(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 531 165**

(51) Int. CI.:

C10G 9/32 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.12.2011 E 11811494 (1)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.12.2014 EP 2658949**

(54) Título: **Método, sistema y aparato para la distribución de gas de elevación**

(30) Prioridad:

29.12.2010 US 201061428122 P

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
11.03.2015

(73) Titular/es:

IVANHOE HTL PETROLEUM LTD. (100.0%)
1111 Bagby St, Suite 2000
Houston, TX 77002, US

(72) Inventor/es:

PAVEL, STEPHEN K.;
SILVERMAN, MICHAEL A. y
KALOTA, STEVEN A.

(74) Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

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

Método, sistema y aparato para la distribución de gas de elevación

La presente solicitud reivindica el beneficio y la prioridad de la solicitud provisional de EE. UU. con Nº de serie 61/428.122, con el titulo “LIFT GAS DISTRIBUTOR FOR IMPROVED PRODUCT DISTILLATE API” presentada el 29 de diciembre de 2010.

Campo

La presente invención se refiere en general al procesamiento térmico rápido de materia prima de petróleo viscoso. Más específicamente, la presente invención se refiere a un montaje de distribuidor de gas de elevación mejorado para distribuir gas de elevación en el procesamiento térmico rápido para mejorar materias primas pesadas viscosas.

Antecedentes

Los recursos de bitumen y petróleo pesado están complementando la disminución de la producción de petróleo crudo ligero y medio convencional, y la producción a partir de estos recursos está aumentando a un ritmo constante. Los oleoductos no pueden manipular el petróleo crudo a menos que se agreguen diluyentes para reducir su viscosidad y densidad relativa a las especificaciones de los oleoductos. Como alternativa, se logran propiedades deseables mediante un mejoramiento primario. No obstante, los crudos diluidos o crudos sintéticos mejorados son considerablemente diferentes del petróleo crudo convencional. Como resultado, las mezclas de bitumen o crudos sintéticos no se procesan fácilmente en las refinerías de craqueo catalítico fluido convencionales. Por lo tanto, en cualquier caso, se debe realizar un procesamiento adicional en las refinerías configuradas para manejar materias primas o bien diluidas o bien mejoradas.

Muchas materias primas de hidrocarburo pesado también se caracterizan por que comprenden cantidades considerables de BS&W (*bottom sediment and water*, sedimento de fondo y agua). Tales materias primas no son adecuadas para el transporte por oleoductos o la refinación debido a sus propiedades corrosivas y la presencia de arena y agua. Por lo general, las materias primas que se caracterizan por tener menos de un 0,5 % en peso de BS&W son transportables por oleoducto, y aquellas que comprenden mayores cantidades de BS&W requieren un cierto grado de procesamiento o tratamiento para reducir el contenido de BS&W antes de su transporte. Tal procesamiento puede incluir almacenamiento para permitir que el agua y los materiales particulados se sedimenten, y tratamiento térmico para expulsar el agua y otros componentes. No obstante, estas manipulaciones aumentan el coste operativo. Por lo tanto, existe una necesidad en la técnica de un método eficiente para mejorar la materia prima que tiene un contenido considerable de BS&W antes del transporte o procesamiento adicional de la materia prima.

En la técnica se conoce el uso de craqueo catalítico fluido (FCC, *fluid catalytic cracking*) u otras unidades para el procesamiento directo de materias primas de bitumen. No obstante, muchos compuestos presentes en las materias primas crudas interfieren con estos procesos al depositarse en el propio material de contacto. Estos contaminantes de materias primas incluyen metales tales como vanadio y níquel, precursores de coque tales como residuos de carbono (Conradson) y asfaltenos. A menos que se retiren mediante combustión en un regenerador, los depósitos de estos materiales pueden dar como resultado la intoxicación y la necesidad de remplazar de forma prematura el material de contacto. Esto es especialmente cierto para el material de contacto utilizado con los procesos de FCC, debido a que un craqueo eficiente y un adecuado control de la temperatura del proceso requieren unos materiales de contacto que comprendan poco o ningún metal o material de depósito combustible que interfiera con el proceso catalítico.

Sumario

Se divulgan un método, sistema y aparato para la distribución de gas de elevación. De acuerdo con una realización, un distribuidor de gas de elevación comprende una placa que tiene una superficie y una parte inferior, teniendo la placa un primer diámetro; una sección central de la placa que tiene un segundo diámetro, en el que el primer diámetro es mayor que el segundo diámetro; una cantidad previamente determinada de agujeros que tienen un tercer diámetro perforados en la superficie de la placa, los agujeros perforados en un ángulo, los agujeros distribuidos de manera uniforme en la sección central; y una pluralidad de tubos soldados sobre la parte inferior de la placa, teniendo cada tubo una longitud previamente determinada, en el que cada tubo está soldado sobre cada agujero. El gas de elevación pasa a través de los tubos y agujeros al interior de un reactor.

Los sistemas, métodos, características y ventajas de la invención serán o se volverán evidentes para un experto en la materia tras el examen de las figuras y la descripción detallada que siguen. Se pretende que la totalidad de tales métodos, características y ventajas adicionales se incluyan en la presente descripción, estén dentro del alcance de la invención y estén protegidos por las reivindicaciones adjuntas. También se pretende que la invención no se limite a requerir los detalles de las realizaciones a modo de ejemplos.

Breve descripción

Los dibujos adjuntos, que se incluyen como parte de la presente memoria descriptiva, ilustran la realización actualmente preferida y, junto con la descripción general que se ha dado en lo que antecede y la descripción detallada de la realización preferida que se da en lo sucesivo, sirven para explicar y enseñar los principios de la presente invención.

La **Figura 1** ilustra un diseño de reactor de la técnica anterior.
La **Figura 2** ilustra un diseño de reactor a modo de ejemplo para su uso con el presente sistema, de acuerdo con una realización.
La **Figura 3A** ilustra una configuración de reactor a modo de ejemplo para su uso con el presente sistema, de acuerdo con una realización.
La **Figura 3B** ilustra una configuración de agujero de placa de distribuidor a modo de ejemplo para su uso con el presente sistema, de acuerdo con una realización.
La **Figura 4** ilustra una placa de distribuidor de la técnica anterior.
La **Figura 5** ilustra una visualización de CFD a modo de ejemplo de velocidades de flujo de gas de elevación en un reactor que tiene una placa de distribuidor de acuerdo con la **Figura 4**, de acuerdo con una realización.
La **Figura 6** ilustra el movimiento de partículas en un diseño de reactor a modo de ejemplo que tiene una placa de distribuidor de acuerdo con la **Figura 4**, de acuerdo con una realización.
La **Figura 7** ilustra una realización a modo de ejemplo de una placa de distribuidor mejorada para su uso con el presente sistema.
La **Figura 8** ilustra una realización a modo de ejemplo adicional de una placa de distribuidor mejorada para su uso con el presente sistema.
La **Figura 9** ilustra una visualización de CFD a modo de ejemplo de velocidades de flujo de gas de elevación en un reactor que tiene una placa de distribuidor de acuerdo con la **Figura 8**, de acuerdo con una realización.
La **Figura 10** ilustra el movimiento de partículas en un diseño de reactor a modo de ejemplo que tiene una placa de distribuidor de acuerdo con la **Figura 8**, de acuerdo con una realización.
La **Figura 11** ilustra una realización a modo de ejemplo adicional de una placa de distribuidor mejorada para su uso con el presente sistema.
La **Figura 12** ilustra una realización a modo de ejemplo adicional de una placa de distribuidor mejorada para su uso con el presente sistema.

Cabe destacar que las figuras no están necesariamente dibujadas a escala y que los elementos de estructuras o funciones similares se representan en general mediante números de referencia similares para fines ilustrativos en todas las figuras. Cabe destacar también que las figuras solo pretenden facilitar la descripción de las diversas realizaciones que se describen en el presente documento. Las figuras no describen necesariamente cada aspecto de las enseñanzas que se divulgan en el presente documento y no limitan el alcance de las reivindicaciones.

Descripción detallada

Se divulgan un método, sistema y aparato para la distribución de gas de elevación. De acuerdo con una realización, un distribuidor de gas de elevación comprende una placa que tiene una superficie y una parte inferior, teniendo la placa un primer diámetro; una sección central de la placa que tiene un segundo diámetro, en el que el primer diámetro es mayor que el segundo diámetro; una cantidad previamente determinada de agujeros que tienen un tercer diámetro perforados en la superficie de la placa, los agujeros perforados en un ángulo, los agujeros distribuidos de manera uniforme en la sección central; y una pluralidad de tubos soldados sobre la parte inferior de la placa, teniendo cada tubo una longitud previamente determinada, en el que cada tubo está soldado sobre cada agujero. El gas de elevación pasa a través de los tubos y agujeros al interior de un reactor.

La presente divulgación proporciona un montaje de distribuidor o aparato que es capaz de propulsar y distribuir gas de elevación al interior de un reactor sin los defectos asociados con los métodos y aparatos de la técnica anterior, y un método para su uso. El fin del reactor es convertir una materia prima de petróleo pesado en un producto final más ligero, por medio de una reacción de pirólisis (craqueo térmico) dentro de un sistema de reactor de transporte de portador de calor sólido y lecho circulante. Estos procesos también reducen los niveles de contaminantes en las materias primas, mitigando de ese modo la contaminación de materiales de contacto catalítico tales como los usados en el craqueo o hidrocraqueo, con componentes presentes en las materias primas de bitumen o petróleo pesado. Tales procesos y / o métodos y los aparatos y productos relacionados se describen en la patente de EE. UU. con Nº 7.572.365; la patente de EE. UU. con Nº 7.572.362; la patente de EE. UU. con Nº 7.270.743; la patente de EE. UU. con Nº 5.792.340; la patente de EE. UU. con Nº 5.961.786; la patente de EE. UU. con Nº 7.905.990 y las solicitudes de patente de EE. UU. pendientes con Nº de serie 12/046.363 y 09/958.261.

Tal como se describe en la patente de EE. UU. con Nº 5.792.340, para el presente tipo de sistema de reactor de pirólisis, se necesita un sistema de dispersión de alimentación para las materias primas líquidas. Se introduce un gas de transporte (gas de elevación) en el reactor a través de una cámara de distribución ubicada por debajo de una placa de distribución de gas. El fin del sistema de dispersión de alimentación es lograr una condición de transferencia de calor más eficiente para las materias primas líquidas mediante la reducción del tamaño de las

gotitas de la alimentación líquida para aumentar la relación del área superficial con respecto al volumen. El fin de la placa de distribución (placa de distribuidor) de gas de elevación es proporcionar el régimen de flujo óptimo del gas que facilita la mezcla de la alimentación y el portador de calor sólido.

Por “materia prima” o “materia prima de hidrocarburo pesado” se hace referencia en general a aceite derivado de petróleo de alta densidad y viscosidad denominado en general (pero sin limitarse a) crudo pesado, petróleo pesado, bitumen (arenas petrolíferas) o residuo de refinería (petróleo o asfalto). No obstante, el término “materia prima” también puede incluir las fracciones de fondo de aceites crudos de petróleo, tales como fondos de torre atmosférica o fondos de torre de vacío. Además, la materia prima puede comprender unas cantidades considerables de BS&W (sedimento de fondo y agua) por ejemplo, pero sin limitarse a, un contenido de BS&W mayor de un 0,5 % en peso. Son materias primas preferidas el bitumen y el petróleo pesado. También se pueden aplicar realizaciones de la invención a la conversión de otras materias primas incluyendo, pero sin limitarse a, plásticos, polímeros, hidrocarburos, petróleo, carbón, esquisto, materias primas de refinería, bitúmenes, petróleos ligeros, placas de alquitrán, carbón pulverizado, biomasa, suspensiones de biomasa, líquidos de biomasa procedentes de cualquier mezcla y material orgánico. Preferentemente, la materia prima de biomasa es una materia prima de madera seca, que puede estar en la forma de serrín, pero los materiales de biomasa de fase de vapor (fase de gas) y líquida se pueden procesar de manera eficiente en el sistema de conversión térmica rápida usando un sistema de alimentación de fase liquida o de vapor alternativo. Los materiales de materias primas de biomasa que se pueden usar incluyen, pero sin limitarse a, madera dura, madera blanda, corteza, residuos de agricultura y silvicultura y otras materias primas carbonosas de biomasa.

La **Figura 1** ilustra un diseño de reactor de la técnica anterior. El diseño de reactor 100 incluye un reactor tubular 101 en el que el gas de recirculación o elevación 102 se introduce en un punto de mínima altura 102a. El portador de calor sólido regenerado 103 se introduce en un punto de altura ligeramente superior 103a y el líquido de alimentación de reactor 104 se introduce en un punto de máxima altura 104a. El portador de calor sólido coquizado / gastado, productos y otros gases y materiales particulados 105 emanados de la parte superior del reactor se introducen en un separador de ciclón 106 en el que los gases (vapor de producto y otros gases) y los sólidos (portador de calor sólido y materiales particulados) se separan. El vapor de producto y otros gases continúan aguas abajo del proceso para más separación de los productos 107. La corriente de sólidos 108 se introduce en un sistema de recalentamiento 109 (el sistema de recalentamiento 109 no se describe en la figura pero la inclusión en el sistema será apreciada por un experto en la materia). El portador de calor sólido se regenera y a continuación pasa a través de una sección lateral para transportar el portador de calor sólido regenerado 103 de vuelta al reactor 101.

La **Figura 2** ilustra un diseño de reactor a modo de ejemplo para su uso con el presente sistema, de acuerdo con una realización. De manera similar al reactor de la técnica anterior 100 que se ilustra en la **Figura 1**, el diseño del reactor 200 incluye un reactor tubular 201 en el que el gas de recirculación o elevación 202 se introduce en un punto de mínima altura 202a. El portador de calor sólido regenerado 203 se introduce en el reactor 200 en un punto de altura ligeramente superior 203a. El líquido de alimentación de reactor 204 se introduce en un punto de máxima altura 204a en relación con los puntos de entrada del gas de elevación (202a) y los portadores de calor sólido (203a). El portador de calor sólido coquizado / gastado, productos y otros gases y materiales particulados 205 emanados de la parte superior del reactor se introducen en un separador de ciclón 206 en el que los gases (vapor de producto y otros gases) y los sólidos (portador de calor sólido y materiales particulados) se separan. El vapor de producto y otros gases continúan aguas abajo del proceso para más separación de los productos 207. Los sólidos vuelven a introducirse en el sistema de reactor 208, el portador de calor sólido se regenera y a continuación una sección lateral transporta el portador de calor sólido regenerado 203 de vuelta al reactor. Un experto en la materia apreciará que los métodos específicos para la regeneración del portador de calor sólido y su transporte de vuelta al reactor pueden tener variaciones entre realizaciones sin alejarse del alcance de la presente divulgación.

El rendimiento del diseño de reactor de la técnica anterior 100 que se ilustra en la **Figura 1** se puede evaluar mediante propiedades que indican la eficacia de una configuración particular de equipo. Las propiedades ilustran la distribución del material de alimentación en productos tanto deseables como menos deseables, así como propiedades físicas del producto final. Los productos resultantes deseables incluyen cualquier líquido de hidrocarburo que permanece del proceso de craqueo térmico, debido a que el líquido se puede recuperar para mezclarse en el producto final o quizás volver a procesarse. Mientras tanto, el coque y el gas producidos a partir del proceso se usan para generar vapor para la recuperación de petróleo o electricidad, dependiendo de la ubicación y se tasan al precio del gas natural.

Una configuración que usa el diseño de la técnica anterior 100 que procesó materia prima de bitumen de Athabasca incluyó la temperatura del reactor establecida a 525 ºC (temperatura de funcionamiento típica), contenido de vanadio de crudo total de bitumen de Athabasca: 209 ppm, contenido de vanadio de producto de ejecución de bitumen de Athabasca: 88 ppm, contenido de níquel de crudo total de bitumen de Athabasca: 86 ppm, y contenido de níquel de producto de ejecución de bitumen de Athabasca: 24 ppm. La **Tabla 1** resume las propiedades obtenidas.

Tabla 1: Propiedades de ejecución de bitumen de Athabasca de diseño de reactor de la técnica anterior a 525 ºC.

API	Rendimiento líquido (% en peso)	Viscosidad a 40 ºC (cSt)	Remoción de vanadio (% en peso)	Remoción de níquel (% en peso)
12,9	74,4	201	68,7	79,2

Las propiedades que se muestran en la **Tabla 1** sirven como una línea de base para comparaciones de diseño en toda la presente divulgación, con énfasis en la placa de distribuidor de gas de elevación.

La **Figura 3A** ilustra una configuración de reactor a modo de ejemplo para su uso con el presente sistema, de acuerdo con una realización. El reactor 301 es un recipiente tubular vertical que tiene un extremo superior 301b y un extremo inferior 301a. El gas de producto reciclado (gas de elevación) 302 se diseña para introducirse en el reactor en un punto de mínima altura 302a desde la parte más inferior 301a. El portador de calor sólido regenerado 303 se introduce en el reactor 301 en una posición de altura ligeramente superior 303a, y por último la alimentación de petróleo pesado 304 se introduce en el reactor 301 en un punto 304a por encima de la entrada del portador de calor sólido 303a.

El gas de elevación sale primero de la tubería hacia la caja de viento 305, una estructura cilíndrica corta con un cuenco inferior que se construye directamente por debajo del reactor tubular 301. De acuerdo con una realización, el cilindro de caja de viento 305 abarca un diámetro de 35,56 cm (14 pulgadas) y se conecta por medio de unas bridas 307 y 308 a la parte inferior 301a del reactor tubular 301, que tiene un diámetro de 10,16 cm (4 pulgadas). Una placa de distribuidor 306 está ubicada entre el fondo del reactor 301a y la caja de viento 305 y se mantiene unida por las bridas 307 y 308. A medida que el gas de elevación 302 sale de la caja de viento 305, este pasa a través de la placa de distribuidor 306 y al interior del reactor 301 de 10,16 cm (4") de diámetro. En última instancia, el fin de la placa de distribuidor 306 es modificar las características de flujo del gas de elevación 302 que se introduce en el reactor 301, a través de diferentes configuraciones de agujeros en la placa de distribuidor 301.

La **Figura 3B** ilustra una configuración de agujero de placa de distribuidor a modo de ejemplo para su uso con el presente sistema, de acuerdo con una realización. Una placa de distribuidor 340 tiene un diámetro 370 de dP, con una sección central 360 que tiene un diámetro 380 de d. La sección central 360 incluye un recuento de n agujeros 350, y cada agujero 350 tiene un diámetro de agujero de D. La sección central 360 se fabrica usando un tamaño nominal de broca de B, y tiene un área de agujero total de A. La placa de distribuidor 340 se diseña de acuerdo con las especificaciones de la configuración del reactor, por lo tanto la placa 340 es circular y tiene un diámetro dP mayor que un diámetro de la caja de viento (pero lo suficientemente pequeño como para entrar dentro de los pernos de brida). Los agujeros 350 en el área central 360 de la placa se ajustan a un contorno establecido por el diámetro del reactor (por ejemplo, un diámetro de 10,16 cm (4 pulgadas)).

