem.-Ing.-Tech., 64, págs. 803-804, N.º 9, 1992. En este caso un campo de CC se superpone (paralelo) a un campo de HF/CA. El campo de CC se introduce mediante el uso de un tipo de condensador de placa paralela, que se superpone con un campo de HF/CA (onda sinusoidal). El campo de CC debería efectuar una polarización positiva adicional de las moléculas de agua. El campo de HF/CA/CC combinado paralelo debería mejorar la separación de las gotas de agua dispersas finas de las emulsiones (W/O).

La correlación entre una frecuencia óptima y una electrocoalescencia mejorada de gotas de agua no se comprende completamente hasta hoy. Sin embargo, la magnitud de la frecuencia aplicada depende en gran medida del tipo de campo eléctrico, así como de la disposición de los electrodos. En BRAUN, A.H.; HANSON, C.: Effect of oscillating electric field on coalescence in liquid-liquid systems; Trans. Faraday Soc., 61, págs. 1754, 1965 se informa inicialmente, que podría observarse una frecuencia óptima en la que la coalescencia se produce más eficazmente. Más recientemente, la existencia de una frecuencia óptima también se ha informado en BAILES, P.J.: Pulsed d.c. fields for electrostatic coalescence of water-in-oil emulsions; Trans. IChemE A, 73, págs. 559-566, 1995, por lo que el ajuste de una frecuencia óptima es especialmente importante a potenciales aplicados bajos (campos de CC). Se reporta, que en este caso el material aislante y su espesor del electrodo además de a la composición líquida de la emulsión son los principales parámetros que influyen en la frecuencia óptima. En general, las bajas frecuencias se usan normalmente con campos eléctricos de CC pulsados. BAILES, P.J.; LARKAI, S.K.L.: Electrostatic separation of liquid dispersions; patente del Reino Unido 2.171.031 A, 1986 aplicada a un campo de CC pulsado a una frecuencia inferior a 1 Hz. BAILES, P.J.; WATSON M.: Electrostatic and centrifugal separation of liquid dispersion; patente del Reino Unido 2.249.741 A, 1992 usó una frecuencia de pulso de 25 Hz en un coalescente cilíndrico rotatorio, mientras que en BAILES, P.J.: Resolution of emulsions; patente de Estados Unidos 5.580.464, 1996, la frecuencia óptima se encontró a 15 Hz.

Las emulsiones de (W/O) se caracterizan especialmente por gotas de agua distribuidas de menor tamaño en una fase de petróleo (dispersión líquido/líquido), por lo que, además del movimiento de las gotas entre sí, la fusión requiere especialmente la superación de una barrera de energía (comparable a un tipo de energía de activación). Todo el mecanismo de coalescencia de gotas puede estructurarse en 3 subetapas: movimiento y aproximación de las gotas de agua entre sí, por ejemplo, por gravedad, fuerzas centrífugas o eléctricas; drenaje de la película entre las gotas y la fragmentación de la película y la fusión de las gotas y la capa límite (película).

Las tecnologías de separación disponibles están relacionadas principalmente con la 1ª subetapa (movimiento y aproximación), por lo que el drenaje y la fragmentación de la película protectora (estabilizadora) solo se definen por las propiedades del material (tensión interfacial, barrera de energía).

También, la fragmentación y la coalescencia de la emulsión provocadas eléctricamente se caracterizan especialmente por un movimiento inicialmente aumentado y una aproximación de las gotas de agua entre sí (1ª subetapa). Esto es similar a las otras tecnologías de separación diferentes, por lo que en las últimas tecnologías de separación mencionadas solo puede soportarse el movimiento y la aproximación de las gotas de agua. Mediante el uso de campos eléctricos, también la fragmentación de la película (3ª subetapa), no el drenaje de la película (2ª subetapa), puede verse influenciada ventajosamente por los campos eléctricos cambiables oportunamente variables o temporales.

Todos los modelos analíticos eléctricos muestran (interferencia dipolo-dipolo, electroforesis, dielectroforesis), que la fuerza eléctrica resultante $F_{\text{eléctrica}}$ en la gota de agua es una función de 2º orden de la intensidad de campo eléctrico E aplicada:

$$F_{\text{eléctrica}} = f(E^2(t))$$

La intensidad de campo eléctrico máxima posible E soporta el movimiento de las gotas de agua entre sí. Sin embargo, la intensidad de campo eléctrico máxima tolerable E está limitada por el peligro de cortocircuitos; la descomposición del propio campo eléctrico y la aparición de efectos de reemulsión. De manera similar, la 2ª subetapa de todo el mecanismo de coalescencia, el drenaje de la película, no puede verse influido tampoco por la aplicación de campos eléctricos. Sin embargo, la 3ª subetapa de todo el mecanismo, la fragmentación de la película, está soportada por campos eléctricos, lo que también puede observarse macroscópicamente, especialmente por la aplicación de altas frecuencias en campos de CA. La pulsación del campo eléctrico soporta la fragmentación de la película entre dos gotas.

Los campos eléctricos oportunamente variables, tales como los campos de CA o CC pulsados, pueden al menos influir en la resistencia de la película estabilizadora mediante la vibración inducida de la capa doble electrostática relevante y sus estructuras de agrupación de moléculas de agua "limitadas". El efecto conduce a un debilitamiento de la película estabilizadora electrostática (que rodea la gota), que también es la barrera de energía relevante. Esta barrera de energía de las gotas solo puede verse influenciada por métodos de campo eléctrico cambiantes u oportunamente modificables, debido a que la capa doble electrostática estabilizadora (potencial ξ) está específicamente influenciada por la frecuencia del campo eléctrico variable aplicado.

Los métodos presentes permiten una fragmentación mejorada de las dispersiones líquido/líquido y especialmente las emulsiones bajo el impacto de campos eléctricos singulares y combinados mediante un ajuste de parámetros de proceso optimizado, un diseño optimizado de electroseparadores y finalmente una combinación de campos eléctricos en el mismo, especialmente con respecto a la fragmentación mejorada de una emulsión que contiene fenol, independientemente del tipo de emulsión, preferentemente en la fragmentación de emulsiones de (W/O) y lo más preferentemente en emulsiones con contenidos de agua de más de 20 % en peso hasta 70 % en peso.

El método de división o tratamiento de la emulsión de la presente invención permite una fragmentación mejorada de los siguientes sistemas: dispersiones líquido/líquido en general, emulsiones o emulsiones múltiples, especialmente emulsiones de agua en aceite [emulsiones de (W/O)] o emulsiones múltiples del tipo de emulsión de (O/W/O), específicamente emulsiones con contenidos de agua de hasta el 70 % en peso, preferentemente de más del 10 % en peso hasta el 70 % en peso y lo más preferentemente de más del 20 % en peso hasta el 70 % en peso y muy específicamente las emulsiones de (W/O) de un proceso petroquímico como las emulsiones de síntesis de fenol (lavado de exfoliación, síntesis de Hock); procedimientos de lavado (por ejemplo, lavado con catalizador, lavado cáustico o alcalino, operaciones de lavado BTX, fracciones de destilación atmosférica y al vacío para torres de lavado); procedimientos de enfriamiento (por ejemplo, torre de lavado de enfriamiento) y/o etapas de desalación de petróleo crudo. En una realización más preferida, la emulsión a separar es una emulsión de agua fenólica de la síntesis de Hock con una relación equimolar de fenol/acetona y contenidos de agua de hasta el 70 % en peso, especialmente del 20 al 70 % en peso y lo más preferentemente del 25 % en peso.

Como se ha descrito anteriormente, la combinación en serie de un campo de CC orientado corriente arriba seguido de un campo de alta frecuencia -HF/CA orientado corriente abajo es una realización preferible del método presente. El campo de CC orientado corriente arriba provoca inicialmente la polarización de las moléculas de agua y, por lo tanto, un movimiento mejorado de las gotas de agua (dipolos) entre sí (1ª subetapa de coalescencia; movimiento y aproximación) mediante la resistencia de campo eléctrico aumentada/optimizada. Este movimiento y aproximación de las gotas de agua también puede observarse macroscópicamente mediante la formación de grupos de moléculas de agua preorientados o mejor coordinados, la llamada formación de cadena de perlas (aspecto transparente de la fase pesada (acuosa)). En el campo de HF/CA de alta frecuencia orientado corriente abajo, puede observarse una coalescencia mejorada de las gotas de agua hasta finalmente una fase de masa acuosa asociada. El campo de HF/CA orientado corriente abajo, operado especialmente a altas frecuencias, puede interactuar con los grupos de moléculas de agua orientadas previamente y cercanas que resultan del campo de CC orientado previamente. La capa protectora electrostática no puede seguir los altos cambios de polaridad frecuentes de un campo de HF/CA, mientras que las gotas de agua absorben al menos parcialmente las altas vibraciones frecuentes, soportando especialmente la fragmentación de la película (3ª subetapa de coalescencia). El campo de HF/CA orientado corriente abajo puede al menos influir en la resistencia de la película estabilizadora mediante la vibración inducida de la capa doble electrostática relevante y sus estructuras de agrupación de moléculas de agua "limitadas". Los grupos de moléculas de agua están a la menor distancia posible, debido al campo de CC preorientado. El efecto de alta frecuencia conduce rápidamente a un debilitamiento de la película estabilizadora electrostática (que rodea la gota), que también es la barrera de energía relevante. Esta capa estabilizadora electrostática está debilitada y no puede seguir los altos cambios de polaridad frecuentes del campo de HF/CA, mientras que los grupos de gotas de agua pueden seguir las altas oscilaciones frecuentes. Los grupos de gotas de agua absorben las altas vibraciones frecuentes, afectando especialmente a la fragmentación de la película estabilizadora. Se forma rápidamente una fase acuosa coalescente. Asimismo, el consumo de energía específico para la fragmentación de la emulsión puede reducirse significativamente al mínimo mediante la combinación en serie de un 1º campo de CC con un 2º campo de HF/CA, notable en comparación con los campos de CA o CC singulares.

En el caso de la realización no reivindicada del método para separar la emulsión, que es una combinación de un campo de CC con un campo de HF/CA en la que el campo de CC está corriente arriba del campo de HF/CA de alta frecuencia, La emulsión se introduce al principio a través del campo de CC. De este modo, los componentes polares

se mueven uno hacia otro, los dipolos de los componentes polares (por ejemplo, gotas de agua emulsionadas) se alinean y orientan hacia una fase coordinada. Una coalescencia de las gotas de emulsión en una fase unificada más pesada y más ligera ya tiene lugar parcialmente en el campo de CC.

- 5 En una realización preferida del método presente, la separación completa de las fases polares (agua) y menos polares (no polares) de la fase de emulsión tiene lugar en solo unos pocos minutos. El tiempo de separación necesario puede ser inferior a 5 min, preferentemente menos de 3 min, en particular, preferentemente menos de 2 min.

10 También se ha demostrado que duplicar la frecuencia a la misma amplitud de tensión puede afectar a la mitad el tiempo de separación. Debido a la mayor eficacia de coalescencia cuando se usan campos de alta frecuencia, existe la posibilidad de obtener altos caudales en pequeños volúmenes de separación, mientras que los sistemas de coalescencia actualmente conocidos a menudo necesitan volúmenes de dispositivos voluminosos. Opuesto a los resultados de Draxler et al. no se observó una reemulsión por la división eléctrica de una emulsión fenólica en un campo de HF/CA de la presente invención.

15 Los tiempos de desemulsificación extremadamente cortos son ventajosos en el dimensionamiento del dispositivo de separación, es decir, en el caso de un tiempo de desemulsificación corto, es suficiente proporcionar un dispositivo con un volumen pequeño. Por lo tanto, Puede realizarse una fragmentación completa de la emulsión y la separación completa de las fases ligera y pesada en un único aparato en menos de 5 minutos.

20 Los métodos presentes se llevan a cabo en un dispositivo (no reivindicado) para separar o tratar al menos una emulsión que comprende las siguientes características:

- 25 - al menos un recipiente, preferentemente un recipiente dispuesto horizontalmente, con al menos un módulo (o elemento o componente)
- al menos un primer electrodo situado al lado (por ejemplo, a lo largo de las paredes) del al menos un módulo del recipiente, y
- al menos un segundo electrodo situado dentro del al menos un módulo del recipiente, preferentemente en el centro del módulo del recipiente.

30 El recipiente también puede describirse como una combinación de varios módulos, comprendiendo cada uno los electrodos. Por lo tanto, los módulos individuales (electrocoalescentes) (por ejemplo, hasta 10 módulos) pueden combinarse en un recipiente separador/decantador eléctrico, preferentemente en un recipiente separador/decantador horizontal cilíndrico.

