

INTERCAMBIADOR DE CALOR PARA SECADO DE PRODUCTOS ALIMENTICIOS

CAMPO DE LA INVENCION

La presente invención se relaciona de manera general con
5 dispositivos dedicados al secado de productos alimenticios.
De manera más específica, la presente invención se relaciona
con intercambiadores de calor para generar aire caliente
limpio, utilizado en procesos de secado de productos
alimenticios industriales.

10

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

El secado de alimentos es una de las técnicas más antiguas,
utilizadas en la conservación de alimentos, que consiste en
eliminar el agua de un alimento, impidiendo así el
15 crecimiento microbiano y retardando o inhibiendo las
reacciones enzimáticas. Generalmente, se entiende por
deshidratación al proceso mediante la cual se elimina total o
parcialmente el agua de la sustancia que lo contiene, esto
tiene como ventaja la reducción de peso y volumen de los
20 alimentos que se deshidratan, consiguiendo así una importante
reducción de costos de transporte y almacenamiento.
Principalmente, la máxima reducción de volumen se consigue al
convertir alimentos líquidos en alimentos en polvo.

Uno de los métodos conocidos en la materia es el secado por aspersión, este es usado en soluciones líquidas para producir productos en polvo, por ejemplo; leche en polvo, queso en polvo, levadura en polvo, huevo en polvo, entre
5 otros, tales como la microencapsulación.

Los sistemas de secado por aspersión, generalmente, se componen por aire caliente, un dispositivo de rocío, una bomba para alimentar el líquido al atomizador, una cámara de secado, ciclones (separador de sólido-gas) y ventiladores
10 para hacer fluir el aire dentro del sistema. En este caso, para producir alimentos en polvo en sistemas de secado por aspersión, básicamente, el líquido es dispersado por un dispositivo rociador en finas gotas en aire muy caliente dentro de una cámara de secado para atomizar el producto,
15 debido al tamaño pequeño de las gotas y las altas temperaturas del aire, las gotas se convierten en partículas de polvos en cuestión de segundos. La temperatura del aire que ingresa a la cámara de secado depende de la materia prima que se vaya a procesar, sin embargo, estas cámaras de secado
20 necesitan que el aire ingrese a altas temperaturas para poder secar el producto con temperaturas de entre aproximadamente 180°C a 280°C.

Como es evidente, la generación de aire caliente es de las cosas más importantes en el proceso de transformación de

la materia prima líquida a productos en polvo. En estos casos, dependiendo del modo de calentamiento, existen diferentes métodos para calentar el aire que va a ingresar al sistema, el cual puede ser de forma directa o indirecta. El

5 calentamiento directo es mediante quemadores de combustible, el cual se ingresa una mayor cantidad de aire al sistema para que ocurra la combustión, de esta forma, se aprovecha al máximo la energía suministrada por el combustible y, de hecho, es el método más utilizado en la industria. Sin

10 embargo, el principal problema que tiene este método es que los gases de combustión se mezclan con el aire caliente que va a ingresar al sistema, por lo que esto puede presentar un inconveniente en la calidad del aire, además de que, el aire que ingresa para el secado entra más húmedo debido al agua

15 que se genera en la combustión y, dependiendo de la eficiencia del equipo quemador y composición del combustible, pueden arrastrarse contaminantes indeseados como NO_x, SO_x y hollín, que podrían afectar la calidad e inocuidad del producto alimenticio final.

20 Por otro lado, cuando se lleva a cabo el calentamiento indirecto para transferir la energía térmica de un fluido caliente (como agua caliente, vapor de agua o gases de combustión) al fluido para el proceso de secado, se tiene la ventaja de que la calidad de este fluido no se ve afectado.

En cambio, la eficiencia térmica se ve drásticamente afectada. Para lograr lo anterior, por lo regular se utilizan cámaras de combustión e intercambiadores de calor, en donde ambos componentes se encuentran en conjunto para calentar el
5 aire o fluido para el proceso de secado.

Actualmente, existen diferentes desarrollos tecnológicos sobre intercambiadores de calor dedicados al calentamiento del aire de manera indirecta, tales como; de plato, tubular, superficie raspada, tubos y coraza, de los cuales los de
10 mayor implementación en la industria son estos últimos debido a su relación costo-eficiencia.