La **Figura 4** ilustra una placa de distribuidor de la técnica anterior. La placa de distribuidor 400 es una placa de acero inoxidable circular que tiene un espesor de 0,635 cm (1 / 4 de pulgada) y un diámetro dP de 45,72 cm (18 pulgadas). La placa de distribuidor 400 se fabrica basándose en una plantilla de la placa de distribuidor que se representa en la Figura 3B. Una sección central 460 del distribuidor 400 tiene un recuento de 185 agujeros (450) con un diámetro uniforme D de 0,149 cm (1 / 17 de pulgada). Cada agujero 450 se perfora en perpendicular (ángulo de 90º) con respecto a la superficie de placa y se extiende en un patrón de rejilla que se asemeja a un octágono regular. Los 185 agujeros (450), que tienen un área de agujero total A de 3,239 cm^2 (0,502 $pulgadas^2$), están concentrados dentro de un círculo unitario que tiene un diámetro d de 6,553 cm (2,58 pulgadas), que se encuentra bien dentro de un contorno de 10,16 cm (4 pulgadas) de diámetro del reactor, de acuerdo con una realización.

Con la alta cantidad de agujeros pequeños en un diseño de rejilla, el diseño de distribuidor 400 crea un flujo de gas disperso y uniforme con una velocidad y un caudal másico moderados a través de cada agujero 450. El diseño de distribuidor 400 no dirige el gas de elevación hacia arriba por el reactor; cuando el gas de elevación sale de los diversos agujeros del distribuidor no hay cantidad de movimiento direccional, debido a que el gas de elevación se ralentiza y se distribuye en toda dirección a medida que sale del distribuidor.

Un método para evaluar el rendimiento de una placa de distribuidor de reactor es determinar la velocidad superficial de la corriente de gas de elevación que sale de los agujeros de la placa de distribuidor. La velocidad superficial depende del flujo volumétrico de gas de elevación al interior del reactor, el tamaño de los agujeros de la placa de distribuidor, así como también la cantidad total de agujeros.

Basándose en las especificaciones detalladas en la **Figura 4**, el área en sección transversal de un agujero 450 en el distribuidor 400 se calcula del siguiente modo:

D = diámetro del agujero = (0,149 cm (1 / 17 de pulgada)) * (1 m / 100 cm (1 pie / 12 pulgadas)) = 0,00149 m (0,0049 pies)

CA = área en sección transversal de un agujero = π x (D / 2)^2 = π x (0,00149 m (0,0049 pies))^2 ÷ 4 = 1,74 x 10^{-6} m^2 (0,0000189 pies^2).

Al saber la tasa de flujo volumétrico de gas de elevación, la velocidad superficial del gas de elevación que sale a través de uno de los 185 agujeros 450 se calcula del siguiente modo:

F = 0,793 m^3 / min (28 $pies^3$ / min)

D = diámetro del agujero = 0,00149 m (0,0049 pies)

n = cantidad de agujeros = 185

Vs = velocidad superficial de gas de elevación fuera de un agujero = F ÷ (n x D) = (0,793 m^3 / min (28 $pies^3$ / min)) ÷ (185 x 1,74 x 10^{-6} m^2 (0,0000189 $pies^2$)) ÷ (60 s / min) = 40,5 m / s (133 pies / s).

Por lo tanto, una velocidad superficial a modo de ejemplo de gas de elevación descargado desde un agujero del distribuidor 400 es de 40,5 m / s (133 pies / s). La importancia de la velocidad del gas de elevación a través de un agujero es el efecto duradero de la corriente de gas a partir de ese agujero. Para una corriente de gas con una baja velocidad inicial, la cantidad de movimiento de la corriente de gas se disiparía más rápido que una corriente de gas con una velocidad inicial más alta. La pérdida de cantidad de movimiento se equipara con la reducción de utilidad del gas de elevación para transportar el portador de calor sólido fluidizado.

Otro método para evaluar el rendimiento de una placa de distribuidor de reactor es evaluar su capacidad de proporcionar una distribución de gas de elevación adecuada al reactor que facilite del mejor modo la mezcla de alimentación del reactor y portador de calor sólido fluidizado. Tal como se muestra en la **Figura 3**, el gas de elevación 302 se libera dentro del reactor en un punto de mínima altura 302a, seguido por el portador de calor sólido 303 en un punto superior 303a, y por último la alimentación del reactor 304 en el punto de máxima altura 304a. El papel del gas de elevación es facilitar el movimiento en sentido ascendente del portador de calor sólido fluidizado hacia el punto de liberación de la alimentación del reactor, a medida que el portador de calor sólido caliente se introduce en el reactor desde la salida del tornillo de Arquímedes.

El gas de elevación influye en el flujo de portador de calor sólido fluidizado de dos formas. En primer lugar, el flujo de gas de elevación del fondo del reactor crea una zona de alta presión en el fondo del reactor, en relación con la parte superior del reactor. En virtud de la diferencia de presión, el flujo del portador de calor sólido fluidizado hacia arriba por el reactor se ve favorecido. En segundo lugar, la trayectoria de flujo de gas de elevación, que depende del diseño de la placa de distribuidor, cruza el punto de entrada del portador de calor sólido y dirige físicamente el portador de calor sólido fluidizado dentro de su trayectoria de flujo hacia el punto de entrada de alimentación del reactor. Para visualizar la trayectoria de flujo del gas de elevación, se usa un soporte lógico de dinámica computacional de fluidos (CFD, *computational fluid dynamics*).

La **Figura 5** ilustra una visualización de CFD a modo de ejemplo de velocidades de flujo de gas de elevación en un reactor que tiene una placa de distribuidor de acuerdo con la **Figura 4**, de acuerdo con una realización. Basándose en la leyenda, los grises más claros indican una zona de mayor velocidad para el gas de elevación en el reactor. Tal como se muestra en la **Figura 5**, una velocidad uniforme resulta entre 4 y 10 m / s cerca del fondo del reactor cuando se usa una placa de distribuidor 400 de acuerdo con la **Figura 4**, y la trayectoria de flujo continúa en sentido ascendente más allá del punto de entrada de alimentación entre 2 y 4 m / s. Por lo tanto, a partir del punto de entrada del portador de calor sólido a través del punto de entrada de la alimentación del reactor, existe un flujo neto en sentido ascendente de gas de elevación que dirige hacia arriba al portador de calor sólido hacia la entrada de alimentación del reactor (zona de mezcla de alimentación).

El soporte lógico de CFD también permite la visualización del flujo de partículas de portador de calor sólido, basándose en los regímenes de flujo de gas de elevación creados por la placa de distribuidor 400. La **Figura 6** ilustra el movimiento de partículas en un diseño de reactor a modo de ejemplo que tiene una placa de distribuidor de acuerdo con la **Figura 4**, de acuerdo con una realización. El movimiento de partículas se rastrea en los primeros 10 segundos después de que las partículas se introdujeran en el reactor, basándose en unas condiciones de reactor convencionales y el flujo de gas de elevación. Basándose en la leyenda, cuanto más claro es el gris, más tiempo se capturó la partícula en el diagrama. Una gran parte de las partículas rastreadas se desplazó directamente hacia arriba por el reactor tan pronto como se introdujeron en el reactor. El resto de las partículas continúa dando vueltas alrededor de la parte más baja del reactor. Con la placa de distribuidor 400 de acuerdo con la **Figura 4**, la mayoría del portador de calor sólido se desplaza en sentido ascendente en una trayectoria relativamente recta, a través de la entrada de alimentación del reactor, y hacia la parte superior del reactor en un corto tiempo de permanencia. Apenas llega partícula alguna al fondo del reactor, debido a la amplia y uniforme cobertura del fondo del reactor por los agujeros 450 del distribuidor 400.

Basándose en la visualización de CFD, la placa de distribuidor 400 es capaz de crear un régimen de flujo de gas de elevación que ayude al flujo de portador de calor sólido fluidizado a introducirse a la zona de mezcla de alimentación del reactor. En la práctica, se sabe que una multitud de agujeros pequeños provoca que pequeñas burbujas creadas por el gas de elevación en el portador de calor sólido se fundan en burbujas más grandes, dando lugar a huecos en

vez de regímenes de flujo de tipo pistón para un contacto de alimentación eficiente.

La **Figura 7** ilustra una realización a modo de ejemplo de una placa de distribuidor 700 mejorada para su uso con el presente sistema. En un contorno a modo de ejemplo de 10,16 cm (4 pulgadas) de diámetro (d, 780), el distribuidor 700 contiene 11 (n) agujeros 750 extendidos en un patrón en estrella de cinco puntas en una sección central 760 de la placa 740. Cada agujero 750 se perfora en perpendicular (ángulo de 90º) con respecto a la superficie 760 de la placa, con un tamaño uniforme de 0,635 cm (1 / 4 de pulgada) de diámetro (D) para cada agujero 750. Con la menor cantidad de agujeros grandes, la placa de distribuidor 700 pretende crear corrientes de gas en el fondo del reactor tanto con una velocidad mayor como con una trayectoria de flujo más amplia.

Basándose en las especificaciones detalladas en la **Figura 7**, el área en sección transversal de un agujero 750 en la placa de distribuidor 700 se puede calcular del siguiente modo:

D = diámetro del agujero = (0,635 cm (1 / 4 de pulgada)) x (1 m / 100 cm (1 pie / 12 pulgadas)) = 0,00635 m (0,0208 pies)

CA = área en sección transversal de un agujero = $\pi * (D / 2)^2 = \pi$ x (0,00635 m (0,0208 pies))$^2 \div 4 =$ 3,16 x 10^{-5} m^2 (0,000340 $pies^2$).

Al saber la tasa de flujo volumétrico de gas de elevación, la velocidad superficial del gas de elevación que sale a través de uno de los 11 agujeros 750 se puede calcular del siguiente modo:

F = 0,793 m^3 / min (28 $pies^3$ / min)

D = diámetro del agujero = 0,00635 m (0,0208 pies)

n = cantidad de agujeros = 11

Vs = velocidad superficial de gas de elevación fuera de un agujero = F ÷ (n x D) = (0,793 m^3 / min (28 $pies^3$ / min)) ÷ (11 x 3,16 x 10^{-5} m^2 (0,000340 $pies^2$)) ÷ (60 s / min) = 38,1 m / s (125 pies / s).

Por lo tanto, una velocidad superficial a modo de ejemplo de gas de elevación descargado desde un agujero 750 del distribuidor 700 es de 38,1 m / s (125 pies / s).

La **Figura 8** ilustra una realización a modo de ejemplo adicional de una placa de distribuidor 800 mejorada para su uso con el presente sistema. En un contorno a modo de ejemplo de 10,16 cm (4 pulgadas) de diámetro (d, 880), el distribuidor 800 contiene 11 (n) agujeros 850 extendidos en un patrón en estrella de cinco puntas en una sección central 860 de la placa 840. Cada agujero 850 se perforó en perpendicular (ángulo de 90º) con respecto a la superficie 860 de la placa, con un tamaño uniforme de 0,635 cm (1 / 4 de pulgada) de diámetro (D) para cada agujero 850. En una parte inferior 890 (con una orientación hacia abajo y al interior de la caja de aire) del distribuidor 800, unas varillas de metal de acero inoxidable (tubos) 895 que tienen, cada una, una longitud l de 10,16 cm (4 pulgadas) se sueldan sobre cada uno de los 11 agujeros 850. Los tubos 895 tienen un conducto hueco para permitir que el gas de elevación se desplace a través de estos. Por lo tanto, la distancia que el gas de elevación debe desplazarse entre la salida de la caja de aire y la entrada del reactor es de 10,16 cm (4 pulgadas) (L) a través de los tubos 895, y de 0,635 cm (1 / 4 de pulgada) a través del espesor de la placa de distribuidor 800.

Con la menor cantidad (n = 11) de agujeros grandes 850, la placa de distribuidor 800 crea unas corrientes de gas en el fondo del reactor con una velocidad mayor y una trayectoria de flujo más amplia. Los tubos 895 en la parte inferior 890 de la placa de distribuidor 800 enderezan la corriente de gas que se introduce en el reactor, y ayudan a evitar el efecto de dispersión de un fluido a velocidad alta que pasa a través de un orificio pequeño. Con estas implementaciones, el distribuidor 800 crea unas corrientes de gas de elevación que son más rápidas, más grandes y menos dispersas.

Basándose en las especificaciones detalladas en la **Figura 8**, el área en sección transversal de un agujero 850 del distribuidor 800 se puede calcular del siguiente modo:

D = diámetro del agujero = (0,635 cm (1 / 4 de pulgada)) x (1 m / 100 cm (1 pie / 12 pulgadas)) = 0,00635 m (0,0208 pies)

CA = área en sección transversal de un agujero = $\pi * (D / 2)^2 = \pi$ x (0,00635 m (0,0208 pies))$^2 \div 4 =$ 3,16 x 10^{-5} m^2 (0,000340 $pies^2$).

Al saber la tasa de flujo volumétrico gas de elevación, la velocidad superficial del gas de elevación que sale a través de uno de los 11 agujeros 850 se puede calcular del siguiente modo:

F = 0,793 m^3 / min (28 $pies^3$ / min)

D = diámetro del agujero = 0,00635 m (0,0208 pies)

n = cantidad de agujeros = 11

Vs = velocidad superficial de gas de elevación fuera de un agujero = F ÷ (n x D) = (0,793 m^3 / min (28 $pies^3$ / min)) ÷ (11 x 3,16 x 10^{-5} m^2 (0,000340 $pies^2$)) ÷ (60 s / min) = 38,1 m / s (125 pies / s).

Por lo tanto, una velocidad superficial a modo de ejemplo de gas de elevación descargado desde un agujero 850 del distribuidor 800 es de 38,1 m / s (125 pies / s).

La **Figura 9** ilustra una visualización de CFD a modo de ejemplo de velocidades de flujo de gas de elevación en un reactor que tiene una placa de distribuidor de acuerdo con la **Figura 8**, de acuerdo con una realización. Basándose en la leyenda, los grises más claros indican una zona de mayor velocidad para el gas de elevación en el reactor. Tal como se muestra en la **Figura 9**, la corriente de gas de elevación producida por una placa de distribuidor 800 de acuerdo con la **Figura 8** mantiene una velocidad alta desde el momento de la descarga en la placa de distribuidor hasta la zona de mezcla de alimentación. Al mismo tiempo, la corriente de gas de elevación que fluye en sentido ascendente está más concentrada. En teoría, el distribuidor 800 es capaz de impartir más movimiento en sentido ascendente de portador de calor sólido fluidizado en la región de velocidad alta, e inducir un régimen de flujo más turbulento y menos lineal fuera de la región de velocidad alta.

La **Figura 10** ilustra el movimiento de partículas en un diseño de reactor a modo de ejemplo que tiene una placa de distribuidor de acuerdo con la **Figura 8**, de acuerdo con una realización. El movimiento de partículas se rastrea en los primeros 10 segundos después de que las partículas se introdujeran en el reactor, basándose en unas condiciones de reactor convencionales y el flujo de gas de elevación. Basándose en la leyenda, cuanto más claro es el gris, más tiempo se capturó la partícula en el diagrama. Además del deslizamiento recto y en sentido ascendente de las partículas de portador de calor sólido, el distribuidor 800 también produjo un alto grado de movimiento aleatorio de partículas dentro del reactor. Mientras que el distribuidor 800 produjo una corriente de gas de elevación concentrado que es capaz de dirigir hacia arriba una parte del portador de calor sólido hacia la zona de mezcla de alimentación del reactor, la corriente de gas de elevación más alta y más concentrada también creó más turbulencia en regiones de baja velocidad. Esta turbulencia provocó el movimiento aleatorio, que aumentó el área de cobertura del portador de calor sólido en todo el reactor. El efecto del movimiento aleatorio puede incluir un aumento del tiempo de permanencia del portador de calor sólido en el reactor para un craqueo térmico más minucioso, así como también una reducción en la posibilidad de que la alimentación del reactor recubra la pared, debido a que hay una mayor cobertura de portadores de calor sólido para entrar en contacto con la alimentación del reactor. Por lo tanto, los beneficios teóricos del distribuidor 800 incluyen un mayor nivel de craqueo térmico, así como también menos posibilidad de deposición de partículas sólidas.

La **Figura 11** ilustra una realización a modo de ejemplo adicional de una placa de distribuidor 1100 mejorada para su uso con el presente sistema. En un contorno a modo de ejemplo de 10,16 cm (4 pulgadas) de diámetro (que no se muestra), la placa del distribuidor 1100 contiene 16 (n) agujeros 1150 extendidos de forma uniforme en una sección central 1160 de la placa (que no se muestra). Cada agujero 1150 se perfora en perpendicular (ángulo de 90º) con respecto a la superficie de la placa 1160, con un tamaño uniforme de 0,397 cm (5 / 32 de pulgada) de diámetro (D) para cada agujero 1150. Con la menor cantidad de agujeros medianamente grandes 1150, el distribuidor 1100 crea unas corrientes de gas en el fondo del reactor con una velocidad mayor y una trayectoria de flujo más amplia. En una parte inferior de la placa de distribuidor 1100, cada agujero 1150 tiene una varilla (o tubo) 1170 soldada en una abertura de agujero. Cada varilla tiene un extremo proximal 1180 soldado a la superficie de la placa 1160, y un extremo distal 1190. El diámetro de la varilla 1170 aumenta de forma gradual desde el extremo proximal 1180 hasta el extremo distal 1190. Por ejemplo, el diámetro de la varilla 1170 en el extremo distal 1190 es de 0,476 cm (3 / 16 de pulgada).

Basándose en las especificaciones detalladas en la **Figura 11**, el área en sección transversal de un agujero 1150 del distribuidor 1100 se puede calcular del siguiente modo:

D = diámetro del agujero = (0,397 cm (5 / 32 de pulgada)) x (1 m / 100 cm (1 pie / 12 pulgadas)) = 0,0397 m (0,0130 pies)

CA = área en sección transversal de un agujero = π x (D / 2)^2 = π x (0,0397 m (0,0130 pies)) ÷ 4 = 1,24 x 10^{-5} m^2 (0,000133 $pies^2$).