35 En una realización preferida del dispositivo, al menos un tercer electrodo adicional está situado al lado del al menos un módulo del recipiente, en particular, al lado de la circunferencia interior o exterior del al menos un módulo del recipiente.

40 En otra realización preferida más del dispositivo, el al menos un módulo del recipiente está separado en al menos dos secciones, preferentemente en al menos tres secciones. En este caso, se aplica al menos un campo de HF/CA a al menos una sección y al menos un campo de CC a la al menos otra sección.

45 En el caso de tres secciones, existe una combinación de un campo de HF/CA aplicado en la primera sección y en la tercera sección combinando los electrodos situados a lo largo de las paredes del recipiente o módulo y el electrodo situado centralmente en el interior del recipiente o módulo. El campo de CC puede aplicarse en la segunda sección media mediante un tercer electrodo combinado con el electrodo situado centralmente. Las tres secciones están aisladas unas de otras mediante un sellado apropiado, como el sellado de PTFE.

50 En todas las variantes del dispositivo, el campo de HF/CA se genera entre los electrodos mediante al menos un generador de campo de HF/CA y el campo de CC se genera mediante al menos un generador de campo de CC.

El dispositivo también puede describirse con las siguientes características:

- 55 - al menos un módulo de electrocoalescencia alargado, preferentemente dispuesto horizontalmente que tiene al menos una entrada para la al menos una emulsión a separar, al menos una salida para la fase pesada separada (agua) y al menos una salida para la fase ligera separada (petróleo),
- al menos un primer electrodo situado dentro del al menos un módulo de electrocoalescencia, preferentemente en el centro del módulo de electrocoalescencia,
- 60 - al menos un segundo contraelectrodo situado a lo largo del exterior del al menos un módulo de electrocoalescencia para aplicar al menos un campo de CA, tal como un campo de HF/CA, y
- al menos un tercer electrodo cilíndrico adicional situado en una posición predeterminada a lo largo del módulo de electrocoalescencia (interior o exterior) para aplicar al menos un campo de CC.

65 Además, el módulo de electrocoalescencia usado actualmente está separado en al menos dos secciones. De este modo, el al menos un electrodo cilíndrico para aplicar al menos en el campo de CC se usa para dividir el módulo de

electrocoalescencia en dichas secciones. Esto puede hacerse colocando el campo de CC en cualquier posición predeterminada al lado del módulo de electrocoalescencia, preferentemente delante del campo de HF/CA.

El al menos un electrodo situado en el centro del recipiente está dispuesto preferentemente a lo largo del eje simétrico de un módulo de electrocoalescencia cilíndrico y está diseñado preferentemente en un electrodo en forma de varilla usada para la conexión a tierra.

La disposición específica de los electrodos y la división del módulo de electrocoalescencia en múltiples secciones permite que al menos un campo de HF/CA pueda aplicarse a al menos una sección y que el al menos un campo de CC se aplique a la al menos otra sección.

Esto puede hacerse de tal manera que la al menos una sección de CC se aplique o disponga corriente arriba de la al menos una sección de HF/CA o la al menos una sección de HF/CA se aplique corriente arriba de la al menos una sección de CC. Asimismo, También es posible usar tres secciones por lo que se proporcionan al menos dos secciones de HF/CA y una sección de CC de tal manera que al menos una primera sección de HF/CA esté corriente arriba de la al menos una sección de CC y la al menos una segunda sección HF/CA esté corriente abajo de la al menos una sección de CC.

La presente invención se describe posteriormente haciendo referencia a las figuras de los dibujos por medio de múltiples ejemplos. Se muestra:

La figura 1, una primera realización de un dispositivo para separar una emulsión de acuerdo con la invención;

La figura 2, una segunda realización de un dispositivo para separar una emulsión de acuerdo con la invención;

La figura 3, una tercera realización de un dispositivo para separar una emulsión de acuerdo con la invención;

La figura 4, una cuarta realización de un dispositivo para separar una emulsión de acuerdo con la invención;

La figura 5 es un diagrama que representa el contenido de agua residual de una fase orgánica después del tratamiento eléctrico de una emulsión a una tensión constante de acuerdo con la segunda realización del método presente; mostrada en la figura 2

La figura 6A es un diagrama adicional que representa el contenido de agua residual de una fase orgánica después del tratamiento eléctrico de una emulsión de acuerdo con la tercera realización del método presente; mostrada en la figura 3

La figura 6B es un diagrama adicional que representa el contenido de agua residual de una fase orgánica después del tratamiento eléctrico de una emulsión de acuerdo con la tercera realización del método presente; mostrada en la figura 3

La figura 7^a es un diagrama adicional que representa el contenido de agua residual de una fase orgánica después del tratamiento eléctrico de una emulsión de acuerdo con la segunda realización del método presente; mostrada en la figura 2

La figura 7B es un diagrama adicional que representa el contenido de agua residual de una fase orgánica después del tratamiento eléctrico de una emulsión de acuerdo con la segunda realización del método presente; mostrada en la figura 2

La figura 8 es un diagrama adicional que representa el contenido de agua residual de una fase orgánica después del tratamiento eléctrico de una emulsión de acuerdo con un método conocido (documento EP 468 954 A2); de acuerdo con la cuarta realización del método presente; mostrada en la figura 4

La figura 9^a es un diagrama adicional que representa el contenido de agua residual de una fase orgánica después del tratamiento eléctrico de una emulsión de acuerdo con la tercera realización del método presente; mostrada en la figura 3

La figura 9B es un diagrama adicional que representa el contenido de agua residual de una fase orgánica después del tratamiento eléctrico de una emulsión de acuerdo con la tercera realización del método presente; mostrada en la figura 3; y;

La figura 10 un diagrama adicional que representa el tiempo de división necesario para la separación completa de emulsiones tratadas eléctricamente (W/O) u (O/W) con diferente concentración inicial de agua usando un método discontinuo en un dispositivo de acuerdo con la primera realización mostrada en la figura 1

La figura 1 muestra un SEPARADOR DE TUBO DE VIDRIO DE LABORATORIO, que puede operarse continuamente

o preferentemente de manera discontinua. El interior del separador de tubo de vidrio (2) se llena con la fase de emulsión (Volumen, $V \sim 90$ ml) e incluye el electrodo metálico desnudo situado centralmente (3B, 0 1 o 6 mm). El electrodo podría estar recubierto por un material aislante tal como PTFE, E-CTFE o similares. La construcción del separador de tubo de vidrio de laboratorio incluye un diseño de tubo de vidrio doble. Por lo tanto, la pared de vidrio, entre el espacio interior y la cámara de vidrio exterior, actúa como un aislante. El volumen de la cámara se llena con una solución de alta conductividad, tal como ácido sulfúrico acuoso 2 mol/l o líquidos similares (líquidos iónicos, soluciones salinas acuosas, etc.). Los electrodos metálicos se colocan tanto en la cámara exterior (2 m H_2SO_4), que también forma el contraelectrodo (3A) como en el centro del separador de tubo de vidrio de laboratorio (3B). El electrodo central (3B) está conectado a tierra. Los campos eléctricos pueden generarse entre los electrodos (3A/3B) mediante un generador (transformador, 1). De este modo, pueden generarse y aplicarse campos de HF/CA singulares en el separador de tubo de vidrio de laboratorio.

En la operación por lotes, el volumen interior del separador de tubo de vidrio de laboratorio se llena inicialmente con la fase de emulsión y a continuación se aplica el campo eléctrico. En operación continua, la emulsión de (W/O) se alimenta en la sección inferior del separador de tubo de vidrio de laboratorio. La emulsión se separa en una fase ligera y pesada mediante la aplicación de un campo eléctrico. La fase ligera (orgánica) emerge del separador de tubo de vidrio en la parte superior, por lo que la fase pesada (agua) se descarga en el fondo del separador de tubo de vidrio. El nivel de la fase pesada en el separador decantador se controla por un sifón.

La figura 2 muestra el recipiente de separación cuando se aplican campos de HF/CA singulares en una operación (dis-) continua. En este caso, se muestra un SEPARADOR DECANTADOR DE VIDRIO HORIZONTAL (acostado) DE UNA ZONA (1Z), que puede operarse de manera discontinua o preferentemente de manera continua. El interior del separador decantador de vidrio horizontal (2) se llena con la fase de emulsión (Volumen, $V \sim 340$ ml) e incluye el electrodo metálico desnudo situado centralmente (3B). El electrodo central (3B) está conectado a tierra. La construcción del separador decantador de vidrio horizontal incluye un diseño de tubo de vidrio doble. Por lo tanto, la pared de vidrio, entre el espacio interior y la cámara de vidrio exterior, actúa como un aislante. El volumen de la cámara se llena con una solución de alta conductividad, tal como ácido sulfúrico acuoso 2 mol/l o líquidos similares (líquidos iónicos, soluciones salinas acuosas, etc.). Los electrodos metálicos se colocan tanto en la cámara exterior, que también forma el contraelectrodo (3A) como en el centro del separador decantador de vidrio horizontal (3B). Los campos eléctricos pueden generarse entre los electrodos (3A/3B) mediante un generador (transformador, 1). De este modo, pueden generarse campos de HF/CA singulares y aplicarlos en el separador decantador de vidrio horizontal. En la operación por lotes, el volumen interior del separador de tubo de vidrio de laboratorio se llena inicialmente con la fase de emulsión y a continuación se aplica el campo eléctrico.

En operación continua, la fase de emulsión se alimenta con una bomba peristáltica desde el tanque de alimentación de emulsión al tubo de entrada orientado centralmente del separador decantador de vidrio horizontal. La fase de emulsión se separa en una fase ligera y pesada mediante la aplicación de un campo eléctrico a lo largo del separador decantador de vidrio horizontal. La fase ligera (orgánica) emerge del separador decantador de vidrio horizontal en la parte superior, por lo que la fase pesada (agua) se descarga en el fondo del separador decantador horizontal. El nivel de la fase pesada en el separador decantador se controla por un sifón.

En la figura 3, se ilustra otra realización del dispositivo de separación para aplicar campos de CA/CC en serie en operación continua. En este caso, se muestra un SEPARADOR DECANTADOR DE VIDRIO HORIZONTAL (acostado) DE 3 ZONAS (3Z), que en general se opera continuamente. El diseño principal es similar al separador decantador de vidrio horizontal (acostado) de una zona descrita anteriormente. Toda la longitud del decantador puede dividirse en 3 secciones. Los campos de HF/CA pueden aplicarse en la 1ª sección (2A) y/o la 3ª sección (2C) en combinación con un campo de CC en el medio o 2ª sección (2B). El volumen total es de 435 ml, comenzando con 130 ml (1ª), 95 ml (2ª) y 210 ml (3ª). El volumen interior forma el espacio de emulsión (2A/2B/2C). Los campos de HF/CA pueden aplicarse mediante la combinación de los contraelectrodos (3A) en la sección 1ª/3ª con el electrodo orientado centralmente y conectado a tierra (3B). De este modo, la pared de vidrio forma un aislante. El campo de CC puede aplicarse en el 2º segmento, mediante un tubo metálico que forma el electrodo exterior (3C), que se combina con el electrodo orientado centralmente y conectado a tierra (3B). Las 3 zonas están aisladas entre sí por un sellado de PTFE. Los campos eléctricos de HF/CA pueden generarse entre los electrodos (3A/3B) mediante un generador de HF/CA (transformador, 1A) en el 1º y/o 3º segmento. Los campos de CC pueden generarse entre los electrodos (3C/3B) mediante un generador de CC (transformador, 1B) en el 2º segmento. El diseño del decantador de vidrio horizontal (tumbado) de 3Z permite las combinaciones en serie de los campos de HF/CA con los campos de CC y viceversa.

En operación continua, la fase de emulsión se alimenta con una bomba peristáltica desde el tanque de alimentación de emulsión al tubo de entrada orientado centralmente del separador decantador de vidrio horizontal de 3Z. La fase de emulsión se separa en una fase ligera y pesada mediante la aplicación de campos eléctricos en combinación a lo largo del separador decantador de vidrio horizontal de 3Z. La fase ligera (orgánica) emerge del separador decantador de vidrio horizontal de 3Z en la parte superior, por lo que la fase pesada (agua) se descarga en el fondo del separador decantador horizontal. El nivel de la fase pesada en el separador decantador se controla por un sifón.