En cuanto a la orientación de estos intercambiadores de tubos y coraza, comúnmente se colocan de manera horizontal, sin embargo, tienen el inconveniente de que ocupan un espacio
15 considerable en las áreas de trabajo, esta orientación se debe, principalmente, a que los intercambiadores de calor están sometidos a altas temperaturas y a condiciones de esfuerzos térmicos y mecánicos. Dependiendo del producto alimenticio que ingrese a la cámara de secado, la temperatura
20 del aire puede variar, que puede estar entre aproximadamente 200 a 250 °C y, en algunas veces, se requieren temperaturas mayores. Por ello, las deformaciones en los materiales durante su operación tienden a fallar sino se toman en cuenta

dichas deformaciones mecánicas y térmicas desde el inicio del diseño del equipo.

Por otra parte, los intercambiadores de calor de tubos y coraza, generalmente, se componen de una coraza, tapas y tuberías. La distribución tanto de los tubos como de los componentes son de gran relevancia, puesto que de estos depende tener una mejor transferencia de calor o eficiencia energética, una adecuada resistencia mecánica y tamaño del equipo, esta última característica es relevante para la industria en la toma de decisión para su adquisición.

Una mejora que se divulga en la presente invención consiste en un intercambiador de calor de tubos y coraza que comprende una cámara de combustión interna, donde la transferencia de calor entre fluidos (aire-aire) se realiza de manera indirecta. Debido a su diseño y configuración se obtienen valores de eficiencia de transferencia de calor de entre aproximadamente el 85% a 95%. Es decir, se logra obtener, a la salida del intercambiador de calor aire limpio y seco a altas temperaturas, el cual es utilizado para el secado de productos alimenticios. Otra mejora en la presente invención consiste en que el intercambiador de calor de tubos y coraza tiene una orientación vertical con cámara de combustión interna poco común en la industria, ya que estos comúnmente se colocan de manera horizontal ocupando mucho

espacio en el área de instalación. Es decir, el intercambiador de calor de tubos y coraza está diseñado para colocarse de forma vertical, permitiendo reducir las dimensiones del espacio ocupado en una planta industrial. Por
5 último, otra mejora en la presente invención consiste en un sistema de junta de dilatación flexible y una pluralidad de tubos flotantes que permite la expansión térmica de la cámara de combustión sin sobre esforzar los componentes. Además, permite que el sistema se pueda desacoplar completamente,
10 facilitando, en gran parte, las labores de mantenimiento, reparaciones y/o reemplazo de componentes del intercambiador de calor.

Para poder diferenciar el arte previo de la presente invención, se mencionan los siguientes desarrollos
15 tecnológicos ya conocidos:

La patente europea EP0415035B1 divulga un horno de cocción de convección forzada. Dicho horno comprende un ventilador de circulación de aire caliente y una pluralidad de conductos tubulares atravesados por los gases combustibles
20 de un quemador de gas o al menos un elemento de calentamiento eléctrico. El horno comprende un conducto interceptado por un elemento de ajuste y adaptado para poner en comunicación con el exterior la sala de cocción del horno, donde se disponen los alimentos a cocinar, para determinar un intercambio de

aire dentro de la misma sala, además de comprender un conducto adicional interceptado por un elemento de ajuste asociado e interconectado entre la cámara de cocción y el lado de descarga de los gases quemados que están circulando a través de los conductos tubulares.

Si bien es cierto que la patente norteamericana anterior también divulga una pluralidad de conductos tubulares por donde pasan los gases combustibles de un quemador de gas y debido a esto su transferencia de calor es de forma indirecta, ésta falla en divulgar o sugerir un intercambiador de calor con quemador interno, además no cuenta con una configuración de distribución del flujo de aire mediante deflectores o una configuración escalonada para una mejor eficiencia energética.

De igual manera la solicitud de patente japonesa JP2019184081A y coreana KR1536978B1 cuentan con un sistema de transferencia de calor de manera indirecta, pero fallan en divulgar que el intercambiador de calor comprenda un quemador interno con una configuración de distribución escalonada para tener una transferencia de calor homogénea, además de que su implementación es horizontal.

En el caso de la patente china CN201463260U que también cuenta con un sistema de transferencia de calor indirecto y con una serie de etapas de intercambiadores para obtener aire

caliente puro para alimentos, esta falla en divulgar una cámara de combustión en el centro del intercambiador con una orientación vertical y deflectores.