Al saber la tasa de flujo volumétrico de gas de elevación, la velocidad superficial del gas de elevación que sale a través de uno de los 16 agujeros 1150 se puede calcular del siguiente modo:

F = 0,793 m^3 / min (28 $pies^3$ / min)

D = diámetro del agujero = 0,0397 m (0,0130 pies)

n = cantidad de agujeros = 16

Vs = velocidad superficial de gas de elevación fuera de un agujero = F ÷ (n x D) = (0,793 m^3 / min (28 $pies^3$ / min)) ÷ (16 x 1,24 x 10^{-5} m^2 (0,000133 $pies^2$)) ÷ (60 s / min) = 66,7 m / s (219 pies / s).

Por lo tanto, una velocidad superficial a modo de ejemplo de gas de elevación descargado desde un agujero 1150 de la placa de distribuidor 1100 es de 66,7 m / s (219 pies / s).

La Figura 12 ilustra una realización a modo de ejemplo adicional de una placa de distribuidor 1200 mejorada para su uso con el presente sistema. En un contorno a modo de ejemplo de 10,16 cm (4 pulgadas) de diámetro (que no se muestra), el distribuidor 1200 contiene 187 (n) agujeros 1250 extendidos de forma uniforme en una sección central 1260 de la placa 1240. Existen 3 tamaños diferentes de agujeros perforados en el distribuidor 1200, con cada conjunto perforado en un ángulo diferente. El primer conjunto está compuesto por las 3 filas internas de agujeros 1210, con agujeros de 0,195 cm (1 / 13") de diámetro perforados de forma perpendicular (ángulo de 90º) con respecto a la superficie de la placa 1240. El segundo conjunto está compuesto por las 3 filas del medio de agujeros 1220, con agujeros de 0,169 cm (0,169 cm (1 / 15")) de diámetro perforados en un ángulo de 66º con respecto a la superficie de la placa 1220, en dirección contraria al centro del reactor. El tercer conjunto está compuesto por las 2 filas exteriores de agujeros 1230, con agujeros de 0,149 cm (1 / 17") de diámetro perforados en un ángulo de 45º con respecto a la superficie de la placa 1240, en dirección contraria al centro del reactor. Con una gran cantidad de agujeros pequeños, el distribuidor 1200 dispersa el gas de elevación dentro del reactor y dirige algo del flujo hacia la pared.

Basándose en las especificaciones detalladas en la **Figura 12**, el área en sección transversal de un agujero 1250 del distribuidor 1200 se puede calcular del siguiente modo:

D_1 = diámetro del agujero de 0,195 cm (1 / 13") = (0,195 cm (1 / 13 de pulgada)) x (1 m / 100 cm (1 pie / 12 pulgadas)) = 0,00195 m (0,00641 pies)

D_2 = diámetro del agujero de 0,169 cm (1 / 15") = (0,169 cm (1 / 15 de pulgada)) x (1 m / 100 cm (1 pie / 12 pulgadas)) = 0,00169 m (0,00556 pies)

D_3 = diámetro del agujero de 0,149 cm (1 / 17") = (0,149 cm (1 / 17 de pulgada)) x (1 m / 100 cm (1 pie / 12 pulgadas)) = 0,00149 m (0,00490 pies)

CA_1 = área en sección transversal de un agujero de 0,195 cm (1 / 13") (90º) = π x (D_1 / 2)^2 = π x (0,00195 m (0,00641 pies))^2 ÷ 4 = 3,00 x 10^{-6} m^2 (0,0000323 $pies^2$)

CA_2 = área en sección transversal de un agujero de 0,169 cm (1 / 15") (66º) = π x (D_2 / 2) x [(D_2 / sen (66º)) / 2] = π x (D_2^2 / sen (66º)) / 4) = π x (0,00169 m (0,00556 pies))^2 ÷ sen (66º) ÷ 4 = 2,47 x 10^{-6} m^2 (0,0000266 $pies^2$)

CA_3 = área en sección transversal de un agujero de 0,149 cm (1 / 17") (45º) = π x (D_3 / 2) x [(D_3 / sen (45º)) / 2] = π x (D_3^2 / sen (45º) / 4) = π x (0,00149 m (0,00490 pies))^2 ÷ sen (45º) ÷ 4 = 2,48 x 10^{-6} m^2 (0,0000267 $pies^2$)

Al saber la tasa de flujo volumétrico gas de elevación, la velocidad superficial del gas de elevación que sale a través de uno de los agujeros 1250 se puede calcular del siguiente modo:

F = 0,793 m^3 / min (28 $pies^3$ / min)

CA_1 = área en sección transversal de un agujero de 0,195 cm (1 / 13") (90º) = 3,00 x 10^{-6} m^2 (0,0000323 $pies^2$)

CA_2 = área en sección transversal de un agujero de 0,169 cm (1 / 15") (66º) = 2,47 x 10^{-6} m^2 (0,0000266 $pies^2$)

CA_3 = área en sección transversal de un agujero de 0,149 cm (1 / 17") (45º) = 2,48 x 10^{-6} m^2 (0,0000267 $pies^2$)

n_1 = cantidad de agujeros de 0,195 cm (1 / 13") =24

n_2 = cantidad de agujeros de 0,169 cm (1 / 15") = 80

n_3 = cantidad de agujeros de 0,149 cm (1 / 17”) = 83

CA = área en sección transversal total del Distribuidor V
= (n_1 x CA_1) + (n_2 x CA_2) + (n_3 x CA_3) = (24 x 3,00 x 10^{-6} m^2 (0,0000323 $pies^2$)) + (80 x 2,47 x 10^{-6} m^2 (0,0000266 $pies^2$)) + (83 x 2,48 x 10^{-6} m^2 (0,0000267 $pies^2$)) = 4,76 x 10^{-6} m^2 (0,00512 $pies^2$)

F_1 = F x n_1 x CA_1 ÷ CA = (0,793 m^3 / min (28 $pies^3$ / min)) x 24 * (3,00 x 10^{-6} m^2 (0,0000323 $pies^2$)) ÷ (4,76 x 10^{-6} m^2 (0,00512 $pies^2$)) = 0,120 m^3 / min (4,24 $pies^3$ / min)

F_2 = F x n_2 x CA_2 ÷ CA = (0,793 m^3 / min (28 $pies^3$ / min)) x 80 x (2,47 x 10^{-6} m^2 (0,0000266 $pies^2$)) ÷ (4,76 x 10^{-6} m^2 (0,00512 $pies^2$)) = 0,328 m^3 / min (11,6 $pies^3$ / min)

F_3 = F x n_3 x CA_3 ÷ CA = (0,793 m^3 / min (28 $pies^3$ / min)) * 83 x (2,48 x 10^{-6} m^2 (0,0000267 $pies^2$)) ÷ (4,76 x 10^{-6} m^2 (0,00512 $pies^2$)) = 0,343 m^3 / min (12,1 $pies^3$ / min)

V_{S1} = velocidad superficial de gas de elevación de agujero de 0,195 cm (1 / 13”) = F_1 ÷ (n_1 x CA_1) = (0,120 m^3 / min (4,24 $pies^3$ / min)) ÷ (24 x 3,00 x 10^{-6} m^2 (0,0000323 $pies^2$)) ÷ (60 s / min) = 27,80 m / s (91,2 pies / s).

V_{S2} = velocidad superficial de gas de elevación de agujero de 0,169 cm (1 / 15”) = F2 ÷ (n_2 x CA_2) = (0,328 m^3 / min (11,6 $pies^3$ / min)) ÷ (80 x 2,47 x 10^{-6} m^2 (0,0000266 $pies^2$)) ÷ (60 s / min) = 27,71 m / s (90,9 pies / s).

V_{S3} = velocidad superficial de gas de elevación, de agujero de 0,149 cm (1 / 17”) = F3 ÷ (n_3 x CA_3) = (0,343 m^3 / min (12,1 $pies^3$ / min)) ÷ (83 x 2,48 x 10^{-6} m^2 (0,0000267 $pies^2$)) ÷ (60 s / min) = 27,74 m / s (91,0 pies / s).

Por lo tanto, una velocidad superficial a modo de ejemplo de gas de elevación descargado desde un agujero en el distribuidor 1200 es de 27,80 m / s (91,2 pies / s) para el agujero de 0,195 cm (1 / 13”) (1210), de 27,71 m / s (90,9 pies / s) para el agujero de 0,169 cm (1 / 15”) (1220) y de 27,74 m / s (91,0 pies / s) para el agujero de 0,149 cm (1 / 17”) (1230).

Las diferentes configuraciones de la boquilla de alimentación del reactor y placas de distribuidor de gas de elevación se sometieron a prueba para determinar impactos de las placas de distribuidor de gas de elevación que se describen en el presente documento. El bitumen de Athabasca es un petróleo muy pesado producido de las arenas petrolíferas cerca de Fort McMurray, Alberta, Canadá. Belridge es un petróleo pesado producido cerca de Bakersfield, California. EHOS (*Exploratory Heavy Oil Sample*, muestra de petróleo pesado exploratoria) es una muestra de pozo exploratoria que se proporcionó para demostración de tecnología. La muestra EHOS era de una producción de campo inicial y exclusiva de esa actividad y procedía de una campaña de muestreo. La muestra EHOS es solamente representativa de la propia muestra. UHOS (*Unidentified Heavy Oil Sample*, muestra de petróleo pesado no identificada) es una muestra de un sitio de procesamiento de petróleo pesado que se recibió sin designación de fuente u origen. La UHOS se trató como una muestra ciega para demostración de tecnología. Las densidades API se midieron de acuerdo con la norma ASTM D70. Las viscosidades se midieron de acuerdo con la norma ASTM D445. “C7A” representa asfaltenos C7 en las tablas que siguen. Los asfaltenos C7 se midieron de acuerdo con la norma ASTM D3279. El contenido de vanadio y níquel se midió por espectroscopia de masas por plasma de acoplamiento inductivo (ICP-MS, *Inductively Coupled Plasma Mass Spectroscopy*) de acuerdo con la norma ASTM D5185. Los intervalos de ebullición se calcularon basándose en una destilación simulada a alta temperatura (HTSD, *High Temperature Simulated Distillation*) de acuerdo con la norma ASTM D6532. Los intervalos de ebullición en las tablas que siguen a continuación para el producto y alimentación de línea de base se estimaron a partir de puntos de corte de destilación que se presentan en la patente de EE. UU. con Nº 7.572.365. En las tablas que siguen a continuación, “nr” representa una medición que no fue notificada.

La boquilla de alimentación a modo de ejemplo denominada en el presente documento como Boquilla I es un diseño de boquilla de alimentación de la técnica anterior que incluye una boquilla de alimentación insertada de forma horizontal en un reactor tubular. La boquilla de alimentación está ubicada de forma perpendicular (ángulo recto o 90 grados) con respecto a una dirección de flujo vertical de gas de elevación y portador de calor sólido. Las placas de distribuidor que estaban emparejadas con el mismo tipo de boquilla de alimentación para las ejecuciones de muestra de petróleo pesado de Belridge (BHOS, *Belridge Heavy Oil Sample*) se muestran en la **Tabla 2**. Se asignó una ejecución representativa para cada configuración en función de la densidad API nominal y del rendimiento de peso líquido de una configuración particular.

Tabla 2: Combinaciones de boquilla - distribuidor de ejecuciones de BHOS

Ejecución representativa	Boquilla de alimentado	Placa de distribuidor
B031.B	Boquilla I	Distribuidor 400
B011.A	Boquilla I	Distribuidor 800

Siendo el fin del sistema de reactor convertir materias primas de petróleo pesado en producto final ligero, el grado de éxito de una configuración particular se determina por las propiedades mensurables de la ejecución así como del producto.

La principal propiedad de interés es el rendimiento de peso líquido, que se define como el porcentaje de materia prima que permanece en fase líquida. En una unidad de craqueo térmico, puede haber productos en las fases líquida, gaseosa y sólida (de coque). Cuanto mayor sea el rendimiento de peso líquido, mejor. El rendimiento líquido es el resultado más valioso del craqueo térmico.

Después del rendimiento líquido, una propiedad del producto de interés es la densidad API que está relacionada con la densidad del producto y da una indicación de la "ligereza" del producto. Cuanto mayor sea el valor API, más ligero es el producto y por lo tanto más éxito ha alcanzado el proceso de craqueo térmico.

Las otras propiedades de producto de interés son la viscosidad, la remoción de vanadio y la remoción de níquel. La viscosidad mide el "espesor" del producto y es una indicación práctica de la capacidad de transporte del producto. En muchos casos, la reducción de viscosidad es más importante que la API. El vanadio y el níquel son dos metales destacados que forman complejos químicos que son perjudiciales en los procesos de refinería y cuanto menor sea la cantidad contenida en el producto, mejor.

La **Tabla 3** muestra las propiedades del crudo total usado en las diferentes ejecuciones de muestra de petróleo pesado de Belridge (BHOS). La **Tabla 4** muestra las propiedades de producto (petróleo crudo sintético, *synthetic crude oil* o SCO) usado en las ejecuciones de muestra de petróleo pesado de Belridge (BHOS). La **Tabla 5** resume las propiedades desde la línea de base con propiedades de diferentes ejecuciones de muestra de petróleo pesado de Belridge (BHOS).

Tabla 3: Propiedades del crudo total de ejecuciones de BHOS

Propiedad del crudo total	Línea de base	Distribuidor 400	Distribuidor 800
Densidad API	8,6	13,2	13,2
Viscosidad a 40 ºC, cSt	40000	1155	1155
Viscosidad a 100 ºC, cSt	nr	31,7	31,7
Asfaltenos C7, % en peso	nr	2,83	2,83
Contenido de vanadio, ppm	209	64,0	64,0
Contenido de níquel, ppm	86,0	51,5	51,5
Intervalos de ebullición			
Contenido < 200 ºF, % en peso	0,00	0,240	0,240
Contenido 200 - 350 ºF, % en peso	0,0396	0,180	0,180
Contenido 350 - 500 ºF, % en peso	3,60	7,87	7,87
Contenido 500 - 650 ºF, % en peso	5,09	14,7	14,7
Contenido 650+ ºF, % en peso	91,3	77,0	77,0
Contenido 650 - 850 ºF, % en peso	20,4	25,6	25,6
Contenido 850 - 1000 ºF, % en peso	15,7	19,2	19,2
Contenido 1000+ ºF, % en peso	55,2	32,2	32,2
Contenido 1000 - 1200 ºF, % en peso	20,6	12,8	12,8
Contenido 1200+ ºF, % en peso	34,6	19,4	19,4

Tabla 4: Propiedades de producto de ejecuciones de BHOS

Propiedad del petróleo crudo sintético	Línea de base	Distribuidor 400	Distribuidor 800
Densidad API	12,9	15,5	16,9
Viscosidad a 40 ºC, cSt	201	62,8	63,6
Viscosidad a 100 ºC, cSt	nr	9,11	6,45
Asfaltenos C7, % en peso	nr	nr	nr
Contenido de vanadio, ppm	88,0	25,6	27,7

Contenido de níquel, ppm	24,0	22,1	26,1
Intervalos de ebullición 1			
Contenido < 200 ºF, % en peso	0,177	0,00	0,00
Contenido 200 - 350 ºF, % en peso	1,92	1,64	2,85
Contenido 350 - 500 ºF, % en peso	7,33	10,9	9,74
Contenido 500 - 650 ºF, % en peso	8,25	23,2	21,2
Contenido 650+ ºF, % en peso	82,3	64,3	66,2
Contenido 650 - 850 ºF, % en peso	25,7	34,2	42,6
Contenido 850 - 1000 ºF, % en peso	19,4	15,4	16,7
Contenido 1000+ ºF, % en peso	37,2	14,7	6,91
Contenido 1000 - 1200 ºF, % en peso	21,3	4,01	6,28
Contenido 1200+ ºF, % en peso	15,9	10,7	0,630

Tabla 5: Comparación de ejecución de BHOS de placas de distribuidor

Distribuidor	ID de ejecución	API	Rendimiento líquido, % en peso	Rendimiento líquido, % en vol	Remoción 1000+, % en peso	Remoción de C7A, % en peso	Reducción de viscosidad, %	Remoción de V, % en peso	Remoción de Ni, % en peso
Línea de base	nr	12,9	74,4	nr	49,9	nr	99,5	68,7	79,2
400	B031B	15,5	77,5	80,3	64,9	nr	94,6	69,0	66,7
800	B011A	16,9	82,5	84,9	82,3	nr	94,5	64,3	58,2

Tal como puede apreciarse en la **Tabla 5**, ambas ejecuciones usando distribuidores 400 y 800 muestran al menos un área de mejora en comparación con la línea de base de la técnica anterior. Por lo tanto, los distribuidores 400 y 800 son las placas de distribuidor preferidas.

Tabla 6: Comparación de las propiedades de la ejecución de BHOS

Propiedad de ejecución	Línea de base	Distribuidor 400	Distribuidor 800
Rendimiento del volumen líquido, % en volumen	nr	80,3	84,9
Rendimiento del peso líquido, % en peso	74,4	77,5	82,5

Tabla 7: Comparación de las propiedades de producto de BHOS

Propiedad del petróleo crudo sintético	Línea de base	Distribuidor 400	Distribuidor 800
Densidad API	12,9	15,5	16,9
Reducción de viscosidad, %	99,5	94,6	94,5
Remoción de asfaltenos C7, % en peso	nr	nr	nr
Remoción de vanadio, % en peso	68,7	69,0	64,3
Remoción de níquel, % en peso	79,2	66,7	58,2
Remoción de material 1000 ºF+, % en peso	49,9	64,6	82,3

En función de las propiedades producidas por cada placa de distribuidor que se muestra en la **Tabla 6**, el distribuidor 800 muestra un mayor éxito en la retención de líquidos. º

En función de las propiedades de producto de cada configuración que se muestra en la **Tabla 7**, el distribuidor 800 muestra unas propiedades de producto superiores en áreas de contenido de asfaltenos y API, así como también casi las mejores en viscosidad.

Al combinar la evaluación tanto de las propiedades de producto como de ejecución, el distribuidor 800 es superior en la producción de alto rendimiento líquido y API. La producción de alto rendimiento líquido y API son las dos propiedades más importantes para el presente proceso de craqueo térmico, debido a su reflexión directa del valor del proceso así como también del producto. Por lo tanto, el distribuidor 800 es una placa de distribuidor preferida para las ejecuciones de muestra de petróleo pesado de Belridge (BHOS).

La **Tabla 8** enumera placas de distribuidor que estaban emparejadas con el mismo tipo de boquilla de alimentación para las ejecuciones de muestra de petróleo pesado exploratoria (EHOS). Se asignó una ejecución representativa para cada configuración en función de la densidad API nominal y del rendimiento de peso líquido de una configuración particular.