En la figura 4 se ilustra un separador que puede usarse para campos de CA/CC superpuestos (paralelos) en operación

continua. En este caso, el SEPARADOR DE VIDRIO HORIZONTAL (acostado) DE UNA ZONA (1Z) se opera preferentemente de manera continua. El diseño principal es similar a la figura 2. El campo de HF/CA se realiza completamente igual a la descripción de la figura 2 entre el contraelectrodo (3A) y el electrodo metálico desnudo orientado centralmente y conectado a tierra (3B) con el generador (transformador, 1A). Adicionalmente, se genera un campo de CC con un tubo metálico desnudo situado en el interior (3C) en combinación con el electrodo metálico orientado centralmente y conectado a tierra (3B) mediante un generador de CC (transformador, 1B).

En operación continua, la fase de emulsión se alimenta con una bomba peristáltica desde el tanque de alimentación de emulsión al tubo de entrada orientado centralmente del separador decantador de vidrio horizontal. La emulsión se separa en una fase ligera y una fase pesada mediante la aplicación de un campo de HF/CA eléctrico combinado (superpuesto) paralelo con un campo de CC sobre la longitud total del separador decantador de vidrio horizontal. La fase ligera (orgánica) emerge del separador decantador de vidrio horizontal en la parte superior, por lo que la fase pesada (agua) se descarga en el fondo del separador decantador horizontal. El nivel de la fase pesada en el separador decantador se controla por un sifón.

Definición de emulsión de agua en aceite (W/O) (emulsión modelo/prueba)

Los siguientes ejemplos sirven para ilustrar la operación discontinua y continua de la separación de emulsión eléctrica de acuerdo con la invención por medio de la emulsión modelo agua/fenol/acetona/hidroperóxido de cumeno. Esta emulsión se obtiene en la llamada síntesis de Hock para producir fenol y acetona, por lo que la fase de reacción orgánica se trata después con una fase de lavado acuosa en la operación de unidad de lavado de exfoliación con fenol. De este modo, se forma una emulsión de (W/O).

La emulsión de agua en aceite (W/O) investigada tiene una concentración de agua inicial (alimentación) de aproximadamente 25 % en peso. El componente principal es el fenol, además de otros componentes relevantes tal como la acetona, agua e hidroperóxido de cumeno. La composición inicial de la emulsión de (W/O) fenólica aplicada es la siguiente:

Tabla 1: Composición de la emulsión de (W/O) fenólica aplicada durante todas las pruebas como emulsión modelo	
COMPONENTES	CONCENTRACIÓN [% en peso]
Fenol	44,5
Acetona	20,4
Agua	25,0
Hidroperóxido de cumeno	10,1

La emulsión de (W/O) fenólica en la Tabla 1 se usó en todos los experimentos como un tipo de emulsión modelo. La preparación de la emulsión se realiza tanto fresca como continuamente con un mezclador de rotor/estator (Fa. IKA, Tipo: ULTRA TURRAX T25), antes de que se ejecutaran los experimentos de división eléctrica.

Debe mencionarse que la concentración final mínima alcanzable de agua en la fase orgánica separada es la concentración de equilibrio del sistema de fase material, que es aproximadamente el 10 % en peso y define de este modo indirectamente el rendimiento máximo de separación alcanzable del sistema de fase de material de prueba. El contenido de agua en la fase ligera (orgánica) se analizará indirectamente por el método de Karl Fischer de la fase ligera (orgánica) resultante. Además, podría realizarse un análisis continuo del contenido de agua mediante mediciones de densidad de la fase orgánica separada en línea.

Ejemplo 1 (ejemplo comparativo): separación por lotes de una emulsión de (W/O) fenólica de la Tabla 1 aplicando un campo de CA singular a la frecuencia neta de 50 Hz y a tres niveles de tensión eficaz de 150, 250 y 500 V.

La emulsión de (W/O) fenólica de la Tabla 1 con un contenido de agua inicial de aproximadamente el 25 % en peso se transfiere al SEPARADOR DE TUBO DE VIDRIO DE LABORATORIO de la figura 1. La emulsión modelo fenólica se trata eléctricamente durante 30 minutos con un campo de CA a 50 Hz a tres tensiones eficaces diferentes (150/250/500 V), lo que corresponde a las intensidades del campo eléctrico de aproximadamente 9.000/15.000/30.000 V/m. La tensión alterna es generada por un generador de CA fabricado por la compañía KNÜRR.

Los resultados del experimento 1 en la Tabla 2 muestran la impresión, de que la emulsión modelo fenólica de la Tabla 1 no puede fragmentarse tanto a una frecuencia especial de 50 Hz como a tensiones eficaces entre 150 V y 500 V o intensidades de campo eléctrico más detalladas entre 9.000 y 30.000 V/m a frecuencias bajas de 50 Hz, a diferencia del conocimiento de los procesos de desalación de petróleo crudo. Los contenidos de agua de las fases orgánicas tratadas eléctricamente se ajustan prácticamente a la concentración de agua inicial del 25 % en peso de la emulsión de alimentación después de 30 min. Los resultados obtenidos (no aplicabilidad) confirman, que los campos de CA a

frecuencias bajas (netas) no pueden fragmentar las emulsiones de (W/O) fenólicas de la composición de la Tabla 1, que también indica la alta estabilidad termodinámicamente temporal del sistema de prueba de emulsión fenólica, comparable con las emulsiones generadas sintéticamente del proceso Líquido/Membrana/Permeación. Tales emulsiones de (W/O) son termodinámicamente estables durante horas o días bajo la influencia solo de la gravedad.

5

Tabla 2: división operada por lotes de la emulsión modelo de la Tabla 1 en un campo de CA a una frecuencia neta constante de 50 [Hz] y en tres niveles de tensión eficaz diferentes (150/250/500 [V]), periodo de tratamiento: ca. 30 minutos]

Tensión [V]	Frecuencia [Hz]	Contenido de agua de la fase ligera (orgánica) [% en peso]
150	50	24,8
150	50	25,0
250	50	24,6
250	50	24,6
500	50	24,5
500	50	24,4

Ejemplo 2: Separación continua de una emulsión de (W/O) fenólica de la Tabla 1 en un campo de CA singular a altas frecuencias (3.750-32.000 Hz).

10 El ejemplo 2 debería demostrar que las emulsiones de (W/O) muy estables tales como la emulsión de prueba fenólica de la Tabla 1, podría fragmentarse también a una tensión de CA "baja" (intensidad de campo eléctrico E) de 500 V, respectivamente, una intensidad de campo eléctrico de aplicación de 16.000 V/m, mediante la aplicación de campos de HF/CA y especialmente frecuencias altas entre 3.750-32.000 Hz, a diferencia del ejemplo 1 (500 V/50 Hz), donde se ha aplicado un campo de LF/CA.

15 La emulsión de (W/O) fenólica de la Tabla 1 con un contenido de agua inicial de aproximadamente el 25 % en peso se transfiere al separador decantador horizontal de 1Z (véase la figura 2) y pasa el separador aplicando un campo de HF/CA a una tensión eficaz constante de 500 V (con una intensidad de campo eléctrico de 16.000 V/m) y una variación de las altas frecuencias en el intervalo entre 3.750 - 32.000 Hz. El separador opera continuamente con un caudal másico en emulsión constante de 11,1 kg/h. Se analizó el contenido de agua resultante de la fase ligera (orgánica) así tratada y separada (por lo que el 10 % en peso de agua en la fase orgánica resultante = concentración de agua en equilibrio del sistema de material fenólico).

25 El diagrama de la figura 5 representa el contenido de agua residual de la fase ligera (orgánica) después del tratamiento eléctrico de una emulsión fenólica (alimentación) en el separador decantador horizontal de 1Z de la figura 2 en operación continua (caudal másico de emulsión: 11,1 kg/h) en función de las altas frecuencias aplicadas (4.000 - 32.000 Hz) a una tensión eficaz constante de 500 V, correspondiente a una intensidad de campo eléctrico de aplicación de 16.000 V/m. El tiempo de residencia promedio en esta serie de pruebas se fijó en 1,6 min.

30 Los experimentos del ejemplo 2 muestran que la emulsión modelo fenólica de la Tabla 1 comienza a dividirse en un campo de HF/CA (500 V) a 3.750 Hz. El contenido de agua residual de la fase ligera (orgánica) disminuye notablemente aumentando la alta frecuencia de 3.750 - 32.000 Hz, resp. 21,4 % en peso a 3.750 Hz a 13,0 % en peso a 32.000 Hz. La concentración de agua de equilibrio del 10 % en peso del sistema de material de prueba no puede alcanzarse con los parámetros de proceso elegidos, por ejemplo, tiempo de residencia y/o intensidad de campo eléctrico E demasiado cortos.

35 En los experimentos (espacio tiempo promedio constante) el contenido de agua podría reducirse del 25 % en peso inicial a aproximadamente el 13 % en peso a una tensión eficaz de 500 V y una alta frecuencia de 32.000 Hz. La evaluación analítica de la serie de pruebas muestra una función lineal del contenido de agua resultante de la fase ligera (orgánica) a partir de la alta frecuencia aplicada. Asimismo, no se determinó una reemulsificación desventajosa en la ventana de proceso elegida como se describe en Draxler et al. a 10.000 Hz para emulsiones LMP generadas sintéticamente.

45 Ejemplo 3: fragmentación mejorada operada continuamente de una emulsión de (W/O) fenólica de la Tabla 1 en campos de CC singulares

La construcción del dispositivo de separación es el separador decantador de vidrio horizontal de 3Z (posteriormente designado como separador decantador de 3Z), mostrado en la figura 3. De este modo, solo se usa el segmento medio (3C) aplicando un campo de CC singular, que se genera con un transformador de CC común (1B). Las intensidades de campo eléctrico aplicadas estaban en el intervalo de 1.300 a 7.000 V/m.

50

La separación eléctrica se opera continuamente. La emulsión modelo fenólica de la Tabla 1 con un contenido de agua

inicial de 25 % en peso se introduce por medio de una bomba peristáltica en el separador decantador de 3Z de la figura 3. Los experimentos se llevaron a cabo con un caudal másico constante de la emulsión modelo fenólica de 11,1 kg/h (tiempo de residencia fijo) en entradas de potencia de CC eléctrica variables definidas. Las fases de salida (ligeras) resultantes del separador decantador de 3Z se analizaron en su contenido de agua residual.

5 La figura 6A muestra los resultados obtenidos, por lo que el contenido de agua resultante en la fase de salida ligera (orgánica) se muestra como una función de la entrada de potencia de corriente continua eléctrica en W. El diagrama de la figura 6A representa el contenido de agua residual de la fase ligera (orgánica) después de la separación inducida eléctricamente de una emulsión fenólica (alimentación) en el separador decantador horizontal de 3Z de la figura 3 (segmento medio de CC 2B) en operación continua (caudal másico de emulsión: 11,1 kg/h) en función de la potencia eléctrica de CC introducida en W aplicando un campo de CC singular.

10 Es necesaria una entrada de potencia de CC de al menos 9 W para garantizar la separación completa (contenido de agua de equilibrio del 10 % en peso de la emulsión modelo a un caudal másico continuo de 11,1 kg/h a través del separador decantador horizontal de 3Z (= espacio tiempo promedio fijo) en menos de 2 minutos. Además, la figura 6A ilustra también, que una separación completa de la emulsión fenólica de la Tabla 1 no puede lograrse con entradas de potencia de CC inferiores a 9 W.

20 La figura 6B muestra principalmente una dependencia similar del contenido de agua de la fase ligera tratada eléctricamente (orgánica) de la tensión de CC aplicada. El diagrama de la figura 6B representa el contenido de agua residual de la fase ligera (orgánica) después de la separación inducida eléctricamente de una emulsión fenólica (alimentación) en el separador decantador horizontal de 3Z de la figura 3 (segmento medio de CC 2B) en operación continua (caudal másico de la emulsión: 11,1 kg/h) en función de la tensión de CC introducida aplicando un campo de CC singular.

25 Los resultados obtenidos del ejemplo 3 muestran que la emulsión fenólica de la Tabla 1 podría separarse por completo en un campo de CC en menos de 2 minutos aplicando al menos una intensidad de campo eléctrico de más de 7.000 V/m a una entrada de potencia eléctrica específica baja de 0,9 Wh/kg.