Por otra parte, la solicitud de patente coreana
5 KR20160044351A divulga un aparato de secado para residuos orgánicos que contienen una gran cantidad de humedad como residuos de alimentos, lodos de aguas residuales y aguas residuales o excrementos de ganado. El aparato de secado comprende: un cuerpo móvil que tiene una entrada y una salida
10 de los desechos en la parte delantera y trasera del mismo, y forma un tubo de tipo hueco para suministrar aire caliente utilizando un colector; un intercambiador de calor multitubular que está instalado de forma giratoria en una dirección longitudinal en el cuerpo móvil y utiliza un medio
15 de calor, y un tornillo tipo cinta que está dispuesto en espiral en una circunferencia exterior de una dirección longitudinal del intercambiador de calor y comprende paletas para elevar los desechos. El aparato de secado aumenta la eficiencia del secado al obtener un contacto uniforme con el
20 calor mientras transfiere las materias tratadas que fluyen a través de la entrada hacia la salida en el cuerpo móvil y luego dejan caer las materias tratadas de manera continua y repetitiva.

Si bien es cierto que la solicitud de patente coreana anterior también divulga un intercambiador de calor multitubular con una configuración para aumentar la eficiencia del secado a través de un contacto uniforme, esta
5 falla en divulgar que su orientación sea vertical, ya que las figuras muestran claramente que el equipo se encuentra en una orientación horizontal. Además, no describe que el calentador se ubique en el centro del intercambiador, puesto que al tener un calentador de esta manera se logra reducir espacio y
10 conseguir una mejor transferencia energética. Adicionalmente, el fluido a calentar no es aire, sino que es el mismo producto mezclado con líquido que fluye directamente sobre el intercambiador.

Al igual que la solicitud de patente anterior, la
15 patente china CN203642624U divulga un conjunto de matriz de tubos para la transferencia de calor, el cual este comprende palas para hacer fluir el material a secar. En este caso, falla en divulgar que el aparato tenga una orientación vertical debido a que cuenta con palas móviles para hacer
20 fluir y mover el producto, por lo que dicho fluido debe circular a través del conjunto de matriz de tubos para secarlo, lo cual dificulta tenerlo en una orientación vertical. Tampoco describe o divulga que cuenta con un

quemador central o una configuración escalonada para una transferencia de calor uniforme u homogénea.

La solicitud de patente japonesa JP2008039350A divulga un principio similar a las dos referencias anteriores, pero
5 en este caso divulga un par de tornillos encapsulados en una cámara que transportan el producto rodeado por un quemador para calentar el aire, el cual comprende un intercambiador de calor para calentar aire y depositarlo en los tornillos que contienen el producto. Sin embargo, falla en divulgar que el
10 calentador del intercambiador se ubique en su interior y comprenda una configuración escalonada para hacer fluir el medio como transferencia de calor.

La patente japonesa JP05153800B2 divulga un calentador de gas, una máquina generadora de aire caliente y un
15 generador de vapor. Si bien es cierto que dicho calentador de gas comprende un elemento calefactor en el centro del intercambiador de calor, pero falla en que el intercambiador se instale en una orientación vertical y no divulga o describe que los tubos tengan una configuración escalonada o
20 deflectores para redirigir el flujo de aire.

Existen intercambiadores con cierta configuración para redirigir el flujo de aire como es el caso de la solicitud de patente china CN107192252A, desafortunadamente no cuentan con calentadores en el interior del intercambiador de calor y

tienen orientación horizontal que por ende ocupan mucho espacio para su instalación.

Por último, existen intercambiadores de calor con orientación vertical como el de la patente china
5 CN201630196U, el cual divulga una secadora de granos a gas con un intercambiador de calor con haz de tubos, sin embargo, su calentador se encuentra dispuesto en la parte inferior del intercambiador de calor el cual no permite una distribución homogénea del calor sobre el haz de tubos y, en consecuencia,
10 no divulgan una configuración escalonada del flujo de aire. Técnicas similares se enseñan en la patente china CN205332663U en donde divulga un intercambiador de haz de tubos vertical modular, no obstante, no comprende una distribución específica del flujo de aire para transferir el
15 calor de manera homogénea y el calentador de aire no se encuentra en el centro del intercambiador.