Tabla 8: Combinaciones de boquilla - distribuidor de ejecuciones de EHOS

Ejecución representativa	Boquilla de alimentación	Placa de distribuidor
E045.B	Boquilla I	Distribuidor 700
E045.A	Boquilla I	Distribuidor 1100

Siendo el fin del sistema de reactor convertir materias primas de petróleo pesado en productos finales ligeros, el grado de éxito de una configuración particular se determina por las propiedades mensurables de la ejecución así como del producto. La **Tabla 9** muestra las propiedades del crudo total usado en la ejecución de línea de base así como las diferentes ejecuciones de muestra de petróleo pesado exploratoria (EHOS). La **Tabla 10** muestra las propiedades de producto (petróleo crudo sintético) usado en la ejecución de línea de base así como las diferentes ejecuciones de muestra de petróleo pesado exploratoria (EHOS). La **Tabla 11** resume las propiedades desde la línea de base con propiedades de diferentes ejecuciones de muestra de petróleo pesado exploratoria (EHOS).

Tabla 9: Propiedades del crudo total de ejecuciones EHOS

Propiedad del crudo total	Distribuidor 700	Distribuidor 1100
Densidad API	7,7	7,7
Viscosidad a 40 ºC, cSt	nr	nr
Viscosidad a 100 ºC, cSt	657	657
Asfaltenos C7, % en peso	13,8	13,8
Contenido de vanadio, ppm	458	458
Contenido de níquel, ppm	151	151
Intervalos de ebullición		
Contenido < 200 ºF, % en peso	0,00	0,00

Contenido 200 - 350 ºF, % en peso	0,00	0,00
Contenido 350 - 500 ºF, % en peso	1,88	1,88
Contenido 500 - 650 ºF, % en peso	9,22	9,22
Contenido 650+ ºF, % en peso	88,9	88,9
Contenido 650 - 850 ºF, % en peso	17,6	17,6
Contenido 850 - 1000 ºF, % en peso	13,6	13,6
Contenido 1000+ ºF, % en peso	57,7	57,7
Contenido 1000 - 1200 ºF, % en peso	18,3	18,3
Contenido 1200+ ºF, % en peso	39,4	39,4

Tabla 10: Propiedades de producto de ejecuciones de EHOS

Propiedad de SCO	**Distribuidor 700**	**Distribuidor 1100**
Densidad API	14,8	15,7
Viscosidad a 40 ºC, cSt	33,5	36,4
Viscosidad a 100 ºC, cSt	6,80	6,20
Asfaltenos C7, % en peso	5,23	4,08
Contenido de vanadio, ppm	79,2	114
Contenido de níquel, ppm	25,1	38,2
Intervalos de ebullición		
Contenido < 200 ºF, % en peso	0,00	0,00
Contenido 200 - 350 ºF, % en peso	4,18	4,60
Contenido 350 - 500 ºF, % en peso	12,9	9,41
Contenido 500 - 650 ºF, % en peso	23,7	19,4
Contenido 650+ ºF, % en peso	59,2	66,6
Contenido 650 - 850 ºF, % en peso	36,6	33,6
Contenido 850 - 1000 ºF, % en peso	15,0	14,4
Contenido 1000+ ºF, % en peso	7,62	18,6
Contenido 1000 - 1200 ºF, % en peso	4,11	5,58
Contenido 1200+ ºF, % en peso	3,51	13,0

Tabla 11: Comparación de ejecuciones de EHOS de placas de distribuidor

Distribuidor	ID de ejecución	API	Rendimiento líquido, % en peso	Rendimiento líquido, % en vol	Remoción 1000+, % en peso	Remoción de C7A, % en peso	Reducción de viscosidad, %	Remoción de V, % en peso	Remoción de Ni, % en peso
700	E045A	14,8	62,7	67,5	91,7	76,2	99,0	89,2	89,6
1100	E045B	15,7	69,6	74,6	77,6	79,4	99,1	82,7	82,4

La **Tabla 12** compara las propiedades de ejecución de placas de distribuidor de ejecución de muestra de petróleo pesado exploratoria (EHOS). La **Tabla 13** compara las propiedades de producto de placas de distribuidor de ejecución de muestra de petróleo pesado exploratoria (EHOS).

Tabla 12: Comparación de propiedades de ejecución de EHOS

Propiedad de ejecución	Distribuidor 700	Distribuidor 1100
Rendimiento del volumen líquido, % en volumen	67,5	74,6
Rendimiento del peso líquido, % en peso	62,7	69,6

Tabla 13: Comparación de propiedades de producto de EHOS

Propiedad de SCO	Distribuidor 700	Distribuidor 1100
Densidad API	14,8	15,7
Reducción de viscosidad, %	99,0	99,1
Remoción de asfaltenos C7, % en peso	76,2	79,4
Remoción de vanadio, % en peso	89,2	82,7
Remoción de níquel, % en peso	89,6	82,4
Remoción de material 1000 ºF+, % en peso	91,7	77,6

En función de las propiedades de ejecución producidas por cada placa de distribuidor que se muestra en la **Tabla 12**, el distribuidor 1100 muestra un mayor éxito en la retención de líquidos.

En función de las propiedades de producto producidas por cada placa de distribuidor que se muestra en la **Tabla 13**, el distribuidor 1100 produjo una mayor API y un menor contenido de asfaltenos.

Al combinar la evaluación tanto de las propiedades de producto como de ejecución, el distribuidor 1100 es superior en la producción de mayor rendimiento líquido y API. La producción de mayor rendimiento líquido y API son las dos propiedades más importantes para el presente proceso de craqueo térmico, debido a su reflexión directa del valor del proceso así como también del producto. Por lo tanto, el distribuidor 1100 es una placa de distribuidor preferida para las ejecuciones de muestra de petróleo pesado exploratoria (EHOS).

La **Tabla 14** enumera placas de distribuidor de gas de elevación que estaban emparejadas con el mismo tipo de boquilla de alimentación para las ejecuciones de muestra de petróleo pesado no identificada (UHOS). Se asignó una ejecución representativa para cada configuración en función de la densidad API nominal y del rendimiento de peso líquido de una configuración particular.

Tabla 14: Combinaciones de boquilla - distribuidor de ejecución de UHOS

Ejecución representativa	Boquilla de alimentación	Placa de distribuidor
U038.A	Boquilla I	Distribuidor 1100
U037.B	Boquilla I	Distribuidor 1200

Siendo el fin del sistema de reactor convertir materias primas de petróleo pesado en productos finales ligeros, el grado de éxito de una configuración particular se determina por las propiedades mensurables de la ejecución; así como del producto. La **Tabla 15** muestra las propiedades del crudo total usado en las diferentes ejecuciones de muestra de petróleo pesado no identificada (UHOS). La **Tabla 16** muestra las propiedades de producto usado en las diferentes ejecuciones de muestra de petróleo pesado no identificada (UHOS). La **Tabla 17** resume las propiedades de diferentes ejecuciones de muestra de petróleo pesado no identificada (UHOS).

Tabla 15: Propiedades del crudo total de ejecuciones de UHOS

Propiedad del crudo total	Distribuidor 1100	Distribuidor 1200
Densidad API	11,3	10,8
Viscosidad a 40 ºC, cSt	5717	4725 **¡Error! Marcador no definido.**
Viscosidad a 100 ºC, cSt	143	147 **¡Error! Marcador no definido.**
Asfaltenos C7, % en peso	16,9	17,3
Contenido de vanadio, ppm	435	450
Contenido de níquel, ppm	81,1	83,3
Intervalos de ebullición		
Contenido < 200 ºF, % en peso	0,237	0,302
Contenido 200 - 350 ºF, % en peso	4,27	3,39

Contenido 350 - 500 ºF, % en peso	6,19	5,70
Contenido 500 - 650 ºF, % en peso	8,40	9,29
Contenido 650+ ºF, % en peso	80,9	81,3
Contenido 650 - 850 ºF % en peso	13,0	13,4
Contenido 850 - 1000 ºF, % en peso	10,2	13,7
Contenido 1000+ ºF, % en peso	57,7	54,2
Contenido 1000 - 1200 ºF, % en peso	17,4	17,7
Contenido 1200+ ºF, % en peso	40,3	36,5

Tabla 16: Propiedades de producto de ejecuciones de UHOS

Propiedad de SCO	**Distribuidor 1100**	**Distribuidor 1200**
Densidad API	13,7	19,2
Viscosidad a 40 ºC, cSt	118	24,6
Viscosidad a 100 ºC, cSt	20,7	4,59
Asfaltenos C7, % en peso	8,84	2,52
Contenido de vanadio, ppm	197	72,2
Contenido de níquel, ppm	33,0	10,2
Intervalos de ebullición		
Contenido < 200 ºF, % en peso	0,00	0,00
Contenido 200 - 350 ºF, % en peso	4,52	6,41
Contenido 350 - 500 ºF, % en peso	9,64	12,6
Contenido 500 - 600 ºF, % en peso	15,4	20,7
Contenido 650+ ºF, % en peso	70,4	60,3
Contenido 650 - 850 ºF, % en peso	23,9	29,5
Contenido 850 - 1000 ºF, % en peso	15,1	16,7
Contenido 1000+ ºF, % en peso	31,4	14,1
Contenido 1000 - 1200 ºF, % en peso	11,6	5,16
Contenido 1200+ ºF, % en peso	19,8	8,93

Tabla 17: Comparación de ejecuciones de UHOS de placas de distribuidor

Distribuidor	ID de ejecución	API	Rendimiento líquido, % en peso	Rendimiento líquido, % en vol	Remoción 1000+, % en peso	Remoción de C7A, % en peso	Reducción de viscosidad, %	Remoción de V, % en peso	Remoción de Ni, % en peso
1100	U038A	13,7	73,6	75,7	59,9	61,5	97,9	66,7	70,1
1200	U037B	19,2	66,8	70,4	82,6	90,3	99,5	89,3	91,8

Tabla 18: Comparación de las propiedades de ejecución de UHOS

Propiedad de ejecución	Distribuidor 1100	Distribuidor 1200
Rendimiento del volumen líquido, % en volumen	75,7	70,4
Rendimiento del peso líquido, % en peso	73,6	66,8

Tabla 19: Comparación de las propiedades de producto de UHOS

Propiedad de SCO	Distribuidor 1100	Distribuidor 1200
Densidad API	13,7	19,2
Reducción de viscosidad, %	97,9	99,5
Remoción de asfaltenos C7, % en peso	61,5	90,3
Remoción de vanadio, % en peso	66,7	89,3
Remoción de níquel, % en peso	70,1	91,8
Remoción de material 1000 ºF+, % en peso	59,9	82,6

En función de las propiedades de ejecución producidas por cada placa de distribuidor que se muestra en la **Tabla 18**, el distribuidor 1100 muestra la mayor retención de líquidos. El distribuidor 1100 es una placa de distribuidor preferida.

En función de las propiedades de producto de cada configuración que se muestra en la **Tabla 19**, el distribuidor 1200 muestra unas propiedades de producto superiores de forma general, en áreas de API, viscosidad, contenido de asfaltenos, remoción de material pesado, así como también remoción de metal.

Al combinar la evaluación tanto de las propiedades de ejecución como del producto, el distribuidor 1100 es superior en la producción de alto rendimiento líquido, mientras que el distribuidor 1200 es superior en la producción de alto API, viscosidad y remoción de material pesado y metales, y baja viscosidad y contenido de asfaltenos. Por lo tanto, para las ejecuciones de muestra de petróleo pesado no identificada (UHOS), el distribuidor 1100 es una placa de distribuidor preferida en la producción de alto rendimiento líquido, mientras que el distribuidor 1200 es una placa de distribuidor preferida en la producción del producto de mayor calidad.

Se sometieron a prueba diferentes configuraciones de la boquilla de alimentación del reactor y placas de distribuidor de gas de elevación. Una descripción completa de cada boquilla de alimentación a la que se hace referencia en el presente documento se puede encontrar en la solicitud de patente de EE. UU. con Nº de serie XX/XXX.XXX, que se incorpora por la presente en su totalidad mediante esta referencia a todos los efectos. La **Tabla 20** resume una selección numerada de las combinaciones de boquilla de alimentación y placa de distribuidor usadas en ejecuciones de bitumen de Athabasca. Se asignó una ejecución representativa para cada configuración en función de la densidad API nominal y del rendimiento de peso líquido de una configuración particular.

Tabla 20: Combinaciones de boquilla - distribuidor de ejecución de bitumen de Athabasca

Nº de configuración	Ejecución representativa	Boquilla de alimentación	Placa de distribuidor
1	A022.A	Boquilla 700	Distribuidor 400
2	A013.A	Boquilla 1300	Distribuidor 800
3	A024.B	Boquilla 1500	Distribuidor 400
4	A032.A	Boquilla 1700	Distribuidor 400
5	A034.B	Boquilla 2000	Distribuidor 400

La **Tabla 21** muestra las propiedades del crudo total usado en la Línea de base así como en las diferentes configuraciones de ejecución de bitumen de Athabasca. La **Tabla 22** muestra las propiedades de producto (SCO o petróleo crudo sintético) usado en las diferentes configuraciones de ejecución de bitumen de Athabasca. La **Tabla 23** resume las propiedades de las diferentes configuraciones de ejecución; de bitumen de Athabasca.

Tabla 21: Propiedades del crudo total de ejecuciones de bitumen de Athabasca

Propiedad del crudo total	Línea de base	1	2	3	4	5
Densidad API	8,6	8,1	8,9	8,2	7,7	7,7
Viscosidad a 40 ºC, cSt	40000	nr	nr	18199	17854	17854
Viscosidad a 100 ºC, cSt	nr	161	179	201	211	211
Asfaltenos C7, % en peso	nr	10,7	15,7	11,9	11,9	11,9
Contenido de vanadio, ppm	209	211	214	223	224	224
Contenido de níquel, ppm	86,0	80,6	83,4	82,3	82,3	82,3

Intervalos de ebullición						
Contenido < 200 ºF, % en peso	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Contenido 200 - 350 ºF, S en peso	0,0396	0,181	0,00	0,0249	0,237	0,237
Contenido 350 - 500 ºF, % en peso	3,60	4,88	4,97	5,91	3,51	3,51;
Contenido 500 - 650 ºF, % en peso	5,09	12,6	11,6	13,6	9,43	9,43
Contenido 650+ ºF, % en peso	91,3	82,3	83,4	80,5	86,8	86,8
Contenido 650 - 850 ºF, % en peso	20,4	24,2	21,3	24,9	17,9	17,9
Contenido 850 - 1000 ºF, % en peso	15,7	17,4	14,8	17,1	12,9	12,9
Contenido 1000+ ºF, % en peso	55,2	40,7	47,4	38,5	56,0	56,0

Tabla 22: Propiedades de producto de ejecuciones de bitumen de Athabasca

Propiedad de SCO	**Línea de base**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
Densidad API	12,9	13,3	18,1	17,5	12,6	12
Viscosidad a 40 ºC, cSt	201	nr	nr	34,7	119	150
Viscosidad a 100 ºC, cSt	nr	nr	4,86	4,86	11,0	11,2
Asfaltenos C7, % en peso	nr	6,16	6,19	1,37	5,73	5,57
Contenido de vanadio, ppm	88,0	97,9	20,1	16,5	52,6	48,6
Contenido de níquel, ppm	24,0	34,5	10,9	5,78	22,6	19,0
Intervalos de ebullición						
Contenido < 200 ºF, % en peso	0,177	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Contenido 200 - 350 ºF, % en peso	1,92	2,84	1,16	2,07	1,33	1,82
Contenido 350 - 500 ºF, 3 en peso	7,33	14,1	6,92	9,09	7,18	6,75
Contenido 500 - 650 ºF, % en peso	8,25	23,6	21,1	25,9	19,7	18,4
Contenido 650+ ºF, % en peso	82,3	59,5	70,8	62,9	71,8	73,0
Contenido 650 - 850 ºF, % en peso	25,7	33,1	50,7	41,0	35,7	37,3
Contenido 850 - 1000 ºF, % en peso	19,4	13,4	13,3	16,7	20,3	21,7
Contenido 1000+ ºF, % en peso	37,2	13,0	6,82	5,24	15,8	14,0

Tabla 23: Comparación de ejecución de bitumen de Athabasca

Configuración	ID de ejecución	API	Rendimiento líquido, % en peso	Rendimiento líquido, % en vol	Remoción 1000+, % en peso	Remoción de C7A, % en peso	Reducción de viscosidad, %	Remoción de V, % en peso	Remoción de Ni, % en peso
Línea de base	nr	12,9	74,4	nr	49,9	nr	99,5	68,7	79,2
1	A022A	13,3	73,3	76,6	76,6	57,8	nr	66,0	68,6
2	A013A	18,1	95,5	104	86,2	62,3	97,3	91,0	87,5
3	A024B	17,5	78,6	83,9	89,3	91,0	99,8	94,2	94,5
4	A032A	12,6	85,7	89,1	75,8	58,7	99,3	79,9	76,5
5	A034B	12,0	80,9	84,0	79,8	62,1	99,2	82,4	81,3

Tal como se muestra en la **Tabla 23**, las 5 configuraciones muestran al menos un área de mejora en comparación con la línea de base. Por lo tanto, las configuraciones 1, 2, 3, 4 y 5 son, todas ellas, configuraciones preferidas.

Tabla 24: Comparación de las propiedades de ejecución de base de crudo total

Propiedad de ejecución	Línea de base	1	2	3	4	5
Rendimiento del votan líquido, % en volumen	nr	76,6	104	83,9	89,1	84,0
Rendimiento del peso liquido, % en peso	74,4	73,3	95,5	78,6	85,7	80,9

Tabla 25: Comparación de propiedades de producto

Propiedad de SCO	Línea de base	1	2	3	4	5
Densidad API	12,9	13,3	18,1	17,5	12,6	12,0
Reducción de viscosidad, %	99,5	nr	97,3	99,8	99,3	99,2
Remoción de asfaltenos C7, % en peso	nr	57,8	62,3	91,0	58,7	62,1
Remoción de vanadio, % en peso	68,7	66,0	91,0	94,2	79,9	82,4
Remoción de níquel, % en peso	79,2	68,6	87,5	94,5	76,5	81,3
Remoción de material 1000+ ºF, % en peso	49,9	76,6	86,2	89,3	75,8	79,8

En función de las propiedades de ejecución de cada configuración que se muestra en la **Tabla 24**, la configuración 2 muestra un mayor éxito en la retención de líquidos. Las cifras del rendimiento sugieren que las configuraciones 2, 3, 4 y 5 tienen, todas ellas, un rendimiento líquido superior. La configuración 2 es claramente superior a las otras configuraciones debido a un mayor rendimiento líquido.

En función de las propiedades de producto de cada configuración que se muestra en la **Tabla 25**, las configuraciones 2 y 3 muestran mejores propiedades de producto de forma general en comparación con la totalidad de las 5 configuraciones. En cuanto a API, reducción de viscosidad, remoción de fracción pesada, remoción de asfaltenos y remoción de metales, las configuraciones 2 y 3 muestran la mejora más considerable en la mayoría o todas las áreas.