30 Ejemplo 4: fragmentación mejorada operada continuamente de una emulsión de (W/O) fenólica de la Tabla 1 en campos de HF/CA singulares

35 El dispositivo de separación experimental usado es el separador decantador de vidrio horizontal de 1Z (designado posteriormente como separador de decantador de 1Z) de la figura 2. El electrodo metálico desnudo (3B, diámetro 1 mm) está dispuesto en el eje simétrico del aparato cilíndrico. El campo de HF/CA se genera entre los contraelectrodos conductores eléctricos (3A, 2 m H₂SO₄) y el electrodo de metal situado centralmente (3B). Los electrodos están aislados entre sí por la pared de vidrio. El campo de HF/CA se genera por un generador de alta frecuencia/alta tensión (1).

40 La emulsión de (W/O) fenólica de la Tabla 1 se transfiere continuamente a través de una bomba peristáltica a la entrada del separador decantador de 1Z. La emulsión modelo fenólica de la Tabla 1 pasa al recipiente, mediante el que se aplican campos de HF/CA con tensiones de CA variables a 16.000 Hz. Los experimentos se llevaron a cabo con un caudal másico constante de la emulsión fenólica de 11,1 kg/h (= espacio tiempo fijo) a tensiones de HF/CA eléctricas definidas a una alta frecuencia de 16.000 Hz. Las intensidades de campo eléctrico aplicadas en esta serie de pruebas están en el intervalo de 10.000 a 50.000 V/m. Las fases de salida (ligera orgánica) resultantes se analizan en sus contenidos de agua residual.

50 La figura 7A muestra el contenido de agua resultante en la fase de salida ligera (orgánica) en función de la entrada de potencia de corriente alterna eléctrica eficaz en W a una alta frecuencia de 16.000 Hz. El diagrama de la figura 7A representa el contenido de agua residual de la fase ligera (orgánica) después de la separación inducida eléctricamente de una emulsión fenólica (alimentación) en el separador decantador horizontal de 1Z de la figura 2 en operación continua (caudal másico de emulsión: 11,1 kg/h) en función de la potencia eléctrica de HF/CA introducida en W aplicando un campo de CA singular a alta frecuencia de 16.000 Hz.

55 Es necesaria una entrada de potencia de CA de al menos 120 W para garantizar la separación completa (contenido de agua de equilibrio del 10 % en peso) de la emulsión modelo a un caudal de flujo másico constante de 11,1 kg/h a través del separador decantador horizontal de 1Z (= espacio tiempo promedio fijo). Los resultados obtenidos del ejemplo 4 muestran, que la emulsión fenólica de la Tabla 1 podría separarse por completo en un campo de HF/CA a 16.000 Hz en menos de 2 minutos aplicando al menos una intensidad de campo eléctrico de 50.000 V/m a una entrada de potencia eléctrica específica de 10,8 Wh/kg. La entrada de potencia de CA eléctrica es, por lo tanto, notablemente más alta en comparación con el campo de CC singular. Esto está provocado por la alta capacidad de la masa del tubo de pared de vidrio del aparato.

65 La figura 7B muestra principalmente una dependencia similar del contenido de agua de la fase ligera tratada eléctricamente (orgánica) mediante la tensión de HF/CA aplicada a una alta frecuencia constante de 16.000 Hz. El diagrama de la figura 7B representa el contenido de agua residual de la fase ligera (orgánica) después de la separación

inducida eléctricamente de una emulsión fenólica (alimentación) en el separador decantador horizontal de 1Z de la figura 2 en operación continua (caudal másico de emulsión: 11,1 kg/h) en función de la tensión de HF/CA eficaz introducida aplicando un campo de CA singular a alta frecuencia de 16.000 Hz

- 5 El ejemplo 4 muestra que los campos de HF/CA singulares pueden mejorar la fragmentación de las emulsiones de (W/O), aunque la entrada de potencia eléctrica específica es mayor en comparación con los campos de CC singulares. La emulsión fenólica puede fragmentarse por completo en menos de 1,7 min. No se determinó una reemulsificación a 10.000 Hz, como se describe en Draxler et al. Además, tampoco se determinó una alta frecuencia óptima.

- 10 Ejemplo 5 (ejemplo comparativo): Separación continua de una emulsión de (W/O) fenólica de la Tabla 1 en campos de HF-CA-/CC combinados (superpuestos) paralelos.

El ejemplo 5 demostraría principalmente el conocimiento de que los campos de HF/CA/CC superpuestos (interconexión paralela) mostrarían ventajas en la eficacia de la separación de las emulsiones de (W/O). El documento EP 468 954 A2 describe un grado de separación bajo en el caso del uso de campos de HF/CA singulares, por lo que la polaridad alternante o de mejor conmutación de las moléculas de agua (formas de dipolos cambiadas y desventajosas) son la razón del grado de separación bajo en el caso de campos de HF/CA independientes. Asimismo, El documento EP 468 954 A2 describe la baja utilización de potencia eléctrica en campos de HF/CA especialmente para la separación (por ejemplo, calentamiento paralelo de la fase media). No puede encontrarse información en el documento EP 468 954 A2 con respecto a la tensión aplicada y/o a la potencia eléctrica de tanto los campos de HF/CA como los campos de CC superpuestos.

El dispositivo de separación aplicado experimental se muestra en la figura 4, las dimensiones del separador son principalmente similares al separador decantador de 1Z. El electrodo metálico (3B, diámetro 1 mm) está dispuesto en el eje simétrico del aparato cilíndrico y además está conectado a tierra. El campo de HF/CA se genera entre los contraelectrodos conductores eléctricos (3A, 2 m H₂SO₄) y el electrodo metálico desnudo situado centralmente (3B). El campo de CC se genera entre un tubo metálico situado interiormente (3C) y el electrodo metálico situado centralmente (3B). Ambos campos eléctricos se generan mediante los generadores correspondientes (CA: 1A, CC: 1B).

La emulsión de (W/O) fenólica de la Tabla 1 se transfiere continuamente a través de una bomba peristáltica a la entrada del separador decantador de 1Z. La emulsión modelo pasa al recipiente, por el que se aplicaron las siguientes combinaciones de campo:

- a. campo de HF/CA singular a una alta frecuencia de 24.000 Hz
- b. campo de HF/CA a alta frecuencia de 24.000 Hz superpuesto con un campo de CC de 12 V.
- c. campo de HF/CA a alta frecuencia de 24.000 Hz superpuesto con un campo de CC de 25 V.

Los experimentos se llevaron a cabo con un caudal másico constante de la emulsión modelo fenólica de 11,1 kg/h en las entradas de potencia total eléctrica definidas. Las fases de salida resultantes (fase ligera orgánica) se analizaron en su contenido de agua residual. Las intensidades de campo eléctrico aplicadas en esta serie de pruebas estuvieron en el intervalo de 500 a 50.000 V/m.

La figura 8 muestra los resultados, por lo que el contenido de agua resultante en la fase de salida ligera (orgánica) se muestra como función de la entrada de potencia eléctrica total en W. El diagrama de la figura 8 representa el contenido de agua residual de la fase ligera (orgánica) después de la separación inducida eléctricamente de una emulsión fenólica (alimentación) en el separador decantador horizontal de 1Z de la figura 4 en operación continua (caudal másico de emulsión: 11,1 kg/h) en función de la potencia eléctrica eficaz introducida en W aplicando una combinación paralela (superpuesta) de campos de HF/CA a una alta frecuencia de 16.000 Hz con campos de CC de 0-25 V. El tiempo de residencia fue fijo y de menos de 2 min.

La figura 8 demuestra que la entrada de potencia eléctrica total en W para lograr contenidos de agua residual similares de la fase orgánica separada resultante es más baja aplicando un campo de HF/CA singular a 24.000 Hz constantes. Los campos de HF/CA, que se superpusieron con un campo de CC de 12 V o 25 V necesitan una entrada de potencia eléctrica más alta para obtener una concentración de agua similar en la fase ligera (orgánica) analizada de la emulsión fenólica tratada eléctricamente. Estos resultados difieren del documento EP 468 954 A2, especialmente cuando se trata una emulsión modelo fenólica.

Ejemplo 6: Separación continua de una emulsión de (W/O) fenólica de la Tabla 1 en campos de CC-HF/CA combinados en serie (corriente arriba; CC; corriente abajo: HF/CA) con una entrada de potencia eléctrica total constante de solo 5 W.

Un campo de CC orientado corriente arriba se combinará en serie con un campo de HF/CA situado corriente abajo a una alta frecuencia de 16.000 Hz. El dispositivo de separación aplicado experimental fue el separador decantador de 3Z (figura 3). En el 2º segmento se aplica el campo de CC, seguido de un campo de HF/CA con una alta frecuencia de 16.000 Hz en el 3º-segmento del separador decantador 3Z. Los campos eléctricos se generan por los generadores

correspondientes (CA: 1A, CC: 1B).

El diagrama de la figura 9 representa el contenido de agua residual de la fase ligera (orgánica) después de la separación inducida eléctricamente de una emulsión fenólica (alimentación) en el separador decantador horizontal de 3Z de la figura 3 en operación continua (caudal másico de emulsión: 11,1 kg/h) en función de la tasa porcentual de la potencia de CC en la entrada de potencia eléctrica total de 5 W constantes cuando se aplica una combinación en serie de un campo de CC orientado corriente arriba con un campo de HF/CA corriente abajo o seguido a una alta frecuencia de 16.000 Hz. Las intensidades de campo eléctrico aplicadas en esta serie de pruebas estuvieron en el intervalo de 500 a 10.000 V/m. El tiempo de residencia fue fijo y de menos de 2 min.

La figura 9A y la figura 9B muestran que ya con una entrada de potencia eléctrica total de solo 5 W, la emulsión modelo fenólica de la Tabla 1 puede separarse completamente a un flujo másico constante de 11,1 kg/h (= espacio tiempo promedio fijo) mediante una serie combinada orientada corriente arriba 1^{er} campo de CC de 1,25 W (25 % de la entrada de potencia eléctrica total) con un 2^o campo de HF-CA situado corriente abajo a una alta frecuencia constante de 16.000 Hz de 3,75 W (75 % de la entrada de potencia eléctrica total). La emulsión fenólica puede fracturarse por completo en menos de 1,5 min.

El ejemplo 6 muestra que una fragmentación completa y la separación de una emulsión de (W/O) fenólica podría realizarse mediante una combinación en serie de un campo de CC corriente arriba con un campo de HF/CA orientado corriente abajo en menos de 1,5 min. Además, la entrada de potencia eléctrica total es mínima con 5 W resp. 0,45 Wh/kg con una resistencia de campo eléctrico ventajosamente baja en comparación con los campos de CC singulares o los campos de HF/CA singulares.

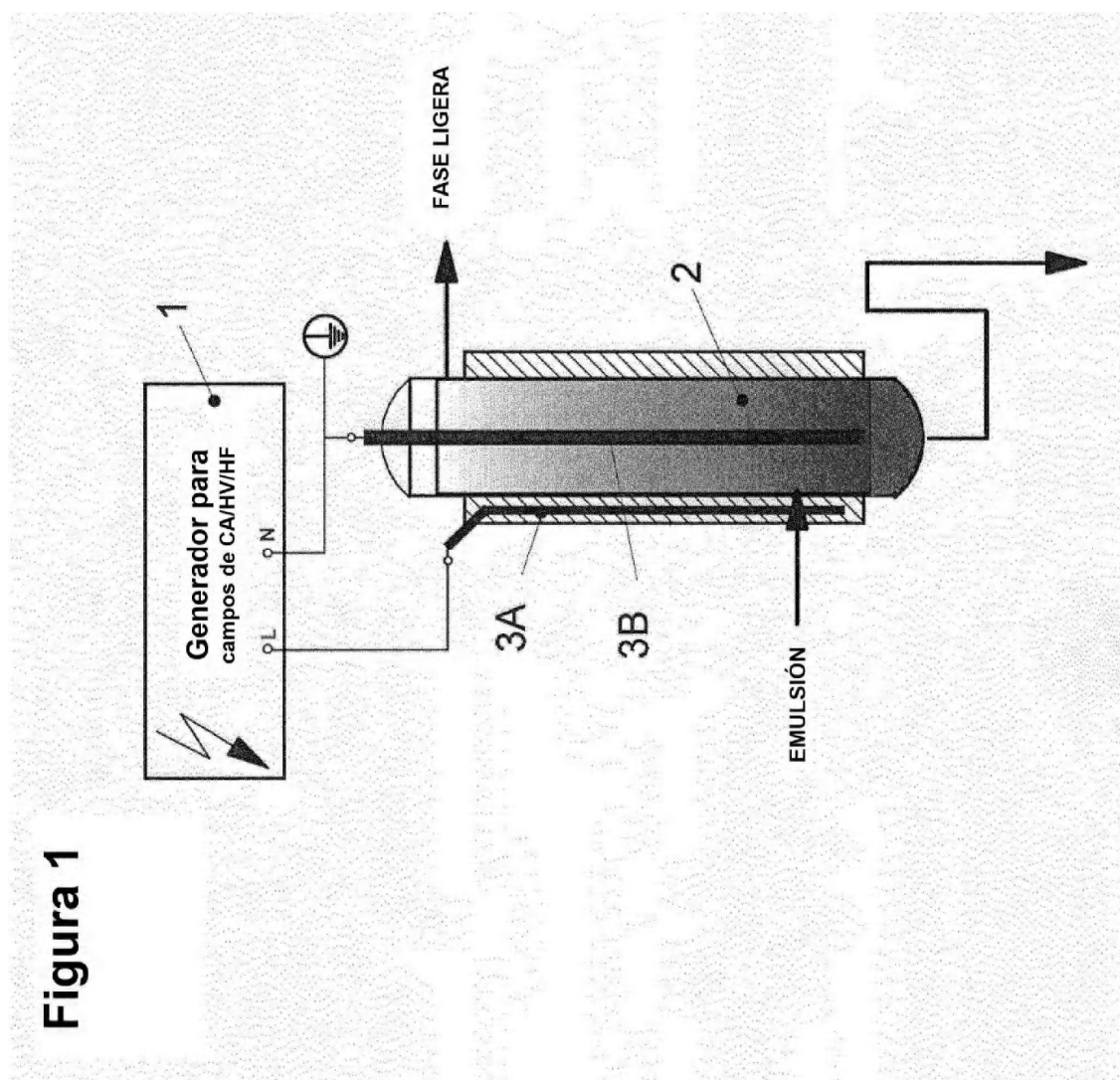
Ejemplo 7: Separación discontinua de emulsiones (W/O) o (O/W) fenólicas en el campo de HF/CA con diferente concentración de agua inicial, especialmente en el intervalo entre el 20 y el 80 [% en peso].