Teniendo en cuenta las deficiencias de la técnica anterior, un objeto de la presente invención es proporcionar un intercambiador de calor de tubos y coraza con una cámara
20 de combustión interna para ser instalado de forma vertical y con un sistema de junta de dilatación flexible. Lo anterior, para obtener una mejor transferencia de calor entre fluidos de manera homogénea, consiguiendo así altas temperaturas para el calentamiento del aire de manera indirecta y con una

configuración de elementos internos en el intercambiador de calor capaces de proporcionar aire caliente limpio o puro con los estándares de calidad requeridos para el secado de productos alimenticios, así como, la reducción del espacio
5 requerido para su instalación en plantas industriales y su fácil mantenimiento.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

La presente invención se relaciona con un intercambiador
10 de calor de tubos y coraza, el cual comprende una cámara de combustión ubicada internamente en el centro del intercambiador de calor para calentar el aire de manera indirecta. El proceso de transferencia de calor se realiza entre dos fluidos, en donde en una modalidad preferida ambos
15 fluidos son aire. Además, comprende una junta de dilatación flexible, una tapa superior e inferior externa, una tapa superior e inferior interna, un espejo de tubos superior e inferior, al menos un quemador de gas, al menos un ventilador auxiliar, una pluralidad de tubos, al menos dos corazas, dos
20 conductos de entrada de fluido y dos conductos de salida de fluido. En dichos conductos, los fluidos fluyen de forma independiente, para diferenciarlos de aquí en adelante, se nombran como; "fluido de servicio", que es el aire utilizado como medio de calentamiento con gases de combustión y "fluido

de secado", que es el aire del ambiente, en donde antes de entrar al intercambiador de calor, primero pasa por un deshumidificador para que entre lo más seco posible y se obtenga aire seco caliente al final del recorrido, el cual es
5 enviado a una unidad de atomización o alguna otra etapa para el secado de productos alimenticios. Los productos alimenticios pueden ser alimentos en líquido dispersado en finas gotas o en pequeñas partículas sólidas o cualquier otro alimento acondicionado para ser secado por el aire caliente
10 generado por el intercambiador de calor.

Básicamente, la función del intercambiador de calor es transferir energía térmica de un medio a otro sin transferencia de materia, en este caso, la transmisión de calor se lleva a cabo principalmente por conducción y
15 convección. Para ello, el fluido de servicio ingresa por el conducto de entrada de servicio del intercambiador de calor a una temperatura de entre 1000°C a 1300°C, dicha temperatura también puede variar dependiendo del combustible utilizado. La temperatura se obtiene tras la combustión de gas natural
20 en el quemador, liberando así energía térmica, debido a esto, la mezcla de gases de combustión fluyen por el interior de la pluralidad de tubos del intercambiador de calor para transferir calor a la superficie de estos, por lo que el fluido de servicio sale por el conducto de salida de servicio

a una temperatura de entre aproximadamente 150°C a 180°C; por otro lado, el fluido de secado ingresa por el conducto de entrada de secado del intercambiador de calor a una temperatura de entre aproximadamente 25°C a 30°C, en donde este adquiere energía térmica al estar en contacto con la superficie de la pluralidad de tubos durante el recorrido por la trayectoria en zigzag y sale por el conducto de salida de secado a una temperatura de entre aproximadamente 150°C a 300°C, estas temperaturas varían dependiendo del requerimiento y la variación de flujo del fluido de secado que ingresa por el conducto de entrada de secado del intercambiador de calor. Esta transferencia de calor se produce debido a que el calor como energía fluye de la región con mayor temperatura (fluido de servicio) a la de menor temperatura (fluido de secado), de esta manera se provoca un incremento de la temperatura final del fluido de secado que tiene menor temperatura. El incremento de temperatura es mayor si se aumenta el flujo de calor hacia el fluido de secado que se encuentra a una menor temperatura o disminuye la temperatura si se reduce el flujo de calor hacia el fluido de secado que se encuentra a una menor temperatura. Mediante este funcionamiento y la distribución de los elementos internos del intercambiador de calor, este es capaz de proporcionar aire caliente limpio o puro con los estándares

de calidad requeridos para el secado de productos alimenticios.

Al tener un intercambiador de calor de aire como medio de transferencia de calor y una junta de dilatación flexible
5 con materiales para que prevalezcan en su zona elástica, permite que pueda ser instalado en una orientación vertical, reduciendo de esta manera, el espacio o área para su instalación en plantas industriales, así como, facilitar las tareas de mantenimiento.