Al combinar la evaluación tanto de las propiedades de producto como del rendimiento líquido, solo la configuración 2 muestra un rendimiento superior en ambas áreas. Por lo tanto, la configuración 2 (combinación de Boquilla 1300 + Distribuidor 800) es la configuración más preferida para ejecuciones de bitumen de Athabasca.

La **Tabla 26** resume combinaciones numeradas de boquilla de alimentación y placa de distribuidor usadas en las ejecuciones de la muestra de petróleo pesado de Belridge (BHOS). Se asignó una ejecución representativa para cada configuración en función de la densidad API nominal y del rendimiento de peso líquido de una configuración particular.

Tabla 26: Combinaciones de boquilla - distribuidor de ejecuciones de BHOS

Configuración	Ejecución representativa	Boquilla de alimentación	Placa de distribuidor
6	B031.B	Boquilla 700	Distribuidor 400
7	B011.A	Boquilla	Distribuidor 800
8	B031.A	Boquilla	Distribuidor 400

La **Tabla 27** muestra las propiedades del crudo total usado en la línea de base así como en las diferentes configuraciones de ejecución de BHOS. La **Tabla 28** muestra las propiedades de producto (SCO o petróleo crudo sintético) usado en las diferentes configuraciones de ejecución de BHOS. La **Tabla 29** resume las propiedades de las diferentes configuraciones de ejecución de BHOS.

Tabla 27: Propiedades del crudo total de ejecuciones de BHOS

Propiedad del crudo total	Línea de base	6	7	8
Densidad API	8,6	13,2	13,2	13,2
Viscosidad a 40 ºC, cSt	40000	1155	1155	1155
Viscosidad a 100 ºC, cSt	nr	31,7	31,7	31,7
Asfaltenos C7, % en peso	nr	2,83	2,83	2,83
Contenido de vanadio, ppm	209	64,0	64,0	64,0
Contenido de níquel, ppm	86,0	51,5	51,5	51,5
Intervalos de ebullición				
Contenido < 200 ºF, % en peso	0,00	0,24	0,24	0,24

Contenido 200 - 350 ºF, % en peso	0,04	0,18	0,18	0,18
Contenido 350 - 500 ºF, % en peso	3,60	7,87	7,87	7,87
Contenido 500 - 650 ºF, % en peso	5,09	14,7	14,7	14,7
Contenido 650+ ºF, % en peso	91,3	77,0	77,0	77,0
Contenido 650 - 850 ºF, % en peso	20,4	25,6	25,6	25,6
Contenido 850 - 1000 ºF, % en peso	15,7	19,2	19,2	19,2
Contenido 1000+ ºF, % en peso	55,2	32,2	32,2	32,2
Contenido 1000 - 1200 ºF, % en peso	20,6	12,8	12,8	12,8
Contenido 1200+ ºF, % en peso	34,6	19,4	19,4	19,4

Tabla 28: Propiedades de producto de ejecuciones de BHOS

Propiedad de SCO	**Línea de base**	**6**	**7**	**8**
Densidad API	12,9	15,5	16,9	14,5
Viscosidad a 40 ºC, cSt	201	62,8	63,6	143
Viscosidad a 100 ºC, cSt	nr	9,11	6,45	12,7
Asfaltenos C7, % en peso	nr	4,10	1,27	3,94
Contenido de vanadio, ppm	88,0	25,6	27,7	45,3
Contenido de níquel, ppm	24,0	22,1	26,1	40,4
Intervalos de ebullición				
Contenido < 200 ºF, % en peso	0,177	0,00	0,00	0,00
Contenido 200 - 350 ºF, % en peso	1,92	1,64	2,85	0,00
Contenido 350 - 500 ºF, % en peso	7,33	10,9	9,74	9,66
Contenido 500 - 650 ºF, % en peso	8,25	23,2	21,2	21,2
Contenido 650+ ºF, % en peso	82,3	64,3	66,2	69,1
Contenido 650 - 850 ºF, % en peso	25,7	34,2	42,6	35,7
Contenido 850 - 1000 ºF, % en peso	19,4	15,4	16,7	17,6
Contenido 1000+ ºF, % en peso	37,2	14,7	6,91	15,8
Contenido 1000 - 1200 ºF, % en peso	21,3	4,01	6,28	7,43
Contenido 1200+ ºF, % en peso	15,9	10,7	0,630	8,41

Tabla 29: Comparación de ejecución de BHOS

Configuración	ID de ejecución	API	Rendimiento líquido, % en peso	Rendimiento líquido, % en vol	Remoción 1000+, % en peso	Remoción de C7A, % en peso	Reducción de viscosidad, %	Remoción de V, % en peso	Remoción de Ni, % en peso
Línea de base	nr	12,9	74,1	nr	49,3	nr	99,5	68,7	79,2
6	B031B	15,5	77,5	80,3	64,6	nr	94,6	69,0	66,7
7	B011A	16,9	82,5	84,9	82,3	63,0	94,5.	64,3	58,2
8	B031A	14,5	81,1	83,6	60,2	nr	87,6	42,6	36,4

ES 2 531 165 T3

La **Tabla 30** compara las propiedades de ejecución de las configuraciones de ejecución de BHOS. La **Tabla 31** compara las propiedades de producto de las configuraciones de ejecución de BHOS.

Tabla 30: Comparación de las propiedades de ejecución de base de crudo total de BHOS

Propiedad de ejecución	Línea de base	5	7	8
Rendimiento del volumen liquido, % en volumen	nr	80,3	84,9	83,6
Rendimiento del peso liquido, % en peso	74,4	77,5	82,5	81,1

Tabla 31: Comparación de las propiedades de producto de BHOS

Propiedad del petróleo crudo sintético	Línea de base	6	7	8
Densidad API	12,9	15,5	16,9	14,5
Reducción de viscosidad, %	99,5	94,6	94,5	87,6
Remoción de asfaltenos C7, % en peso	nr	nr	63,0	nr
Remoción de vanadio, % en peso	68,7	69,0	64,3	42,6
Remoción de níquel, % en peso	79,2	66,7	58,2	36,4
Remoción de material 1000 ºF+, % en peso	49,9	64,6	82,3	60,2

En función de las propiedades de ejecución de cada configuración que se muestra en la **Tabla 30**, la configuración 7 muestra el mayor éxito en la retención de líquidos. Las cifras del rendimiento sugieren que la configuración 7 tiene mejor rendimiento líquido que las configuraciones 6 y 8. Por lo tanto, en función de las propiedades de ejecución, la configuración 8 es la configuración más preferida, seguido de la configuración 7.

En función de las propiedades de producto de cada configuración que se muestra en la **Tabla 31**, la configuración 7 muestra propiedades de producto superiores en áreas de remoción de asfaltenos y API. Por otro lado, la configuración 6 es superior en reducción de viscosidad, remoción de metales y remoción de fracción pesada.

Al combinar la evaluación tanto de las propiedades de producto como de ejecución, solo la configuración 7 muestra un buen rendimiento en ambas áreas. Por lo tanto, la configuración 7 (combinación de Boquilla 700 + Distribuidor 800) es la configuración más preferida, para ejecuciones de BHOS.

La **Tabla 32** enumera y lista las combinaciones de boquilla de alimentación y placa de distribuidor usadas en las ejecuciones de la muestra de petróleo pesado exploratoria (EHOS). Se asignó una ejecución representativa para cada configuración en función de la densidad API nominal y del rendimiento de peso líquido de una configuración particular.

Tabla 32: Combinaciones de boquilla - distribuidor de ejecuciones de EHOS

Configuración	Ejecución representativa	Boquilla de alimentación	Placa de distribuidor
9	E045.B	Boquilla 700	Distribuidor 700
10	E044.A	Boquilla 700	Distribuidor 1100
11	E043.B	Boquilla 2000	Distribuidor 1100

La **Tabla 33** muestra las propiedades del crudo total usado en la línea de base así como en las diferentes configuraciones de ejecución EHOS. La **Tabla 34** muestra las propiedades de producto (SCO o petróleo crudo sintético) usado en las diferentes configuraciones de ejecución de EHOS. La **Tabla 35** resume las propiedades de las diferentes configuraciones de ejecución de EHOS.

Tabla 33: Propiedades del crudo total de ejecuciones de EHOS

Propiedad del crudo total	Línea de base	9	10	11
Densidad API	8,6	7,7	8,4	8,4
Viscosidad a 40 ºC, cSt	40000	nr	nr	nr
Viscosidad a 100 ºC, cSt	nr	657	591	587
Asfaltenos C7, % en peso	nr	13,8	14,3	13,6
Contenido de vanadio, ppm	209	458	452	473
Contenido de níquel, ppm	86,0	151	141	147
Intervalos de ebullición				
Contenido < 200 ºF, % en peso	0,00	0,00	0,00	0,00
Contenido 200 - 350 ºF, % en peso	0,0396	0,00	0,00	0,00
Contenido 350 - 500 ºF, % en peso	3,60	1,88	2,00	2,44

Contenido 500 - 650 ºF, % en peso	5,09	9,22	9,23	8,88
Contenido 650+ ºF, % en peso	91,3	88,9	88,8	88,7
Contenido 650 - 850 ºF, % en peso	20,4	17,6	17,3	15,5
Contenido 850 - 1000 ºF, % en peso	15,7	13,6	13,3	12,4
Contenido 1000+ % en peso	55,2	57,7	58,2	60,8
Contenido 1000 - 1200 ºF, % en peso	20,6	18,3	18,1	17,9
Contenido 1200+ ºF, % en peso	34,6	39,4	40,0	42,9

Tabla 34: Propiedades de producto de ejecuciones de EHOS

Propiedad del petróleo crudo sintético	**Línea de base**	**9**	**10**	**11**
Densidad API	12,9	14,8	16,4	16,1
Viscosidad a 40 ºC, cSt	201	33,5	39,6	36,0
Viscosidad a 100 ºC, cSt	nr	6,80	5,25	6,45
Asfaltenos C7, % en peso	nr	5,23	4,12	4,19
Contenido de vanadio, ppm	88,0	79,2	119	121
Contenido de níquel, ppm	24,0	25,1	38,1	37,7
Intervalos de ebullición				
Contenido < 200 ºF, % en peso	0,177	0,00	0,00	0,00
Contenido 200 - 350 ºF, % en peso	1,92	4,18	3,06	3,83
Contenido 350 500 ºF, % en peso	7,33	12,9	12,8	11,5
Contenido 500 - 650 ºF, % en peso	8,25	23,7	19,5	16,9
Contenido 650+ ºF, % en peso	82,3	59,2	64,6	67,8,
Contenido 650 850 ºF, % en peso	25,7	36,6	35,0	31,2
Contenido 850 1000 ºF, % en peso	19,4	15,0	13,5	15,5
Contenido 1000+ ºF, % en peso	37,2	7,62	16,1	21,1
Contenido 1000 - 1200 ºF, % en peso	21,3	4,11	6,12	7,98
Contenido 1200+ ºF, % en peso	15,9	3,51	10,0	13,1

Tabla 35: Comparación de ejecución de EHOS

Configuración	ID de ejecución	API	Rendimiento líquido, % en peso	Rendimiento líquido, % en vol	Remoción 1000+, % en peso	Remoción de C7A, % en peso	Reducción de viscosidad, %	Remoción de V, % en peso	Remoción de Ni, % en peso
Línea de base	nr	12,9	74,4	nr	49,9	nr	99,5	68,7	79,2
9	E045 B	14,8	62,7	67,5	91,7	76,2	99,0	89,2	89,6
10	E044 A	16,4	90,1	96,1	75,1	74,0	99,1	76,3	75,7
11	E043 B	16,1	78,3	83,6	72,8	75,9	98,9	80,0	79,9

La **Tabla 36** compara las propiedades de ejecución de las configuraciones de ejecución de EHOS. La **Tabla 37** compara las propiedades de producto de las configuraciones de ejecución de EHOS.

Tabla 36: Comparación de las propiedades de ejecución de base de crudo total de EHOS

Propiedad de ejecución	Línea de base	9	10	11
Rendimiento del volumen líquido, % en volumen	nr	67,5	96,1	83,6
Rendimiento del peso líquido, % en peso	74,4	62,7	90,1	78,3

Tabla 37: Comparación de propiedades de producto de EHOS

Propiedad del petróleo crudo sintético	Línea de base	9	10	11
Densidad API	12,9	14,8	16,4	16,1
Reducción de viscosidad, %	99,5	nr	nr	nr
Remoción de asfaltenos C7, % en peso	nr	76,2	74,0	75,9
Remoción de vanadio, % en peso	68,7	89,2	76,3	80,0
Remoción de níquel, % en peso	79,2	89,6	75,7	79,9
Remoción de material 1000 ºF+, % en peso	49,9	91,7	75,1	72,8

En función de las propiedades de ejecución de cada configuración que se muestra en la **Tabla 36**, la configuración 10 muestra el mayor éxito en la retención de líquidos. Las cifras de rendimiento sugieren que la configuración 10 tiene mucho mejor rendimiento líquido que las configuraciones 9 y 11. Por lo tanto, la configuración 10 es la configuración más preferida.

En función de las propiedades de producto de cada configuración que se muestra en la **Tabla 37**, ambas configuraciones 9 y 10 muestran propiedades de producto superiores de forma general. Mientras que la configuración 9 tiene la mejor reducción de viscosidad, remoción de material pesado y remoción de metales, la configuración 10 tiene la mejor remoción de asfaltenos y API. Para las áreas en las que la configuración 10 no es la mejor, de todas maneras es comparativamente similar a las otras 2 configuraciones.

Al combinar la evaluación tanto de las propiedades de producto como de ejecución, solo la configuración 10 muestra un buen rendimiento en ambas áreas. Por lo tanto, la configuración 10 (combinación de Boquilla 700 + Distribuidor 1100) es la configuración más preferida para ejecuciones de EHOS.

La **Tabla 38** enumera y lista las combinaciones de boquilla de alimentación y placa de distribuidor usadas en las ejecuciones de la muestra de petróleo pesado no identificada (UHOS). Se asignó una ejecución representativa para cada configuración en función de la densidad API nominal y del rendimiento de peso líquido de una configuración particular.

Tabla 38: Combinaciones de boquilla - distribuidor de UHOS

Nº de configuración	Ejecución representativa	Boquilla de alimentación	Placa de distribuidor
13	U038.A	Boquilla 700	Distribuidor 1100
14	U037.B	Boquilla 700	Distribuidor 1200
15	U037.A	Boquilla 2000	Distribuidor 400

La **Tabla 39** muestra las propiedades del crudo total usado en la línea de base así como en las diferentes configuraciones de ejecución de UHOS. La **Tabla 40** muestra las propiedades de producto (SCO o petróleo crudo sintético) usado en las diferentes configuraciones de ejecución de UHOS. La **Tabla 41** resume las propiedades de las diferentes configuraciones de ejecución de UHOS.

Tabla 39: Propiedades del crudo total de ejecuciones de UHOS

Propiedad del crudo total	Línea de base	13	14	15
Densidad API	8,6	11,3	10,8	10,8
Viscosidad a 40 ºC, cSt	40000	5717	4725	4725
Viscosidad a 100 ºC, cSt	nr	143	147	147
Asfaltenos C7, % en peso	nr	16,9	17,3	17,3
Contenido de vanadio, ppm	209	435	450	450
Contenido de níquel, ppm	86,0	81,1	83,3	83,3
Intervalos de ebullición				

Contenido < 200 ºF, % en peso	0,00	0,237	0,302	0,302
Contenido 200 - 350 ºF, % en peso	0,0396	4,27	3,39	3,39
Contenido 350 - 500 ºF, % en peso	3,60	6,19	5,70	5,70
Contenido 500 - 650 ºF, % en peso	5,09	8,40	9,29	9,29
Contenido 650+ ºF, % en peso	91,3	80,9	81,3	81,3
Contenido 650 - 850 ºF, % en peso	20,4	13,0	13,4	13,4
Contenido 850 - 1000 ºF, % en peso	15,7	10,2	13,7	13,7
Contenido 1000+ ºF, % en peso	55,2	57,7	54,2	54,2
Contenido 1000 - 1200 ºF, % en peso	20,6	17,4	17,7	17,7
Contenido 1200+ ºF, % en peso	34,6	40,3	36,5	36,5

Tabla 40: Propiedades de producto de ejecuciones de UHOS

Propiedad de SCO	**Línea de base**	**13**	**14**	**15**
Densidad API	12,9	13,7	19,2	16,7
Viscosidad a 40 ºC, cSt	201	118	24,6	68,4
Viscosidad a 100 ºC, cSt	nr	20,7	4,59	7,27
Asfaltenos C7, % en peso	nr	8,84	2,52	6,87
Contenido de vanadio, ppm	88,0	197	72,2	170
Contenido de níquel, ppm	24,0	33,0	10,2	29,6
Intervalos de ebullición				
Contenido < 200 ºF, % en peso	0,177	0,00	0,00	0,00
Contenido 200 - 350 ºF, % en peso	1,92	4,52	6,41	5,16
Contenido 350 - 500 ºF, % en peso	7,33	9,64	12,6	10,4
Contenido 500 - 650 ºF, % en peso	8,25	15,4	20,7	17,4,
Contenido 650+ ºF, % en peso	82,3	70,4	60,3	67,0
Contenido 650 - 850 ºF, % en peso	25,7	23,9	29,5	25,1
Contenido 850 - 1000 ºF, % en peso	19,4	15,1	16,7	15,7
Contenido 1000+ ºF, % en peso	37,2	31,4	14,1	26,2
Contenido 1000 - 1200 ºF, % en peso	21,3	11,6	5,16	9,70
Contenido 1200+ ºF, % en peso	15,9	19,8	8,93	16,5

Tabla 41: Comparación de la ejecución de UHOS

Configuración	ID de ejecución	API	Rendimiento líquido, % en peso	Rendimiento líquido, % en vol	Remoción 1000+, % en peso	Remoción de C7A, % en peso	Reducción de viscosidad, %	Remoción de V, % en peso	Remoción de Ni, % en peso
Línea de base	nr	12,9	74,4	nr	49,9	nr	99,5	68,7	79,2
9	E045 B	14,8	62,7	67,5	91,7	76,2	99,0	89,2	89,6
10	E044 A	16,4	90,1	96,1	75,1	74,0	99,1	76,3	75,7
11	E043 B	16,1	78,3	83,6	72,8	75,9	98,9	80,0	79,9

La **Tabla 42** compara las propiedades de ejecución de base de crudo total de las configuraciones de ejecución de UHOS. La **Tabla 43** compara las propiedades de producto de las configuraciones de ejecución de UHOS.