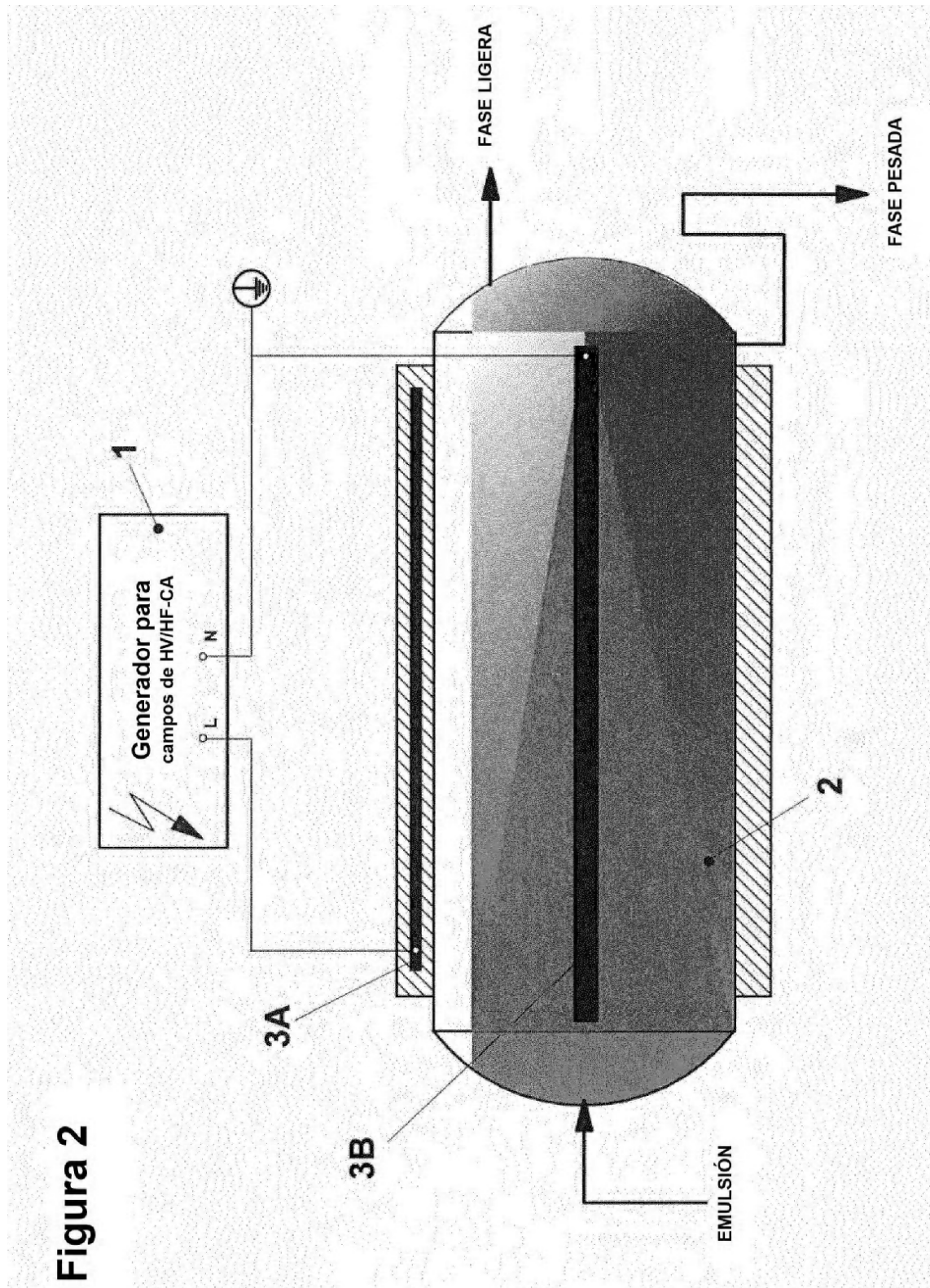
La emulsión de (W/O) o (O/W) fenólica con un contenido de agua inicial definido en el intervalo entre el 20 y el 80 [% en peso] se transfiere al SEPARADOR DE TUBO DE VIDRIO DE LABORATORIO de la figura 1. El separador de tubo de vidrio de laboratorio se opera de manera discontinua, por lo que la emulsión se llena en el separador. A continuación, se aplica un campo de HF/CA definido de 1.000 [V] y 65 [mA] a una alta frecuencia fija de 16.000 [Hz] en la emulsión. Se midió y registró el tiempo de separación necesario hasta que la emulsión se fragmentó y asentó por completo.

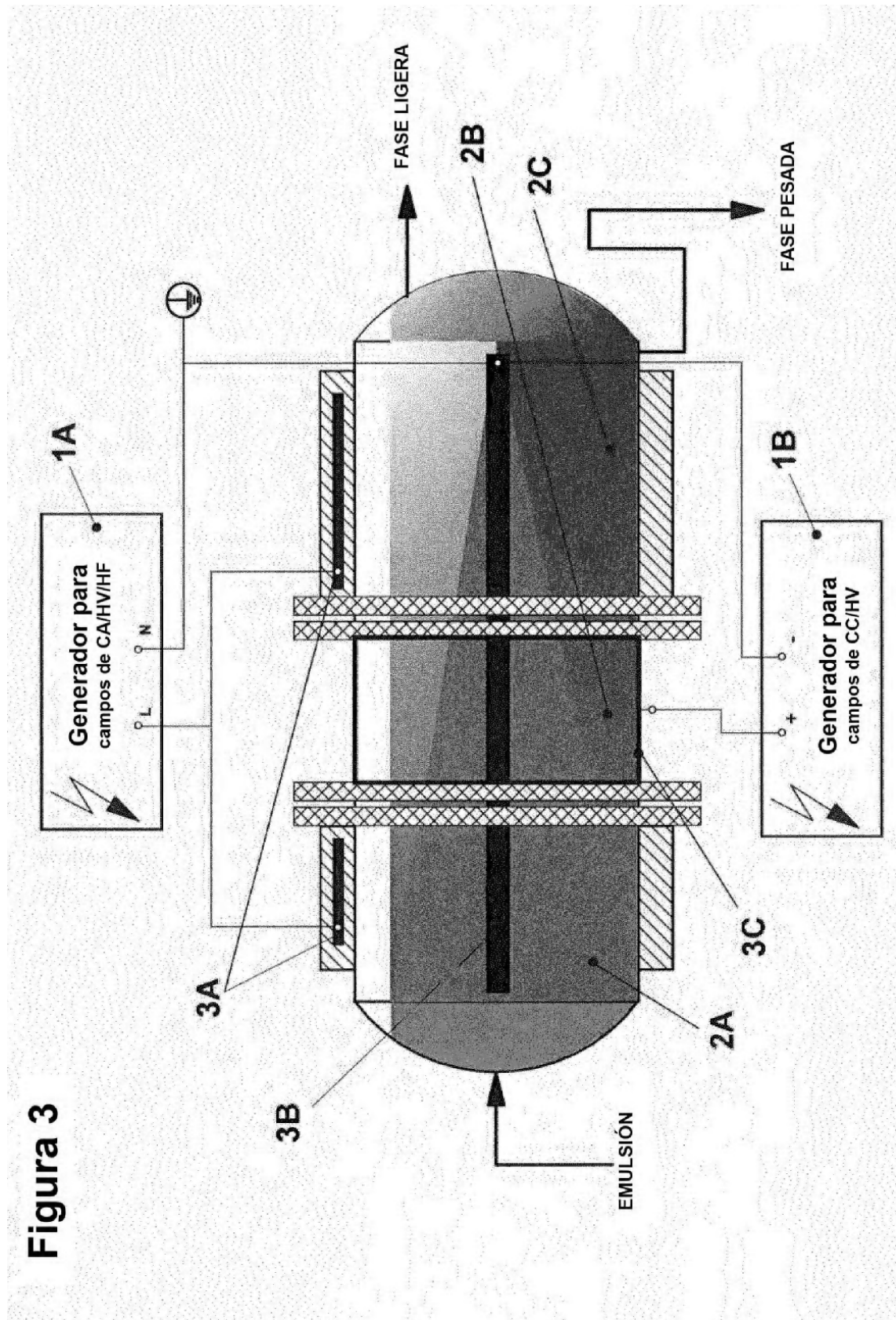
La figura 10 muestra los resultados obtenidos. Ambos tipos de emulsión, emulsión de (O/W) y de (W/O), pueden separarse ventajosamente aplicando un campo de HF/CA. Todas las emulsiones pueden dividirse completamente en menos de 2 [min] en las condiciones definidas de 1.000 [V] y 65 [mA] a una alta frecuencia fija de 16.000 [Hz]. Se muestra la impresión, de que especialmente el tipo (W/O) [< 50 [% en volumen] puede dividirse por completo en menos de 1 [min], preferentemente en menos de 20 [s] en el caso de contenidos de agua de inicio entre 30-50 [% en peso] de la emulsión de (W/O). El siguiente aumento ilustrado en el tiempo de división en el caso de emulsiones de (O/W) podría explicarse por el cambio de la fase continua de resp. dominante de orgánica a acuosa y las propiedades dieléctricas cambiadas.