10 Otros objetos, ventajas y aspectos novedosos de la invención serán evidentes a partir de la siguiente descripción detallada junto con los dibujos acompañantes.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

15 Los aspectos que se consideran característicos de la presente invención se establecerán con particularidad en las reivindicaciones anexas. Sin embargo, la invención misma, tanto por su organización como por su método de operación, juntamente con otros objetos y ventajas de esta, se
20 comprenderán mejor en la siguiente descripción, cuando se lea en relación con los dibujos que se acompañan, por lo que se pretende ilustrar algunas de dichas modalidades y no limitar la invención, en los cuales:

La **Figura 1** es una vista en perspectiva frontal lateral izquierda que muestra la modalidad preferida de un intercambiador de calor de tubos y coraza de la presente invención.

5 La **Figura 2** es una vista plana en elevación frontal que muestra el interior del intercambiador de calor y la distribución de los elementos, de acuerdo con la modalidad preferida de la presente invención.

La **FIGURA 3A** es una vista plana en elevación frontal que
10 muestra la junta de dilatación flexible a detalle, de acuerdo con la modalidad preferida de la presente invención.

La **FIGURA 3B** es una vista en perspectiva superior del interior del intercambiador de calor que muestra la distribución de la pluralidad de tubos alrededor de la cámara
15 de combustión y, en su parte superior de esta, se encuentra la junta de dilatación flexible, de acuerdo con la modalidad preferida de la presente invención.

La **FIGURA 3C** es una vista plana en elevación frontal de la parte inferior del intercambiador de calor a detalle, que
20 muestra el conducto de entrada para el fluido de secado y la tolerancia de la pluralidad de tubos configurados de manera flotante, de acuerdo con la modalidad preferida de la presente invención.

La **FIGURA 4A** es una vista en perspectiva que muestra, de manera detallada, la pluralidad de tubos y deflectores del intercambiador de calor, de acuerdo con la modalidad preferida de la presente invención.

5 La **FIGURA 4B** es una vista plana en acercamiento de la parte superior que muestra, de manera detallada, la distribución triangular (escalonado) de la pluralidad de tubos en el interior del intercambiador de calor, de acuerdo con la modalidad preferida de la presente invención.

10 La **FIGURA 5A** muestra la trayectoria del flujo del fluido de servicio dentro del intercambiador de calor, de acuerdo con la modalidad preferida de la presente invención.

La **FIGURA 5B** muestra la trayectoria del flujo del fluido de secado dentro del intercambiador de calor, de acuerdo con
15 la modalidad preferida de la presente invención.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

En tanto que la presente invención está ilustrada con referencia a un intercambiador de calor para el secado de
20 productos alimenticios que tiene una configuración particular y contiene características particulares, la presente invención no está limitada a esta configuración o a esas características, y se pueden utilizar otras configuraciones y características.

De manera similar, en tanto que la descripción de la presente invención es detallada y exacta para permitir que aquellos con experiencia en la técnica sean capaces de realizar la invención, la invención puede presentarse o incorporarse en otras estructuras además de la estructura ilustrativa mostrada. El alcance de la invención está definido en las reivindicaciones anexas a la presente.

Haciendo referencia a la Figura 1, se muestra la modalidad preferida del intercambiador de calor de tubos y coraza 1 de la presente invención, que tiene elementos capaces de transferir calor entre dos fluidos obteniendo valores de eficiencia de entre aproximadamente el 85% a 95%. En una modalidad preferida los fluidos son aire-aire, estos no se mezclan ya que entran al intercambiador de calor 1 de forma independientes, es decir, no hay transferencia de materia, por lo que la transmisión de calor se lleva a cabo, principalmente, por conducción y convección. En otras palabras, la transferencia de calor se realiza de forma indirecta, por lo cual se obtiene a la salida del intercambiador de calor 1 aire caliente limpio a altas temperaturas con los estándares de calidad sanitarios requeridos para la industria alimentaria, farmacéutica, etc.