Tabla 42: Comparación de las propiedades de ejecución de base de crudo total de UHOS

Propiedad de ejecución	Línea de base	13	14	15
Rendimiento del volumen líquido, % en volumen	nr	75,7	70,4	84,6
Rendimiento del peso líquido, % en peso	74,4	73,6	66,8	82,0

Tabla 43: Comparación de las propiedades de producto»de ejecución de UHOS

Propiedad de SCO	Línea de base	13	14	15
Densidad API	12,9	13,7	19,2	16,7
Reducción de viscosidad, %l	99,5	97,9	99,5	98,6
Remoción de asfaltenos C7, % en peso	nr	61,5	90,3	67,4
Remoción de vanadio, % en peso	68,7	66,7	89,3	69,0
Remoción de níquel, % en peso	79,2	70,1	91,8	70,9
Remoción de material 1000 ºF+, % en peso	49,9	59,9	82,6	60,4

En función de las propiedades de ejecución de cada configuración que se muestra en la **Tabla 42**, la configuración 15 muestra un mayor éxito en la retención de líquidos. Por lo tanto, la configuración 15 es la más preferida.

En función de las propiedades de producto de cada configuración que se muestra en la **Tabla 43**, la configuración 14 muestra propiedades de producto superiores de forma general, seguido de la configuración 15.

Al combinar la evaluación tanto de las propiedades de producto como rendimiento líquido, la configuración 15 se prefiere ampliamente debido al mayor rendimiento del volumen líquido. Por lo tanto, la configuración 15 (combinación de Boquilla 2000 + Distribuidor 400) es la configuración más preferida, para ejecuciones de UHOS. Es probable que los defectos del Distribuidor 400, que se mostró que menos eficaz en todas las otras comparaciones, fueran menos influyentes que las ventajas proporcionadas por la Boquilla 2000. Es decir, se esperaría que el rendimiento de la combinación de Boquilla 2000 y distribuidor ventajosos excediera la configuración 15 en este crudo particular.

REIVINDICACIONES

1. Un distribuidor de gas de elevación (306), que comprende:

una placa (340, 400, 740, 840, 1240) que tiene una superficie y una parte inferior (890), teniendo la placa un primer diámetro (370, 770, 870);
una sección central (360, 460, 760, 860, 1160, 1260) de la placa que tiene un segundo diámetro (380, 780, 880), en donde el primer diámetro es mayor que el segundo diámetro;
una cantidad previamente determinada de agujeros (350, 450, 750, 850, 1150, 1250) que tienen un tercer diámetro (D) perforados en la superficie de la placa, los agujeros perforados en un ángulo, los agujeros distribuidos de manera uniforme en la sección central; y
una pluralidad de tubos (895) soldados sobre la parte inferior de la placa, teniendo cada tubo una longitud previamente determinada, en donde cada tubo está soldado sobre cada agujero, en donde el gas de elevación pasa a través de los tubos y agujeros al interior de un reactor (201, 310).

2. El distribuidor de gas de elevación de la reivindicación 1, en el que la cantidad previamente determinada de agujeros es 16.

3. El distribuidor de gas de elevación de la reivindicación 1, en el que la cantidad previamente determinada de agujeros es 11.

4. El distribuidor de gas de elevación de la reivindicación 1, en el que los agujeros están dispuestos en un patrón en estrella de 5 puntas.

5. El distribuidor de gas de elevación de la reivindicación 1, en el que el tercer diámetro es de 0,635 cm (1/4 de pulgada).

6. El distribuidor de gas de elevación de la reivindicación 1, en el que la placa tiene un espesor de 0,635 cm (1/4 de pulgada).

7. El distribuidor de gas de elevación de la reivindicación 1, en el que la longitud previamente determinada de cada tubo es de 10,16 cm (4 pulgadas).

8. El distribuidor de gas de elevación de la reivindicación 1, en el que cada tubo tiene un extremo proximal (1180) y un extremo distal (1190), y en el que un diámetro del tubo (1170) aumenta de forma gradual desde el extremo proximal hasta el extremo distal.

9. El distribuidor de gas de elevación de la reivindicación 1, en el que el ángulo es uno de 90º, 45º y 66º y
en el que los agujeros están perforados en una pluralidad de ángulos, seleccionado cada ángulo de entre el grupo que consiste en 90º, 45º y 66º.

10. Un método para la distribución de gas de elevación, que comprende:

proporcionar un distribuidor de gas de elevación (306), comprendiendo el distribuidor de gas de elevación

una placa (340, 400, 740, 840, 1240) que tiene una superficie y una parte inferior (890), teniendo la placa un primer diámetro (370, 770, 870);
una sección central (360, 460, 760, 860, 1160, 1260) de la placa que tiene un segundo diámetro (380, 780, 880), en donde el primer diámetro es mayor que el segundo diámetro;
una cantidad previamente determinada de agujeros (350, 450, 750, 850, 1150, 1250) que tienen un tercer diámetro (D) perforados en la superficie de la placa, los agujeros perforados en un ángulo, los agujeros distribuidos de manera uniforme en la sección central; y
una pluralidad de tubos (895) soldados sobre la parte inferior de la placa, teniendo cada tubo una longitud previamente determinada, en donde cada tubo está soldado sobre cada agujero; y
propulsar gas de elevación desde una caja de aire a través del distribuidor de gas de elevación al interior de un reactor (201, 301).

11. El método de la reivindicación 10, en el que la cantidad previamente determinada de agujeros es 16.

12. El método de la reivindicación 10, en el que la cantidad previamente determinada de agujeros es 11.

13. El método de la reivindicación 10, en el que los agujeros están dispuestos en un patrón en estrella de 5 puntas.

14. El método de la reivindicación 10, en el que cada tubo tiene un extremo proximal (1180) y un extremo distal (1190), y en el que un diámetro del tubo (1170) aumenta de forma gradual desde el extremo proximal hasta el extremo distal.

15. El método de la reivindicación 10, en el que el ángulo es uno de 90º, 45º y 66º y en el que los agujeros están perforados en una pluralidad de ángulos, seleccionado cada ángulo de entre el grupo que consiste en 90º, 45º y 66º.

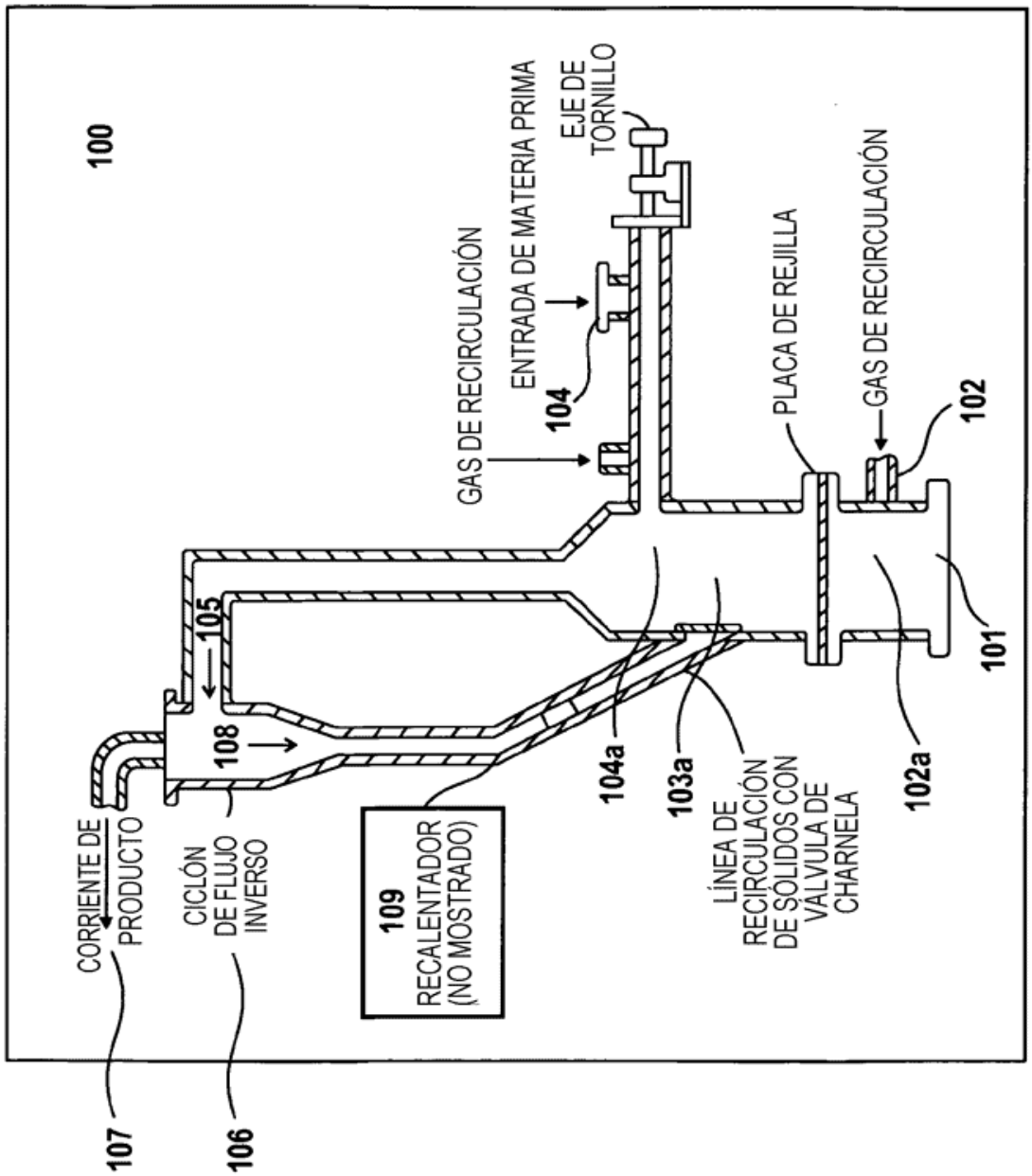

FIG. 1 TÉCNICA ANTERIOR

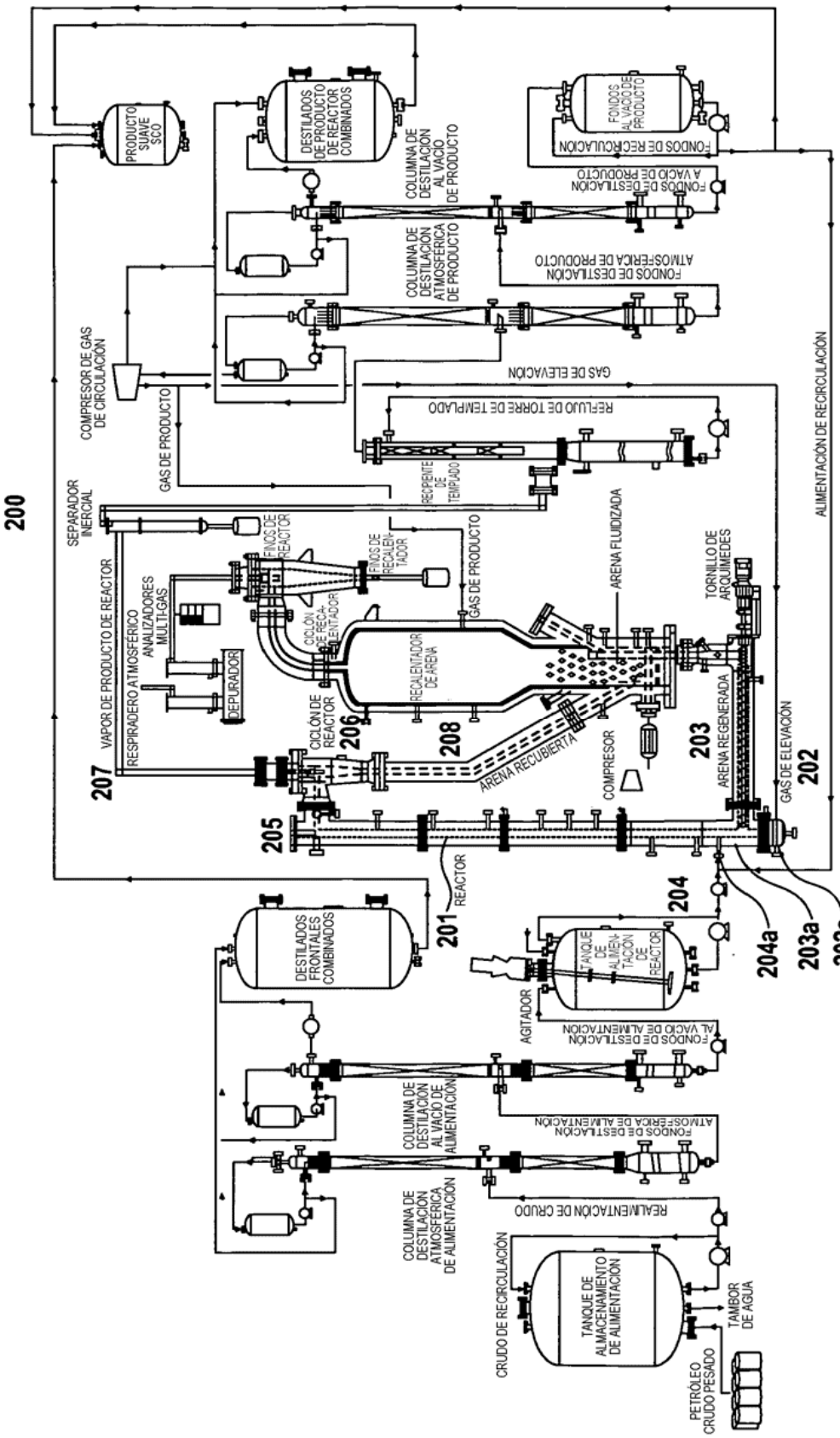
200
PRODUCTO SUAVE SCO
DESTILADOS DE PRODUCTO DE REACTOR COMBINADOS
COLUMNA DE DESTILACIÓN AL VACIO DE PRODUCTO
FONDOS AL VACIO DE PRODUCTO
FONDOS DE RECIRCULACIÓN
FONDOS DE DESTILACIÓN A VACIO DE PRODUCTO
COLUMNA DE DESTILACIÓN ATMOSFERICA DE PRODUCTO
FONDOS DE DESTILACIÓN ATMOSFERICA DE PRODUCTO
COMPRESOR DE GAS DE CIRCULACIÓN
GAS DE ELEVACIÓN
GAS DE PRODUCTO
REFLUJO DE TORRE DE TEMPLADO
RECIPIENTE DE TEMPLADO
ALIMENTACIÓN DE RECIRCULACIÓN
SEPARADOR INERCIAL
FINOS DE REACTOR
FINOS DE RECALENTADOR
GAS DE PRODUCTO
ARENA FLUIDIZADA
TORNILLO DE ARQUIMEDES
VAPOR DE PRODUCTO DE REACTOR
RESPIRADERO ATMOSFERICO
ANALIZADORES MULTI-GAS
DEPURADOR
CICLÓN DE RECALENTADOR
RECALENTADOR DE ARENA
CICLÓN DE REACTOR
206
208
ARENA RECUBIERTA
COMPRESOR
203
ARENA REGENERADA
GAS DE ELEVACION
202
207
205
REACTOR
201
204
204a
203a
202a
DESTILADOS FRONTALES COMBINADOS
TANQUE DE ALIMENTACIÓN DE REACTOR
AGITADOR
FONDOS DE DESTILACIÓN AL VACIO DE ALIMENTACIÓN
COLUMNA DE DESTILACIÓN AL VACIO DE ALIMENTACIÓN
FONDOS DE DESTILACIÓN ATMOSFERICA DE ALIMENTACIÓN
COLUMNA DE DESTILACIÓN ATMOSFERICA DE ALIMENTACIÓN
REALIMENTACIÓN DE CRUDO
CRUDO DE RECIRCULACIÓN
TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE ALIMENTACIÓN
TAMBOR DE AGUA
PETRÓLEO CRUDO PESADO

FIG. 2

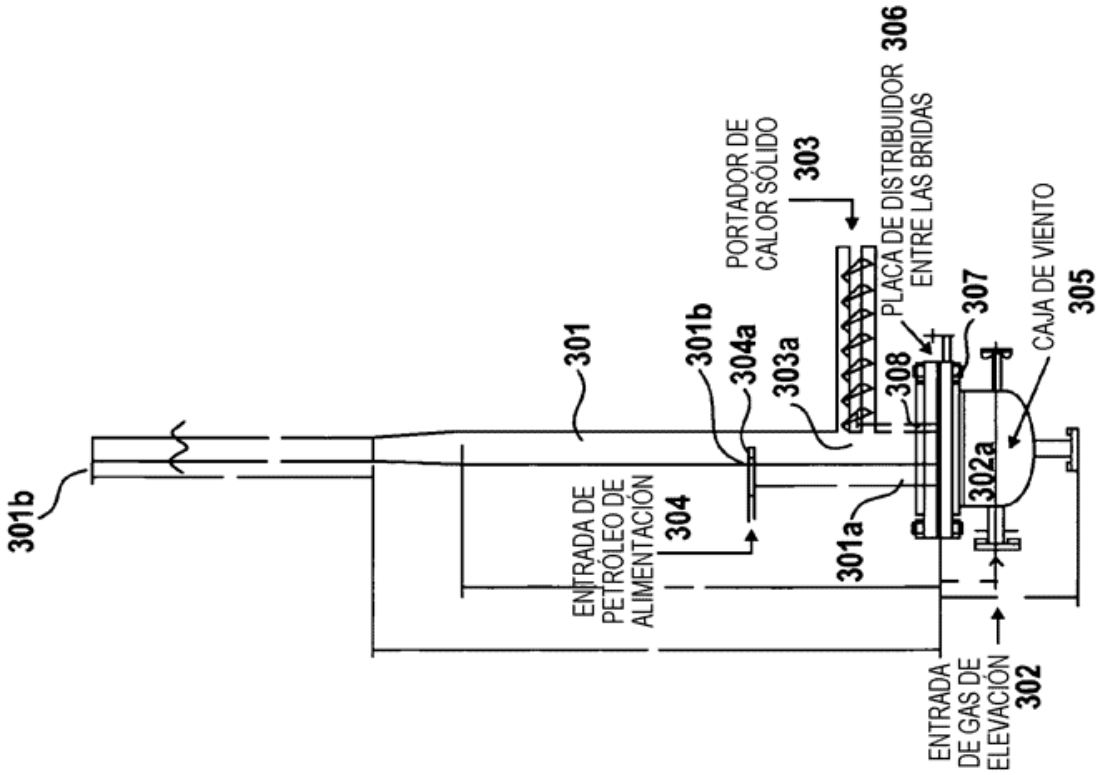
301b
301
301b
304a
303a
303
PORTADOR DE CALOR SÓLIDO
306
PLACA DE DISTRIBUIDOR ENTRE LAS BRIDAS
307
308
CAJA DE VIENTO
305
302a
ENTRADA DE PETRÓLEO DE ALIMENTACIÓN
304
301a
ENTRADA DE GAS DE ELEVACIÓN
302