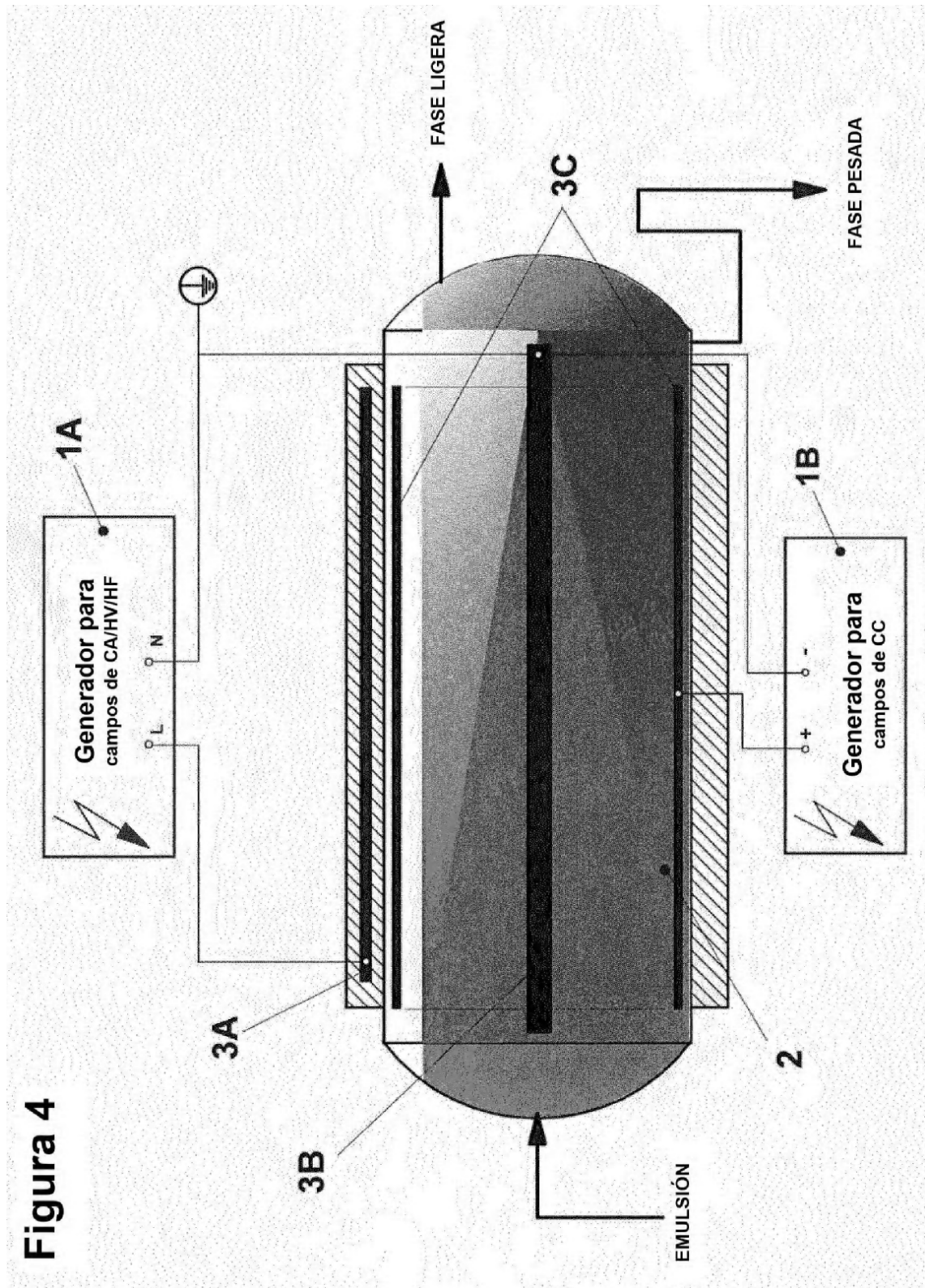
REIVINDICACIONES

1. Método para la separación de al menos una emulsión aplicando al menos un campo eléctrico dependiente del tiempo, **caracterizado por que**
5 - el al menos un campo eléctrico es un campo de corriente alterna (CA) singular con una intensidad de campo eléctrico entre 2.000 y 100.000 V/m y una frecuencia (HF) de entre > 10.000 Hz y 200.000 Hz,
llevándose a cabo el método en un dispositivo que comprende al menos un recipiente con al menos un módulo, al
10 menos un primer electrodo situado al lado del al menos un módulo del recipiente, y al menos un segundo electrodo situado dentro del al menos un módulo del recipiente.
2. Método de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que** el al menos un campo de HF/CA se aplica con una intensidad de campo eléctrico de entre 4.000 y 70.000 V/m, preferentemente de entre 30.000 y 50.000 V/m.
15
3. Método de acuerdo con las reivindicaciones 1 o 2, **caracterizado por que** el al menos un campo de HF/CA se aplica con una frecuencia de entre 12.000 y 150.000 Hz, preferentemente de entre 15.000 y 100.000 Hz, en particular, preferentemente de entre 20.000 y 70.000 Hz; más preferentemente de entre 25.000 y 50.000 Hz.
- 20 4. Método de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** el al menos un campo de HF/CA se aplica con una intensidad de campo eléctrico de entre 30.000 y 50.000 V/m y una frecuencia de entre 16.000 y 40.000 Hz.
- 25 5. Método de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que**, la separación de la emulsión en una fase ligera y una fase pesada con una tasa de desemulsificación de al menos el 95 %, preferentemente más del 97 % y en particular preferentemente de más del 99 % se logra en menos de 5 minutos, preferentemente en menos de 3 min, en particular, preferentemente en menos de 2 min.
- 30 6. Método de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** el tiempo de separación necesario de las fases polares, en particular agua y fases menos polares, en particular las fases no polares de la fase de emulsión, es inferior a 5 min, preferentemente menos de 3 min, en particular, preferentemente menos de 2 min.
- 35 7. Método de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** la emulsión a separar es al menos una emulsión de agua en aceite (W/O) o al menos una emulsión de aceite-agua-aceite (O/W/O) múltiple, en particular una emulsión con un contenido de agua de hasta el 70 % en masa.
- 40 8. Método de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** la emulsión a separar es una emulsión de agua fenólica de la síntesis de Hock con una relación equimolar de fenol/acetona y contenidos de agua de hasta el 70 % en peso, especialmente del 20 al 70 % en peso y lo más preferentemente del 25 % en peso.









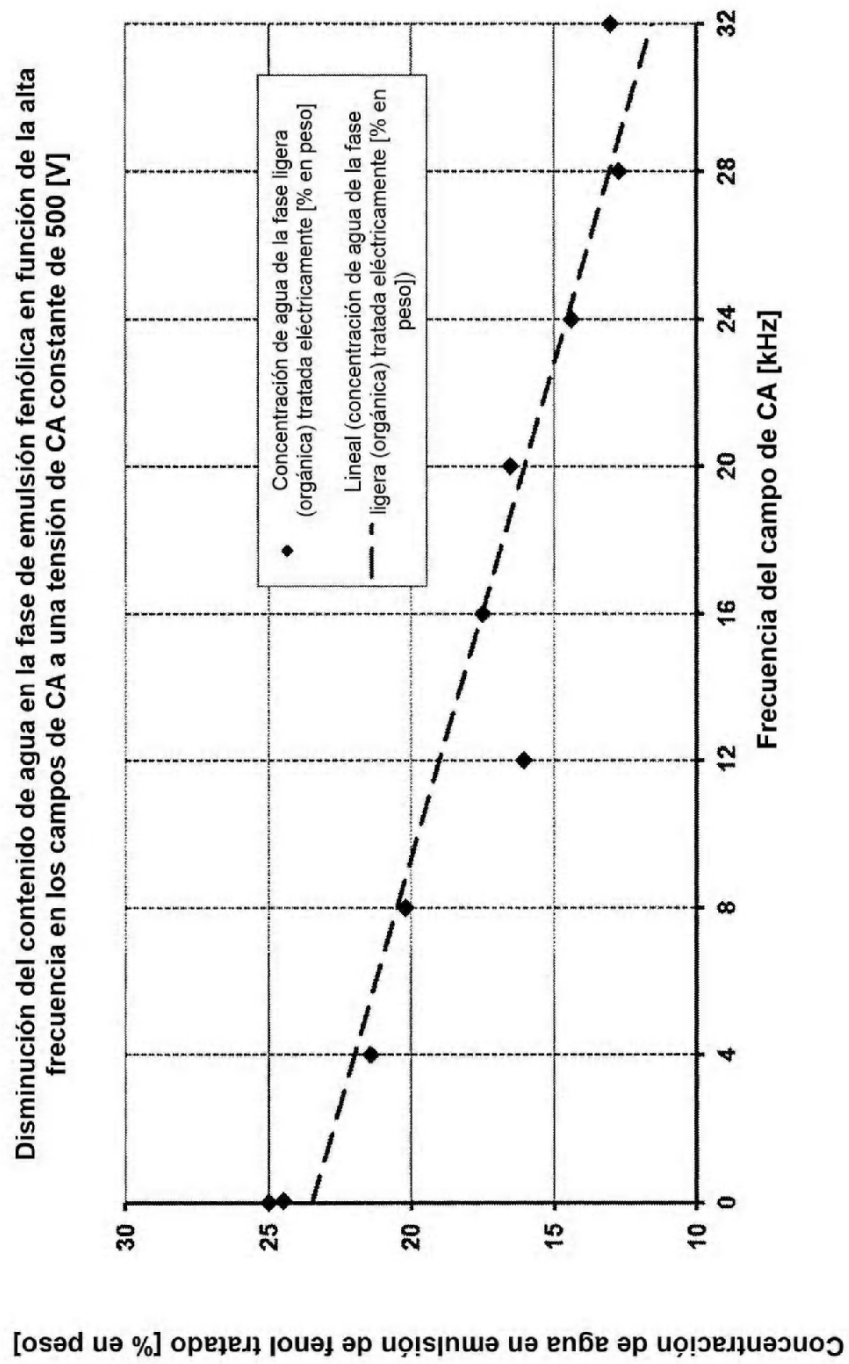


Figura 5

Disminución de contenido de agua en la fase de emulsión fenólica como
función de una entrada de potencia eléctrica de los campos de CC singulares

Caudal: 11,1 [kg/h]