La Figura 1 muestra la forma exterior del intercambiador de calor de tubos y coraza 1 que comprende, en parte, una

coraza interior **2** y una coraza exterior **3**, un conducto de entrada de servicio **4** y un conducto de salida de servicio **5** para que comunique de manera fluida un fluido de servicio, un conducto de entrada de secado **6** y un conducto de salida de secado **7** para que comunique de manera fluida un fluido de secado. Adicionalmente, muestra una pluralidad de soportes **8** para soportar el intercambiador de calor **1** en una posición vertical, una tapa inferior **9** y superior **10** externa.

La Figura **2** muestra el interior del intercambiador de calor **1**, en donde además de los elementos de la parte exterior mencionados en la Figura **1**, el intercambiador de calor comprende una tapa inferior **11** y superior **12** interna, un espejo de tubos inferior **13** y superior **14**, una junta de dilatación flexible **15**, una pluralidad de tubos **16** por donde fluye el fluido de servicio, una pluralidad de deflectores **17** para redirigir el fluido de secado, una cámara de combustión **18** ubicada en el centro del intercambiador de calor **1**, en donde se realiza la combustión.

Las Figuras **3A** y **3B** muestran a detalle una junta de dilatación flexible **15**, la cual se encuentra acoplada en la parte superior de la cámara de combustión, en donde la junta de dilatación flexible **15** permite absorber las dilataciones térmicas de este mismo, además está diseñado para ser remplazado por uno nuevo, en caso de que sus condiciones de

operación no sean las adecuadas, es decir, se puede cambiar por deterioro o por alguna otra falla en su operación. La junta de dilatación flexible **15** está fabricada de un acero inoxidable o cualquier otro material que cuente con propiedades mecánicas y pueda trabajar en su límite elástico con el objeto de llevar a cabo una dilatación flexible, capaz de resistir temperaturas de hasta aproximadamente 1150°C y a cargas variables cíclicas para evitar fatiga en el material, en una modalidad preferida, la junta de dilatación flexible **15** está fabricada de un tipo de acero inoxidable 310S.

Por otro lado, en la Figura **3C** se muestra la parte inferior a detalle tanto de la pluralidad de tubos **16** como la cámara de combustión **18**, en donde la pluralidad de tubos **16** y la cámara de combustión **18** están diseñados para no permanecer completamente fijos en su extremo inferior, es decir, se mantienen flotantes con una cierta tolerancia, permitiéndole así al material de la junta de dilatación flexible **15** expandirse libremente, consecuencia de la dilatación térmica.

Con respecto a las Figuras **4A** y **4B** se muestra la distribución de la pluralidad de tubos **16**, los cuales rodean en paralelo a la cámara de combustión **18** en una orientación vertical. La pluralidad de tubos **16** está distribuida de forma radial con respecto al centro de la cámara de combustión **18** y en un arreglo triangular o escalonado **20** como se muestra en

la Figura **4B**. Cabe mencionar que, la distribución escalonada **20** de la pluralidad de tubos **16** permite tener una mayor área de contacto entre los fluidos para la transferencia de calor y hace que el flujo del fluido sea más turbulento.

5 Cada uno de los espejos de tubos (**13**, **14**) comprende una pluralidad de orificios que corresponde con la cantidad de tubos de la pluralidad de tubos **18**, en donde cada tubo de la pluralidad de tubos **16** se acopla con cada orificio de la pluralidad de orificios tanto en el espejo de tubos inferior
10 **13** como con el espejo de tubos superior **14**. Además, cada espejo de tubos comprende un orificio en su centro, en donde el orificio del espejo de tubos superior **14** se acopla con la junta de dilatación flexible **15** y el orificio del espejo de tubos inferior **13** se acopla con el diámetro de la parte
15 inferior de la cámara de combustión **18**.

Por otra parte, el espejo de tubos superior **13** comprende una pluralidad de medios de sujeción **21** acomodados de manera circunferencial a la mitad de este, en forma de anillo, para dividir en dos conjuntos la pluralidad de tubos **16**, donde
20 dicha pluralidad de medios de sujeción **21** permite sujetar la tapa superior interna **12**. Lo anterior permite que, el fluido de servicio fluya de forma descendente en un primer conjunto de tubos de la pluralidad de tubos **16** y luego en un segundo conjunto de tubos de la pluralidad de tubos **16** fluye el

fluido de servicio de forma ascendente para dirigirlo al conducto de salida de servicio **5**, el cual sale a una temperatura de entre aproximadamente 150°C a 180°C. Esta configuración permite integrar la cámara de combustión **18** en la parte central del intercambiador de calor **1**, manteniéndolo refrigerado y con un perfil de temperatura más homogéneo.