FIG. 3

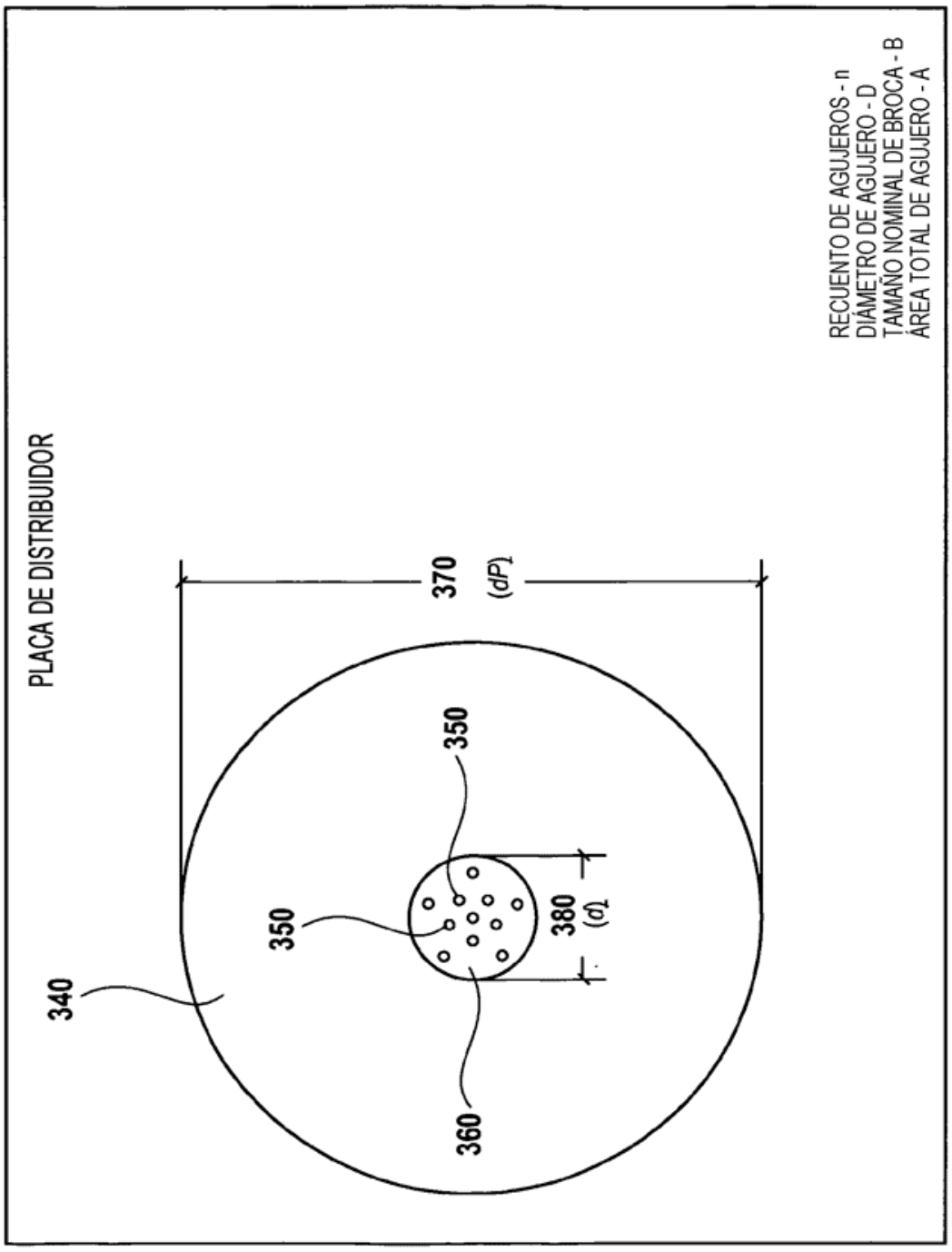
PLACA DE DISTRIBUIDOR
RECUENTO DE AGUJEROS - n
DIÁMETRO DE AGUJERO - D
TAMAÑO NOMINAL DE BROCA - B
ÁREA TOTAL DE AGUJERO - A
340
350
350
360
370
(dP)
380
(d)

FIG. 3B

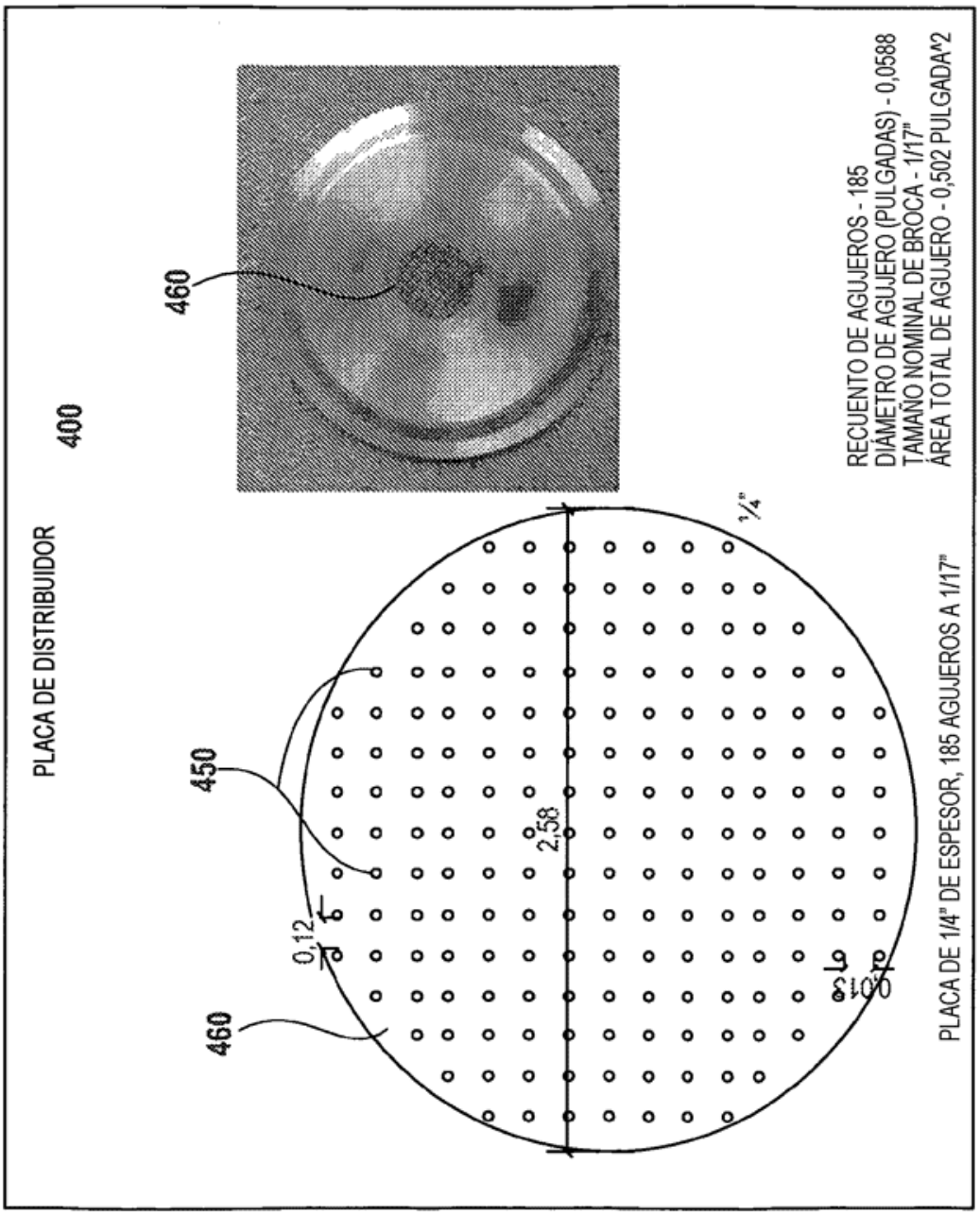

FIG. 4 TÉCNICA ANTERIOR

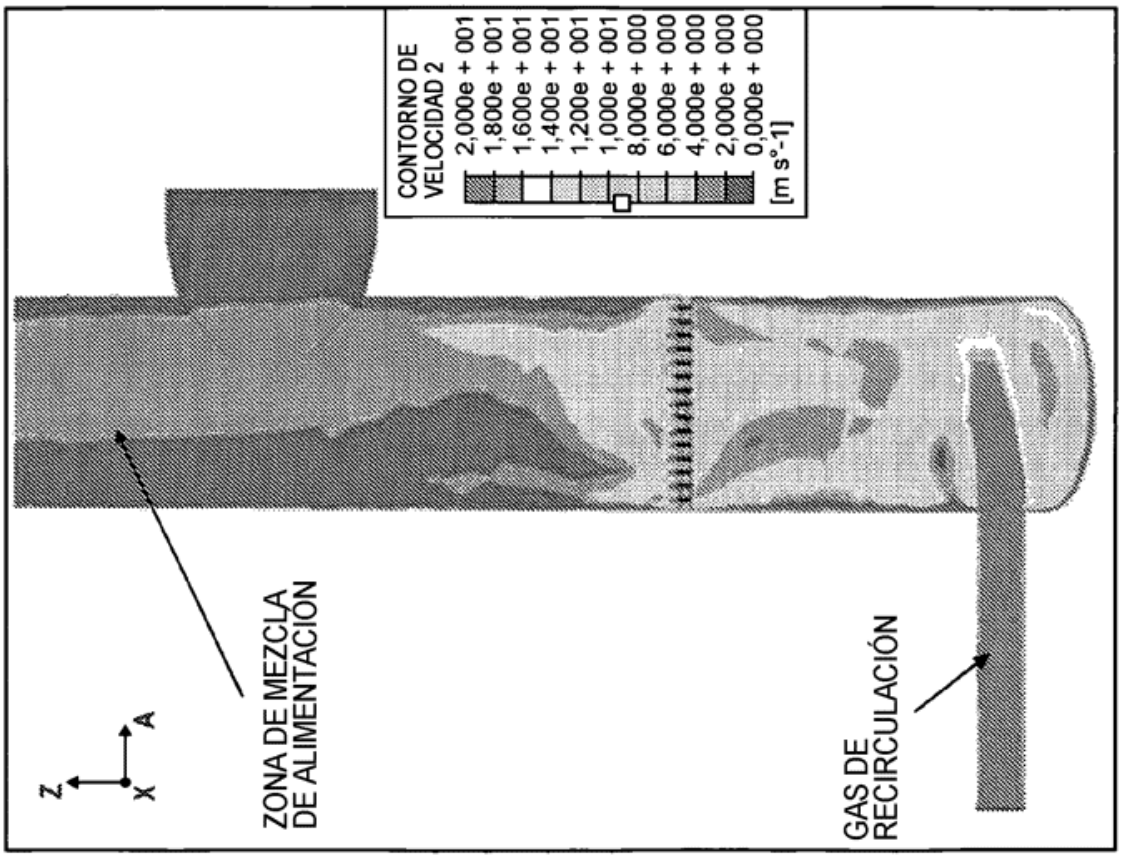
CONTORNO DE VELOCIDAD 2
2,000e + 001
1,800e + 001
1,600e + 001
1,400e + 001
1,200e + 001
1,000e + 001
8,000e + 000
6,000e + 000
4,000e + 000
2,000e + 000
0,000e + 000
[m s^-1]
ZONA DE MEZCLA DE ALIMENTACIÓN
GAS DE RECIRCULACIÓN
Z
X
A

FIG. 5

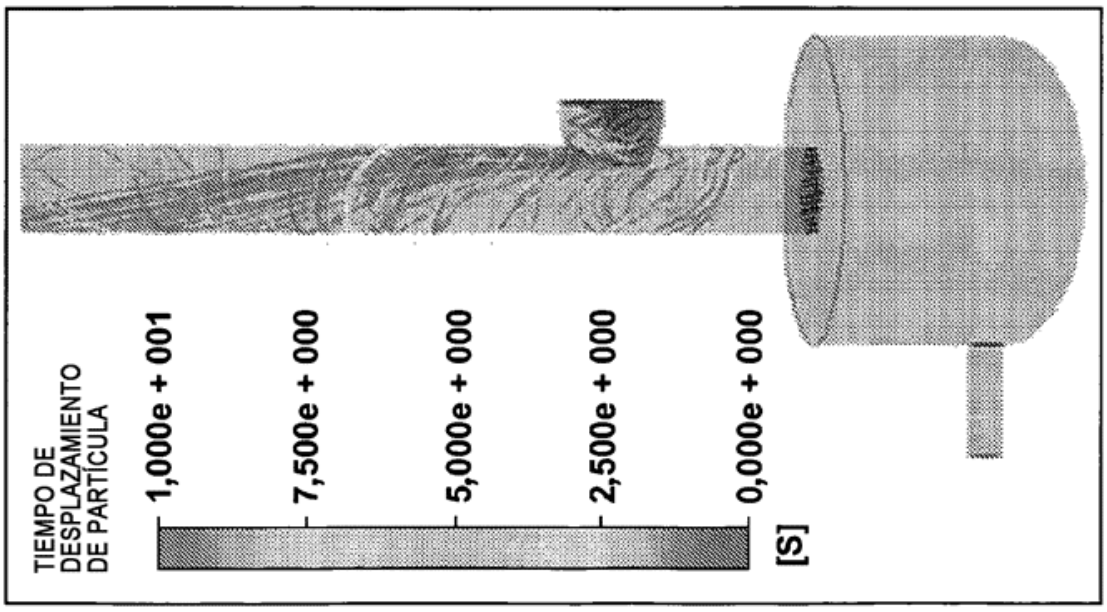
TIEMPO DE DESPLAZAMIENTO DE PARTÍCULA
1,000e + 001
7,500e + 000
5,000e + 000
2,500e + 000
0,000e + 000
[S]

FIG. 6

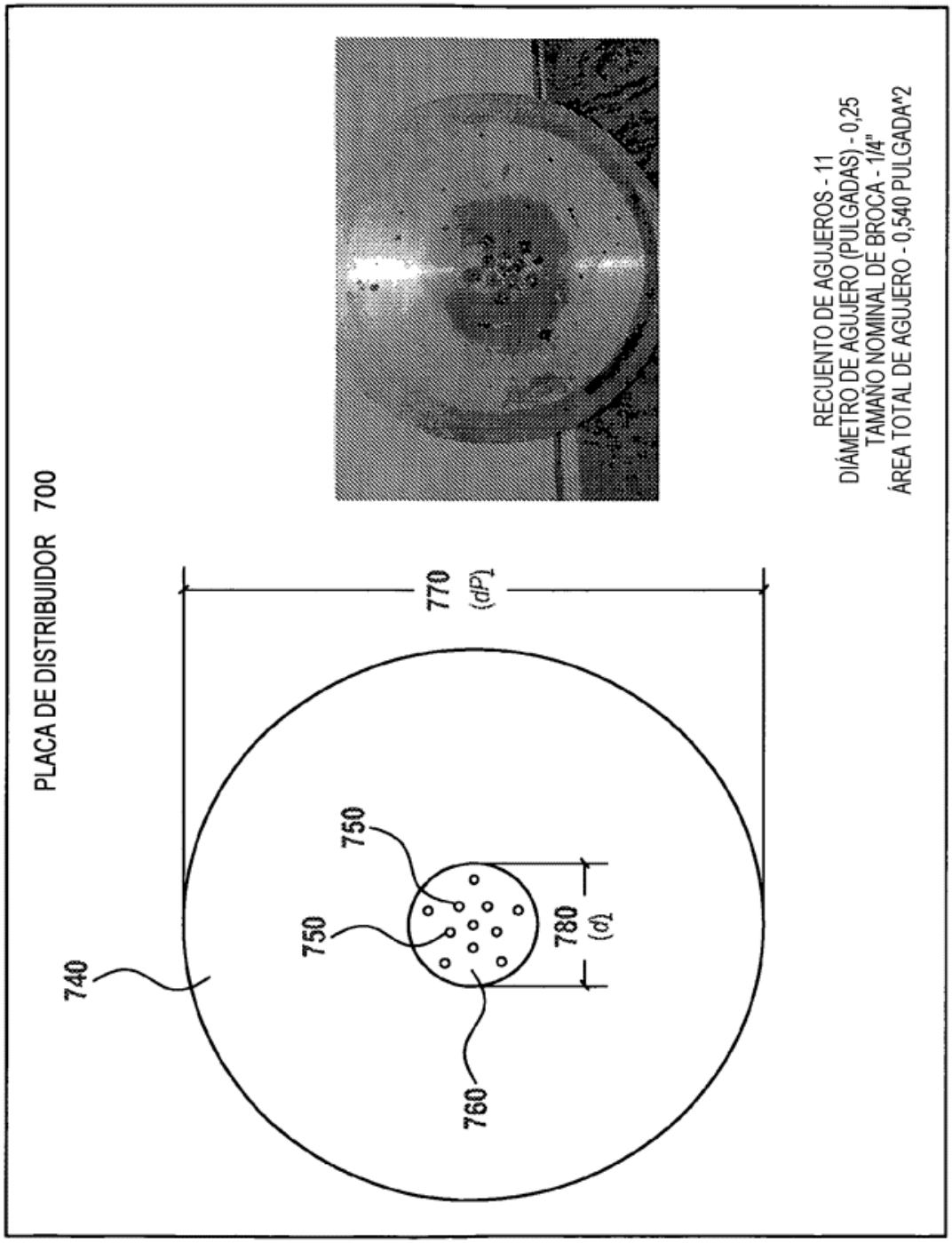
PLACA DE DISTRIBUIDOR 700
740
750
750
760
780
(d)
770
(dP)
RECUENTO DE AGUJEROS - 11
DIÁMETRO DE AGUJERO (PULGADAS) - 0,25
TAMAÑO NOMINAL DE BROCA - 1/4"
ÁREA TOTAL DE AGUJERO - 0,540 PULGADA^2