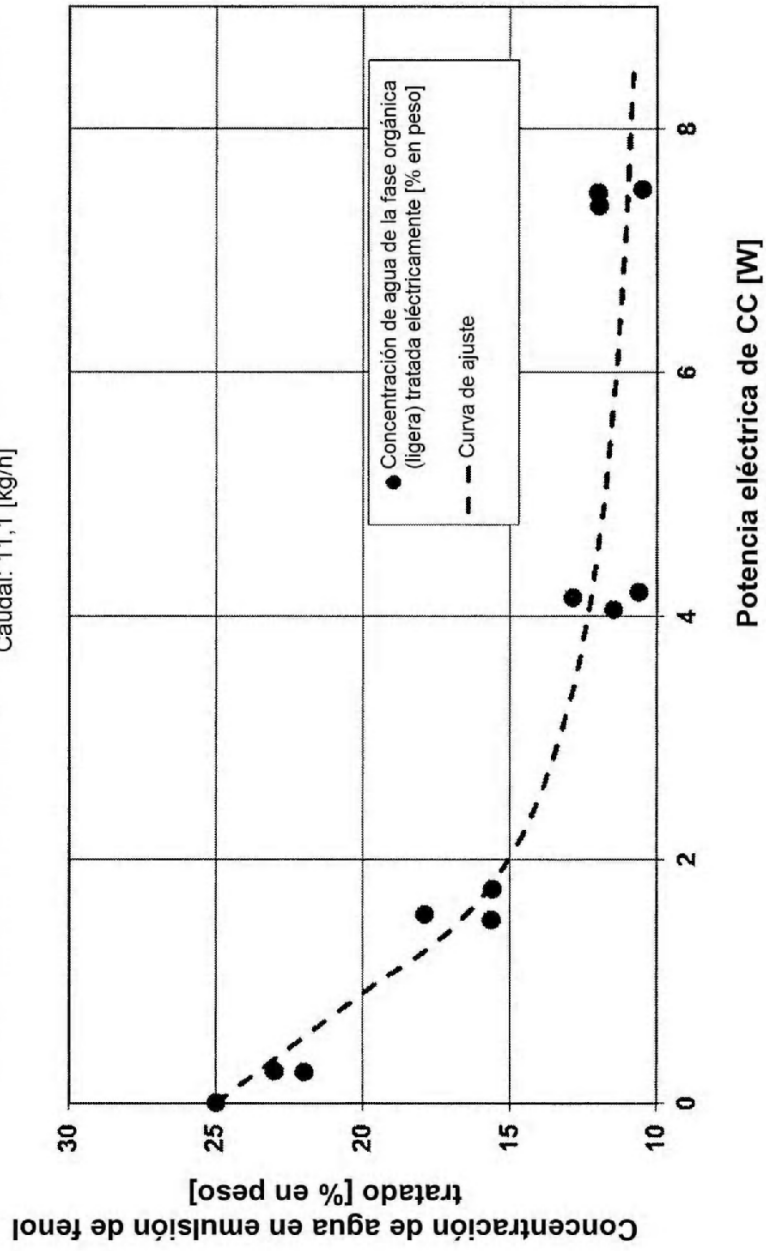


Figura 6A

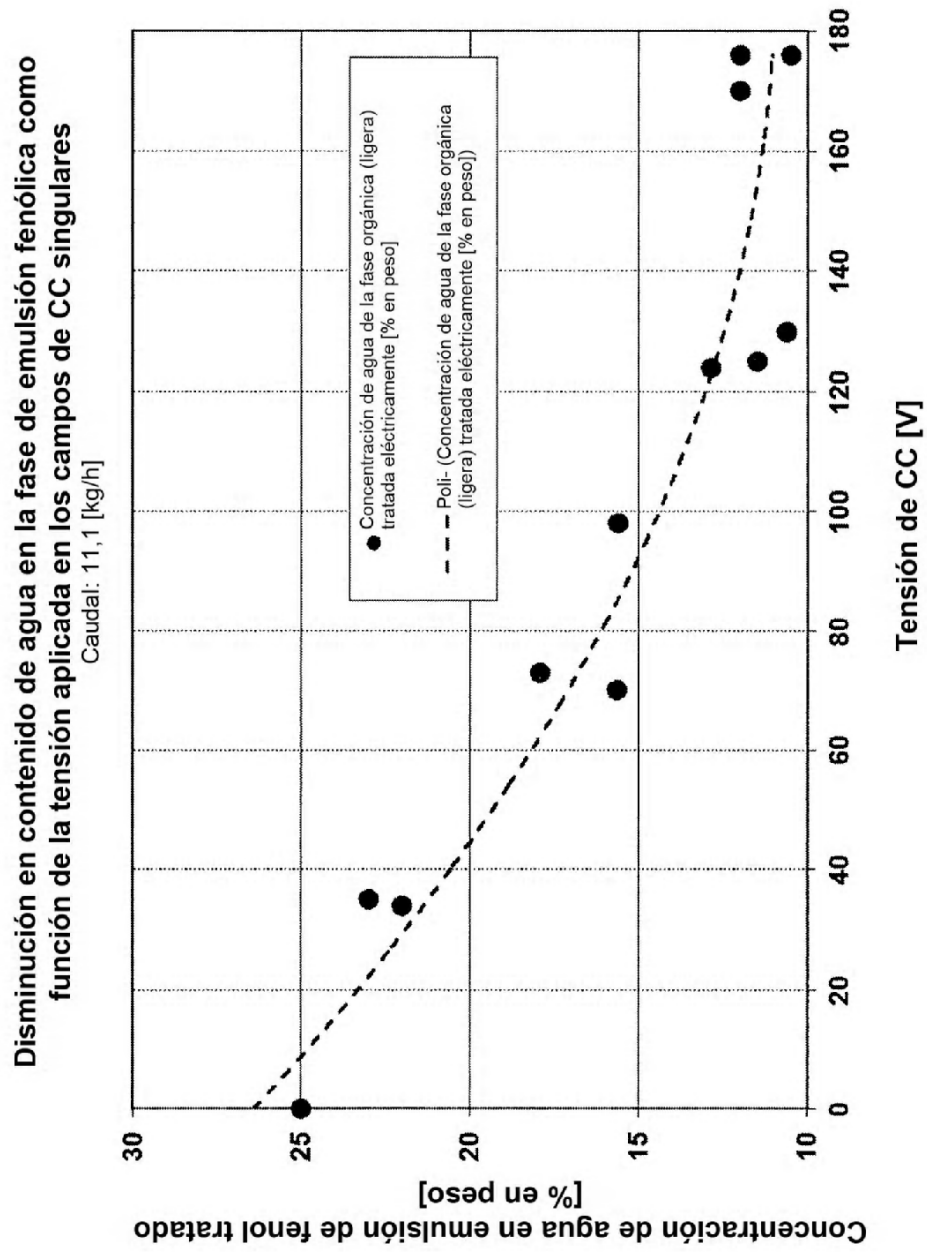


Figura 6B

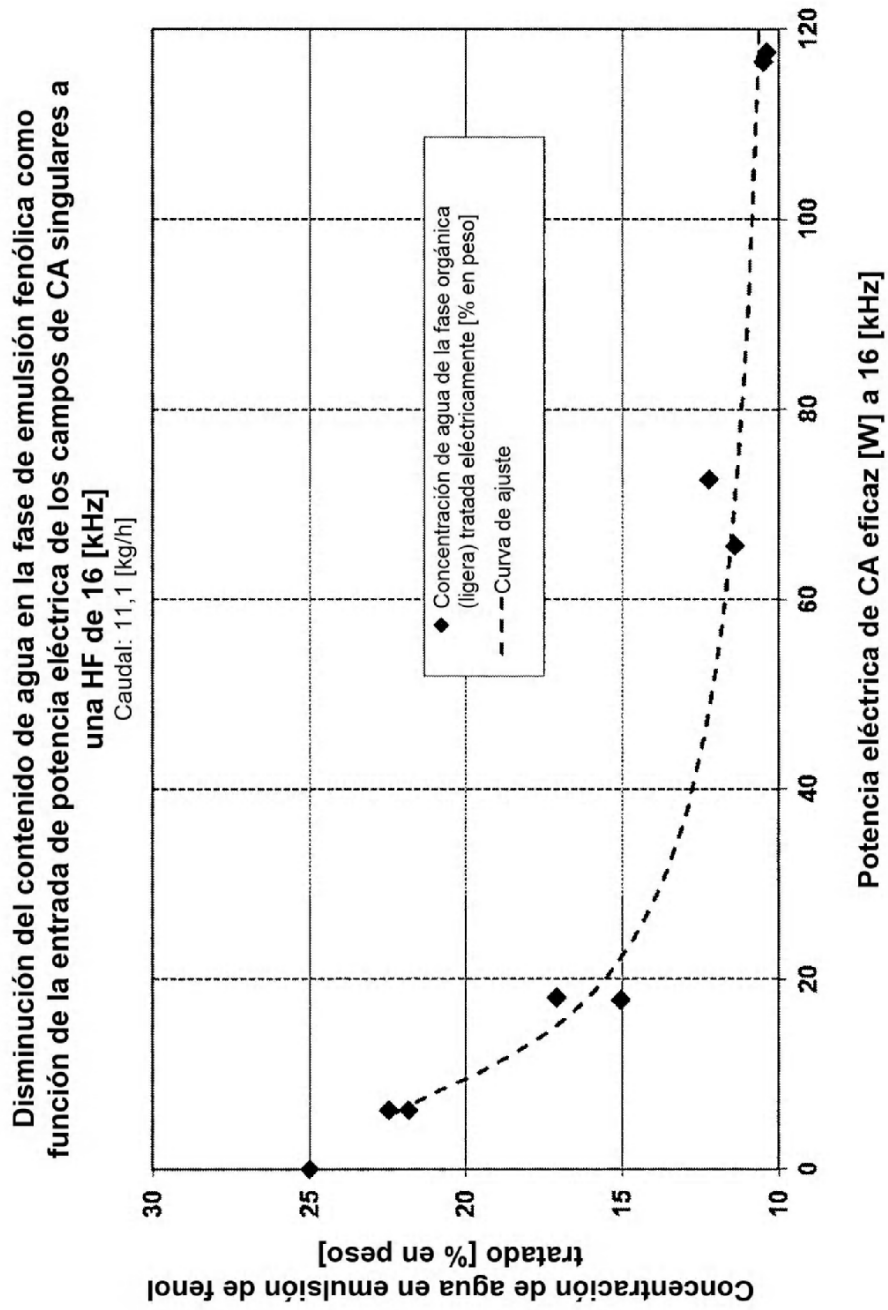


Figura 7A

Disminución del contenido de agua en la fase de emulsión fenólica como
función de la tensión de los campos de CA singulares a una HF de 16 [kHz]
Caudal: 11,1 [kg/h]

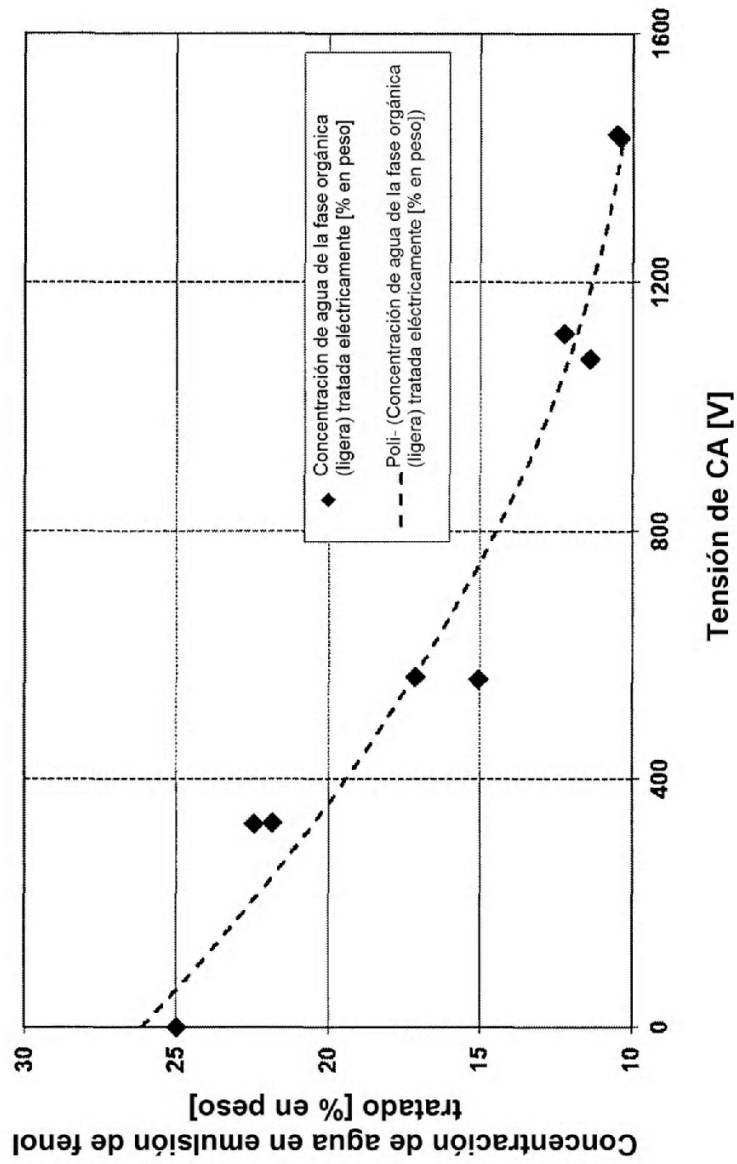


Figura 7B

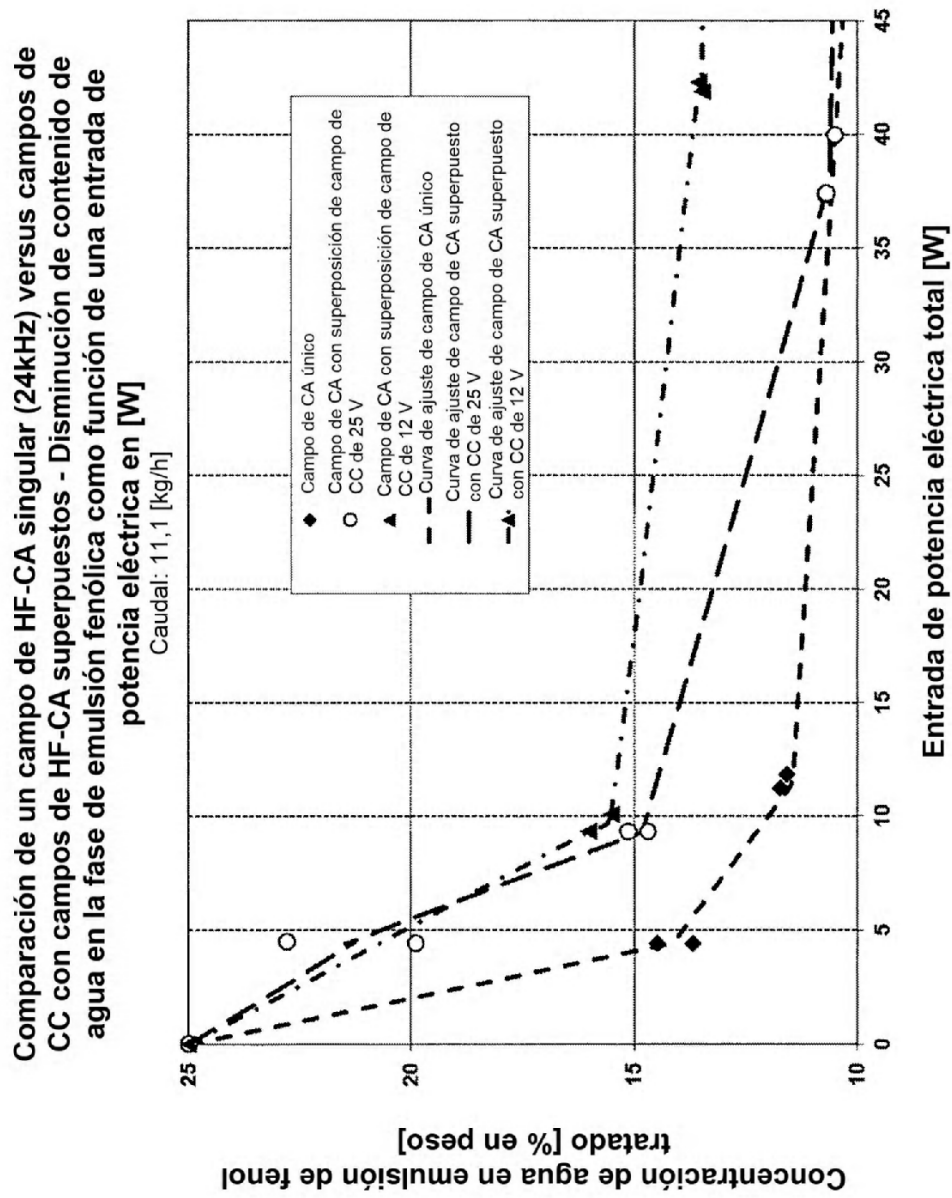


Figura 8

Disminución de contenido de agua en la fase de emulsión fenólica como función de una relación de potencia de un campo de CC orientado corriente arriba en combinación con un campo de CA orientado corriente abajo a una entrada de potencia eléctrica total de 5 [W]