Cabe destacar que, la orientación vertical del intercambiador calor **1** ayuda a realizar determinadas tareas de mantenimiento tanto correctivo como preventivo para prolongar su vida útil, de igual manera, el diseño de la mayoría de los elementos del intercambiador de calor **1** permiten desacoplarse fácilmente para llevar a cabo el mantenimiento, la limpieza y la reparación. En este caso, para poder acceder al interior del intercambiador de calor, las tapas internas y externas tanto superiores como inferiores (**9, 10, 11, 12**) están dispuestas para removerse o quitarse, con la finalidad de extraer completamente la pluralidad de tubos **16** y la cámara de combustión **18**, evitando así el problema que existe en los intercambiadores de calor que tienen una distribución de tubos escalonada, con orientación horizontal y que se encuentran completamente sellados, en los cuales es difícil ingresar en el interior del mismo para realizar tareas de mantenimiento.

Continuando con la Figura **4A** se muestra la pluralidad de deflectores **17** que redirigen la trayectoria del flujo del fluido de secado dentro del intercambiador de calor, cada deflector de dicha pluralidad de deflectores **17** se posiciona a cierta distancia **22** a lo largo de la pluralidad de tubos **16**, permitiendo que el fluido de secado pase de manera perpendicular por la superficie de la pluralidad de tubos **16** y que exista mayor tiempo de contacto para la transferencia de calor por convección. La transferencia de calor por convección es efectiva de acuerdo con los resultados obtenidos de un análisis realizado para conocer su comportamiento, en donde los valores del número de Nusselt (Nu) oscilan entre aproximadamente 52 a 504, dependiendo de donde se realiza el balance de energía. De acuerdo con lo anterior, en una modalidad preferida, el intercambiador de calor **1** comprende ocho deflectores, con los cuales se obtienen buenos resultados de eficiencia energética.

Ahora bien, para llevar a cabo la generación de aire caliente, el intercambiador de calor **1** se conecta e interactúa con equipos ya conocidos en el arte, tales como: un difusor de aire de la cámara de secado, un sistema de control, una chimenea, un quemador a gas, un ventilador auxiliar y un deshumidificador de aire, entre otros. Tanto el quemador a gas como el ventilador auxiliar se conectan al

acoplador **19** del conducto de entrada de servicio **4** de la cámara de combustión **18**.

El quemador a gas es la fuente de energía térmica, el cual calienta el fluido de secado de manera indirecta. Dicha
5 combustión requiere de combustible, oxígeno y fuego o una chispa para activarlo, en donde en el interior de la cámara de combustión **18** se quema gas natural o algún otro tipo de combustible para generar una corriente de aire caliente mezclado con los gases de combustión, el fluido generado por
10 la combustión corresponde al fluido de servicio, que es usado como medio calefactor, en donde el ventilador auxiliar acoplado a la cámara de combustión **18** genera un caudal de aire controlado para que se lleve a cabo el proceso de combustión. Es decir, en el proceso de combustión el
15 ventilador auxiliar regula la cantidad de aire requerido para mantener una adecuada combustión dado que la inyección de combustible es variable, esto con la finalidad de controlar la energía suministrada y tener la temperatura requerida del fluido de secado a la salida del intercambiador de calor **1**.
20 Dado lo anterior, se monitorean y regulan ciertas variables, por ejemplo; el caudal que suministra el ventilador del fluido de secado, la cantidad de combustible y la temperatura del fluido de secado, es decir, el caudal se relaciona con la capacidad de secado, dependiendo de este caudal y la

temperatura requerida, el sistema de control automático regula la entrada de combustible para obtener las condiciones requeridas.

Las variables anteriores pueden variar dependiendo de los requerimientos establecidos para cada producto alimenticio, es decir, deben cumplir ciertas condiciones de acuerdo con el producto alimenticio o materia prima a secar. A manera de ejemplo, para producir leche en polvo, es necesario que el fluido de secado ingrese a la cámara de secado a una temperatura de entre aproximadamente 180°C a 235°C, en cambio, para pulverizar aceites vegetales, el fluido de secado debe ingresar a la cámara de secado a una temperatura de entre aproximadamente 200° a 280 °C.