FIG. 7

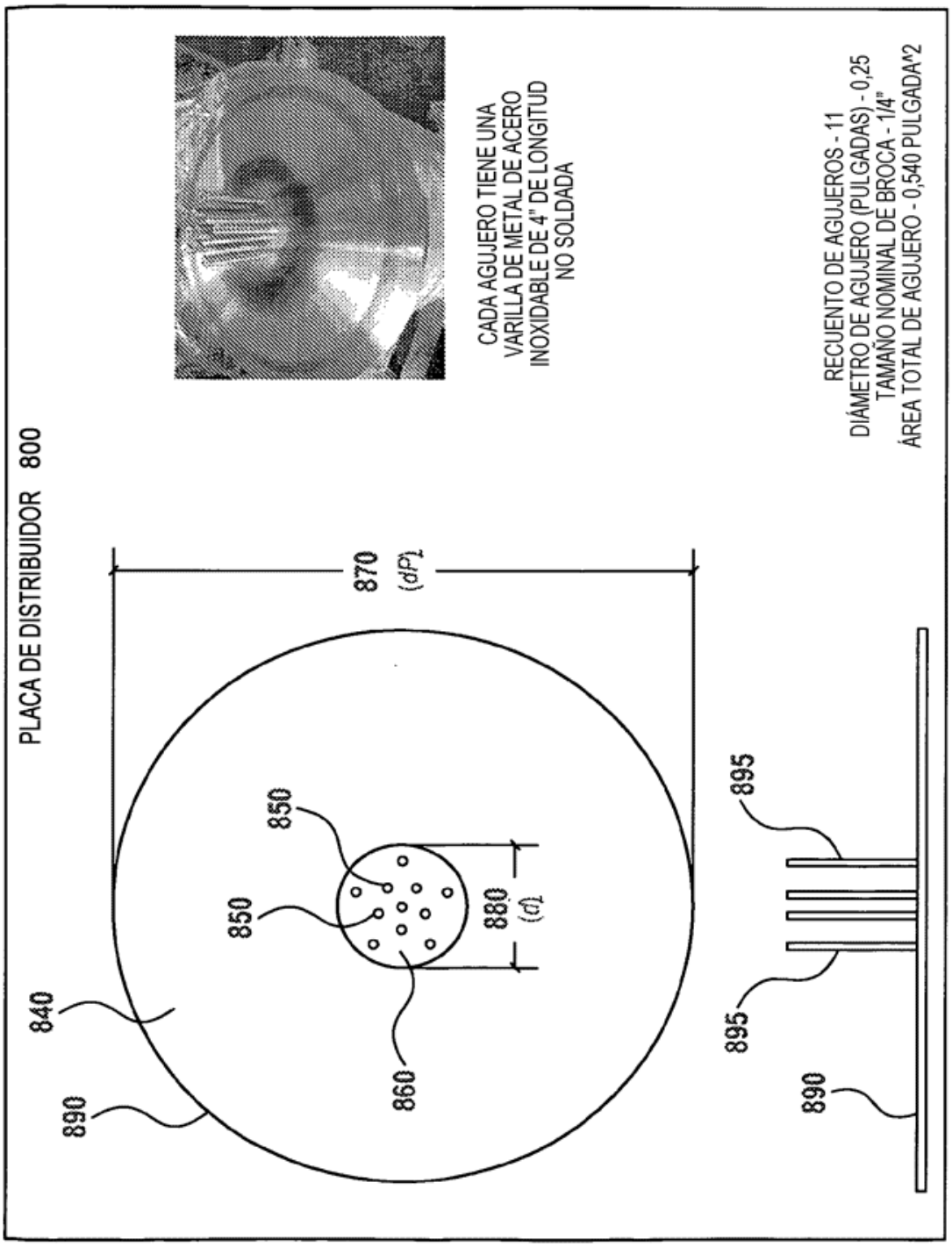
PLACA DE DISTRIBUIDOR 800
840
890
870
(dP)
850
850
880
(d)
860
895
895
890
CADA AGUJERO TIENE UNA VARILLA DE METAL DE ACERO INOXIDABLE DE 4" DE LONGITUD NO SOLDADA
RECUENTO DE AGUJEROS - 11
DIÁMETRO DE AGUJERO (PULGADAS) - 0,25
TAMAÑO NOMINAL DE BROCA - 1/4"
ÁREA TOTAL DE AGUJERO - 0,540 PULGADA^2

FIG. 8

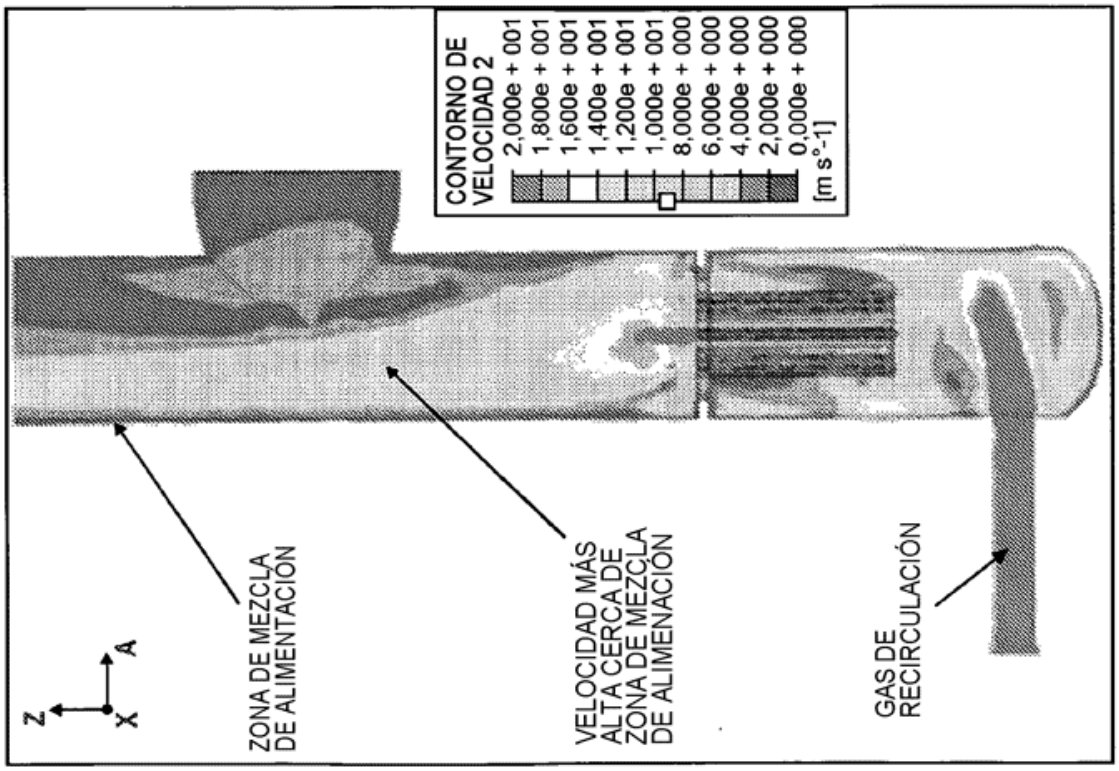
CONTORNO DE VELOCIDAD 2
2,000e + 001
1,800e + 001
1,600e + 001
1,400e + 001
1,200e + 001
1,000e + 001
8,000e + 000
6,000e + 000
4,000e + 000
2,000e + 000
0,000e + 000
[m s^-1]
Z
X
A
ZONA DE MEZCLA DE ALIMENTACIÓN
VELOCIDAD MÁS ALTA CERCA DE ZONA DE MEZCLA DE ALIMENACIÓN
GAS DE RECIRCULACIÓN

FIG. 9

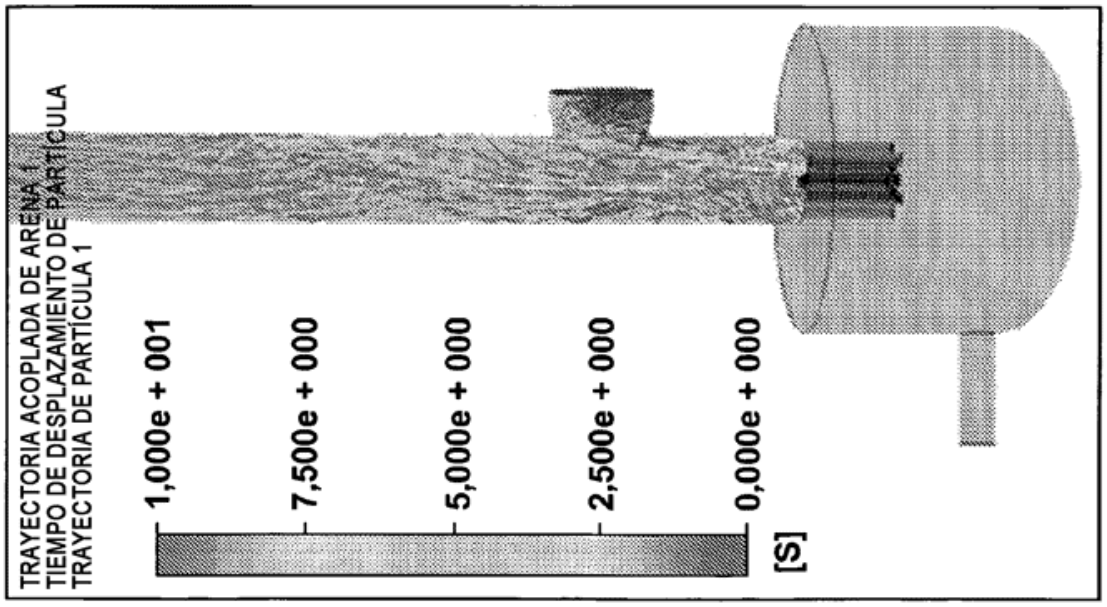
TRAYECTORIA ACOPLADA DE ARENA 1
TIEMPO DE DESPLAZAMIENTO DE PARTÍCULA
TRAYECTORIA DE PARTÍCULA 1
1,000e + 001
7,500e + 000
5,000e + 000
2,500e + 000
0,000e + 000
[S]

FIG. 10

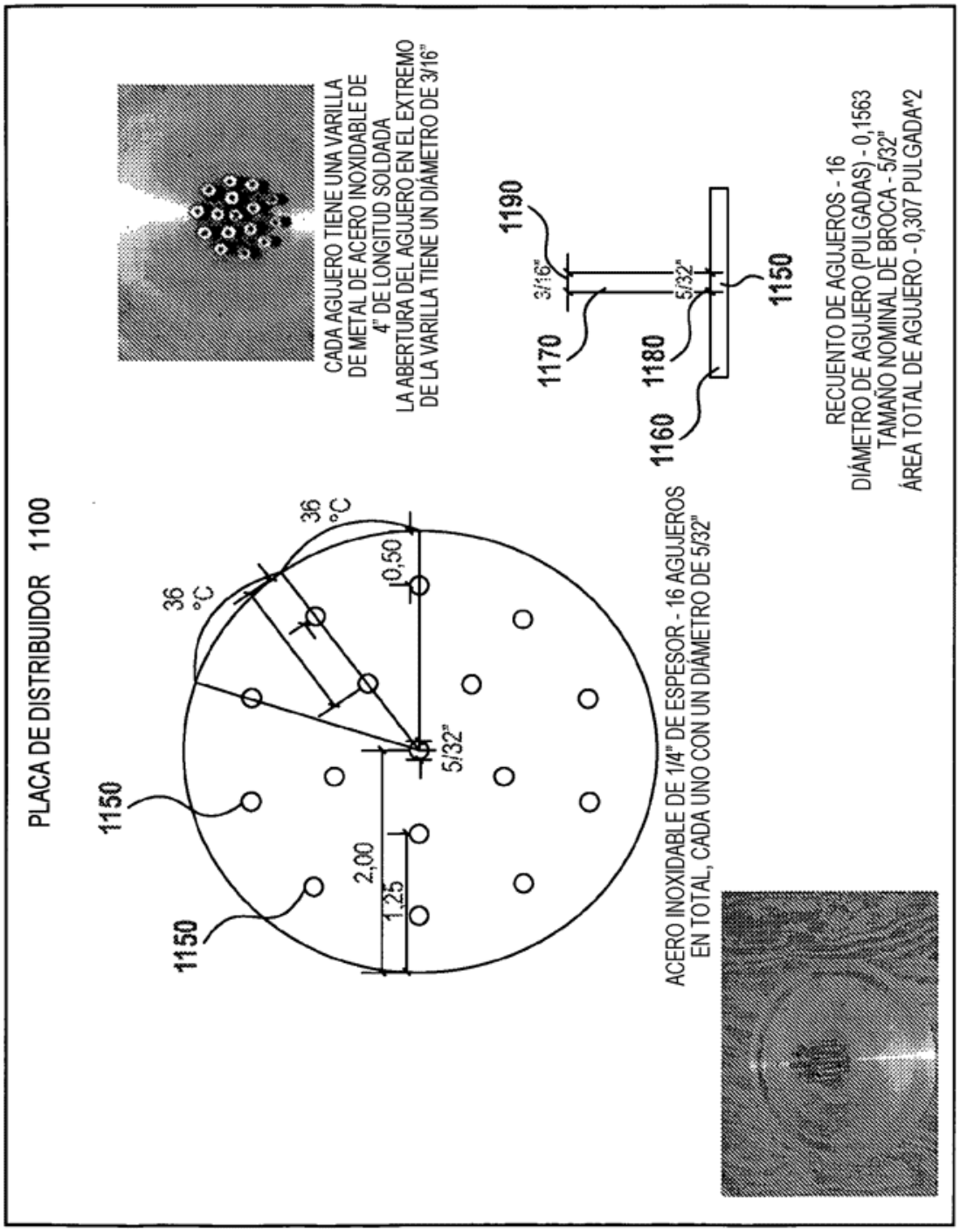
PLACA DE DISTRIBUIDOR 1100
1150
1150
36 °C
36 °C
2,00
1,25
0,50
5/32"
ACERO INOXIDABLE DE 1/4" DE ESPESOR - 16 AGUJEROS EN TOTAL, CADA UNO CON UN DIÁMETRO DE 5/32"
CADA AGUJERO TIENE UNA VARILLA DE METAL DE ACERO INOXIDABLE DE 4" DE LONGITUD SOLDADA LA ABERTURA DEL AGUJERO EN EL EXTREMO DE LA VARILLA TIENE UN DIÁMETRO DE 3/16"
1190
3/16"
1170
1180
5/32"
1160
1150
RECUENTO DE AGUJEROS - 16
DIÁMETRO DE AGUJERO (PULGADAS) - 0,1563
TAMAÑO NOMINAL DE BROCA - 5/32"
ÁREA TOTAL DE AGUJERO - 0,307 PULGADA^2

FIG. 11

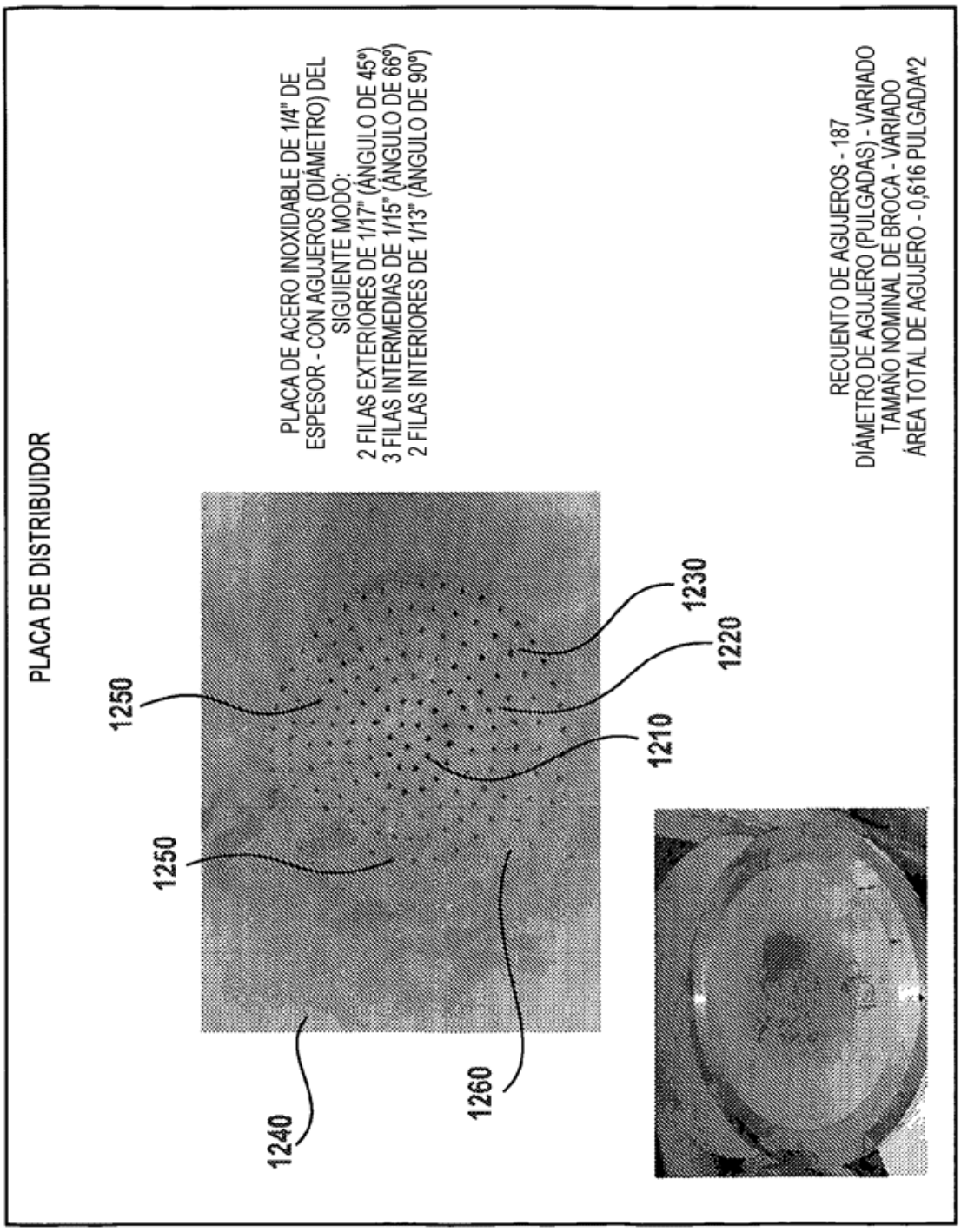
PLACA DE DISTRIBUIDOR
PLACA DE ACERO INOXIDABLE DE 1/4" DE ESPESOR - CON AGUJEROS (DIÁMETRO) DEL SIGUIENTE MODO:
2 FILAS EXTERIORES DE 1/17" (ÁNGULO DE 45°)
3 FILAS INTERMEDIAS DE 1/15" (ÁNGULO DE 66°)
2 FILAS INTERIORES DE 1/13" (ÁNGULO DE 90°)
RECUENTO DE AGUJEROS - 187
DIÁMETRO DE AGUJERO (PULGADAS) - VARIADO
TAMAÑO NOMINAL DE BROCA - VARIADO
ÁREA TOTAL DE AGUJERO - 0,616 PULGADA^2
1250
1250
1240
1260
1210
1230
1220

FIG. 12