Caudal: 11,1 [kg/h]

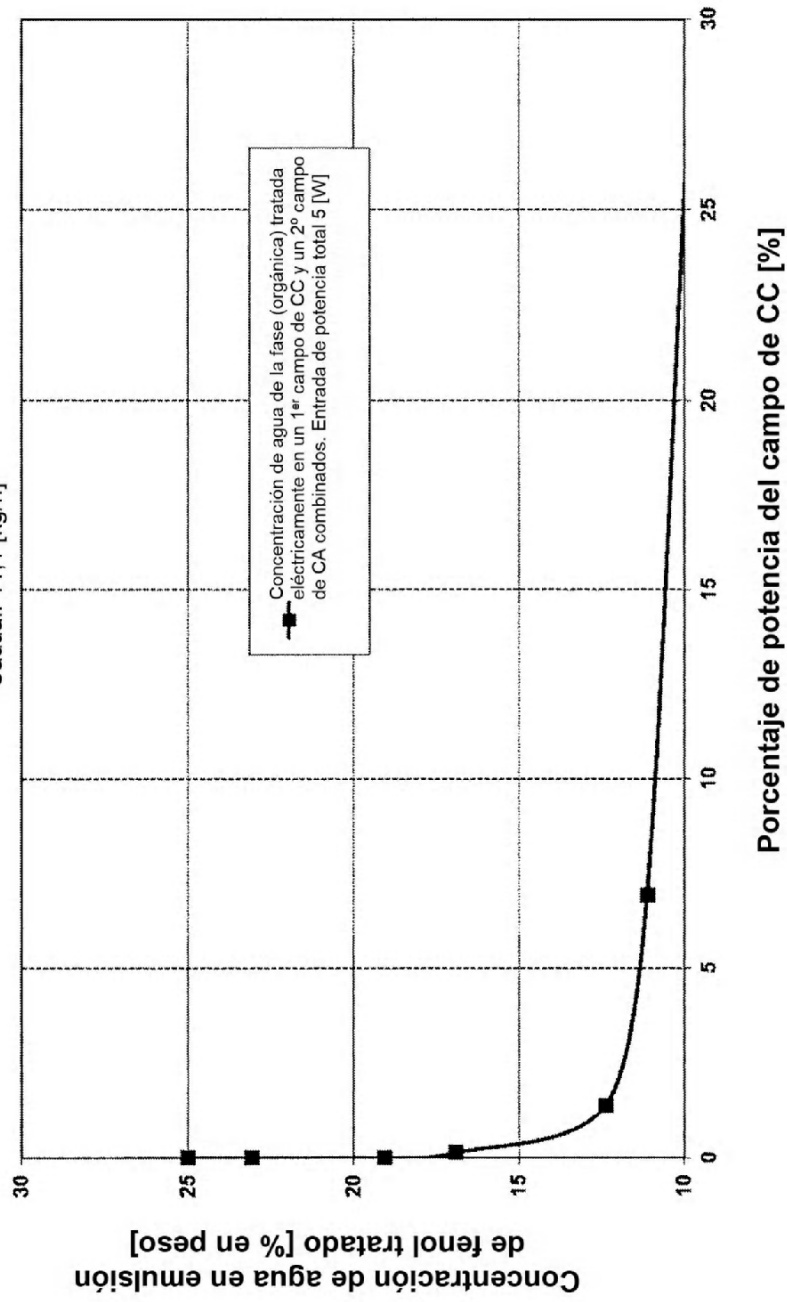


Figura 9A

Comparación de diferentes combinaciones de campos de CA y CC para la separación de agua de emulsiones de fenol con una entrada de potencia total de 5 [W]
Caudal: 11,1 [kg/h]

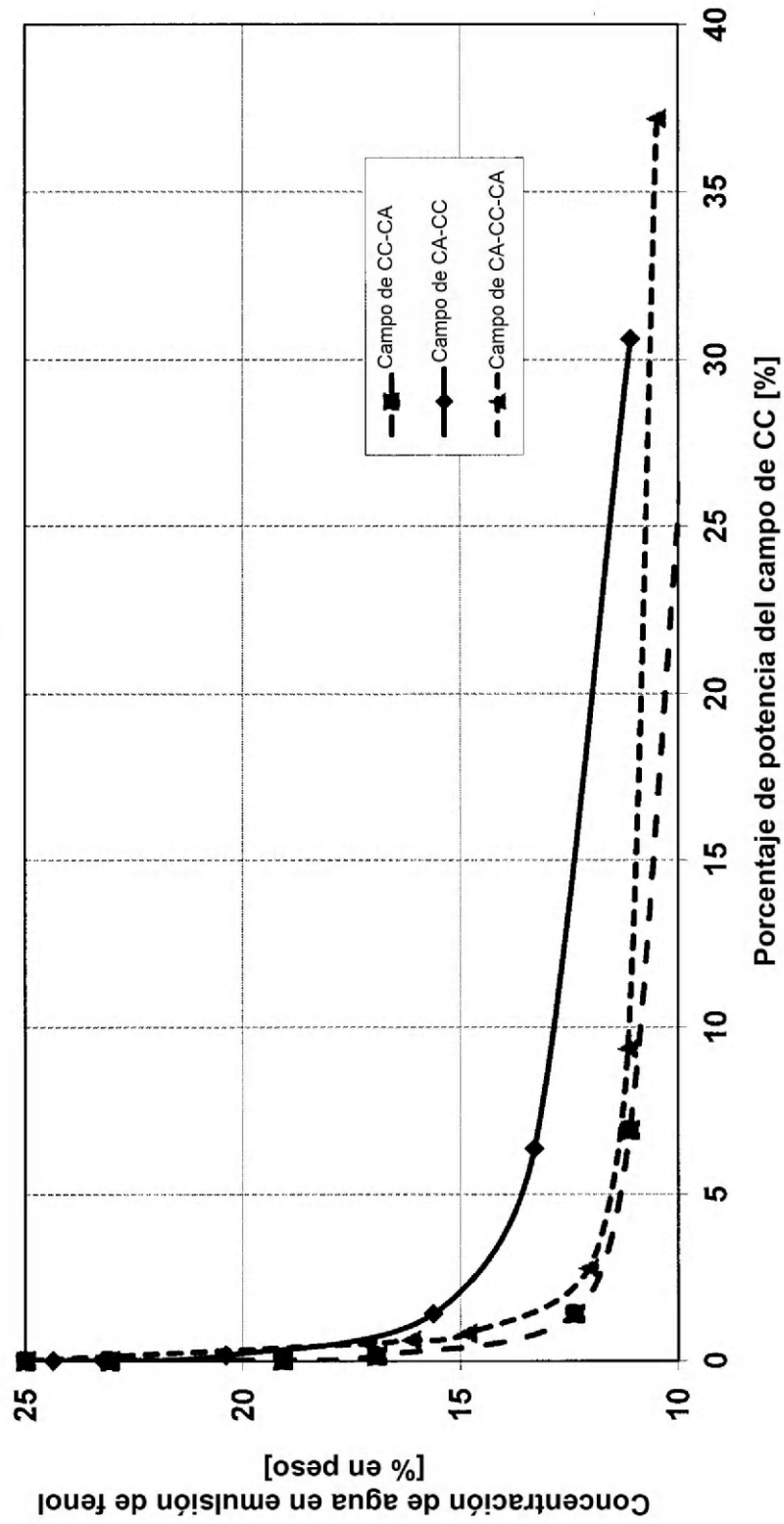


Figura 9B

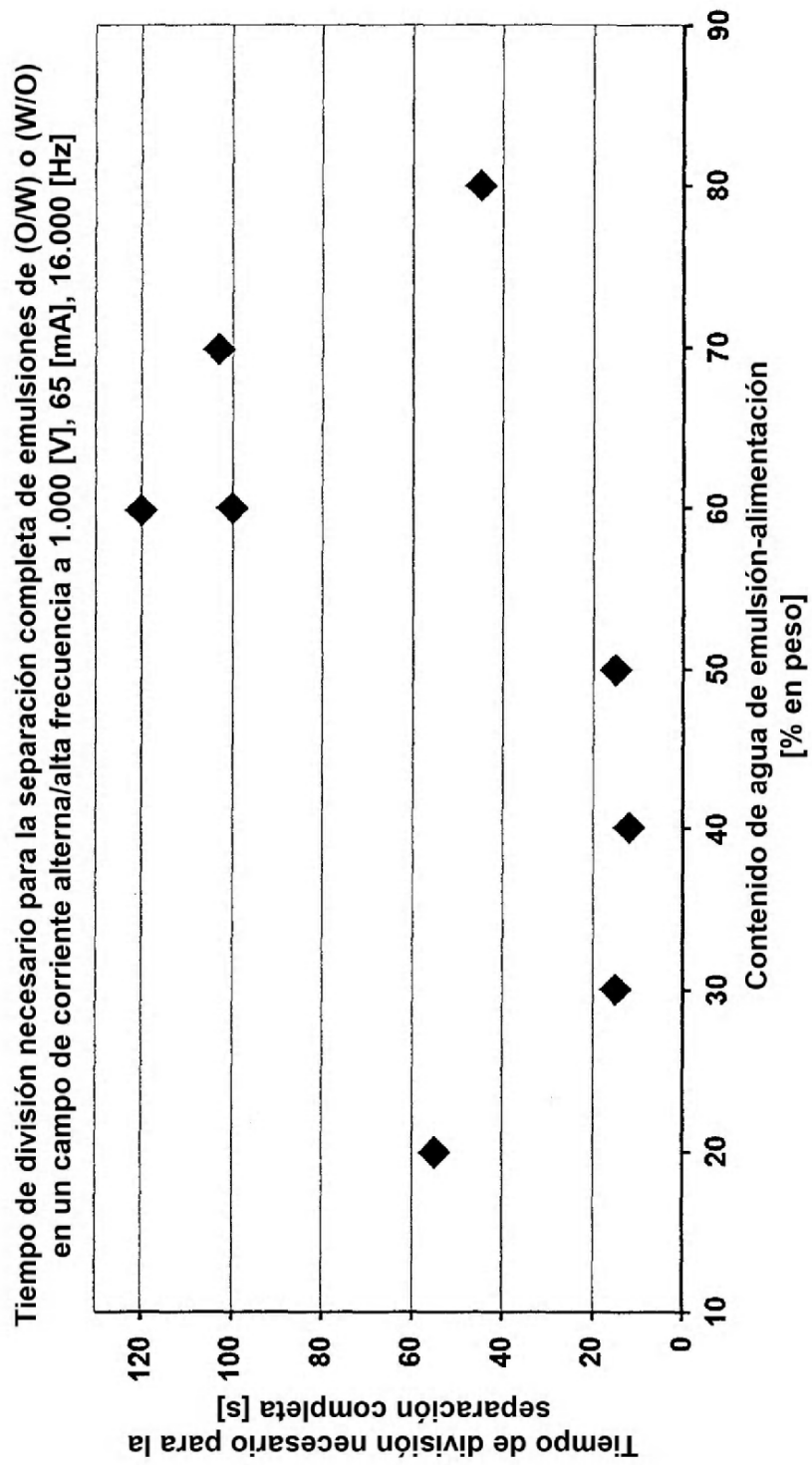


Figura 10