Continuando con las Figuras **5A** y **5B**, éstas muestran la trayectoria del fluido de servicio **23** y el fluido de secado **24** dentro del intercambiador de calor **1**, respectivamente. El fluido de servicio **23** ingresa por el conducto de entrada de servicio **4** al interior de la cámara de combustión **18** para ser calentado por el quemador a gas a una temperatura de entre aproximadamente 1000°C a 1300°C, que puede variar dependiendo del combustible empleado. Cabe destacar que, al tener la cámara de combustión **18** ubicada en el centro del intercambiador de calor **1**, la transferencia de calor se da de manera homogénea, el cual aprovecha la energía térmica

generada en la cámara de combustión **18**. Mediante un sistema de inyección modulante (no mostrado en las figuras), la temperatura del fluido de servicio se mantiene fija dependiendo de la relación de la corriente de aire de combustión preestablecido y al combustible utilizado, en otras palabras, se regula la cantidad de fluido de servicio **23** que ingresa al conducto de entrada de servicio **4** del intercambiador de calor **1**, por ejemplo; si se requiere menos temperatura para el fluido de servicio **23** se inyecta menos cantidad de gas y, por ende, menos aire de combustión que es generado por el ventilador auxiliar, esto para mantener la relación aire/gas y asegurar un buen quemado del combustible, de esta forma se reduce la cantidad de energía térmica del fluido de servicio **23**, en caso contrario, si se requiere mayor temperatura para el fluido de servicio **23** se inyecta mayor cantidad de gas y, por ende, mayor aire de combustión que es generado por el ventilador auxiliar, de esta forma se aumenta la cantidad de energía térmica del fluido de servicio **23**. Es decir, para obtener la temperatura deseada se controla la cantidad de calor o energía térmica que ingresa al intercambiador de calor **1**, mediante el fluido de servicio **23** que, a su vez, es transferido al fluido de secado **24** de manera indirecta.

El ventilador auxiliar impulsa el fluido de servicio **23** para que fluya por la cámara de combustión **18** y sea llevado hasta la parte superior de la cámara de combustión **18** hasta chocar con la tapa superior interna **12**, en donde la tapa superior interna **12** sirve para redirigir y distribuir el fluido de servicio **23**, el cual entra en el interior de los tubos del primer conjunto de tubos de la pluralidad de tubos **16** que se encuentran distribuidos radialmente alrededor de la cámara de combustión **18**. Una vez que el fluido de servicio **23** se encuentra hasta la parte inferior vuelve a chocar con la tapa inferior interna **11**, la cual de manera análoga redirige y distribuye el fluido de servicio **23**, el cual entra en el interior de los tubos del segundo conjunto de tubos de la pluralidad de tubos **16**, en donde lo conduce hasta la parte superior del intercambiador de calor **1** para ser alojado en el espacio creado entre las dos tapas superiores interna y externa (**12**, **10**), posteriormente es expulsado por el conducto de salida servicio **5** el cual está conectado a una chimenea, en donde sale a una temperatura de entre aproximadamente 150°C a 180°C. Durante este recorrido del fluido de servicio **23** va transfiriendo calor a la pluralidad de tubos **16** y, estos a su vez, transfieren el calor al fluido de secado **24** de manera indirecta.

Adicionalmente, el ventilador auxiliar permite vencer las pérdidas de presión por la fricción del aire en la pluralidad de tubos **16**, de esta forma se mantienen las condiciones de presión y velocidad de aire requeridas para una adecuada combustión del combustible.

Por otro lado, de manera simultánea al recorrido del fluido de servicio **23**, el aire del fluido de secado **24** ingresa al conducto de entrada de secado **6** que se encuentra en la parte superior del intercambiador de calor **1** a una temperatura de entre aproximadamente 25°C a 30°C, en donde empieza el recorrido del fluido de secado **24** desde una posición superior hasta una posición inferior, dicho recorrido se realiza en forma de zigzag (como se muestra en la figura **5B**) debido al uso de los deflectores durante el recorrido, que obligan a que el fluido de secado permanezca en constante cambio de dirección sobre la superficie de la pluralidad de tubos **16**, lo anterior con la finalidad de aumentar la turbulencia y el contacto con la superficie de la pluralidad de tubos **16** para obtener una mejor transferencia de calor. Una vez que el fluido de secado llega a la parte inferior del intercambiador de calor **1**, este pasa a través de un agujero hacia la coraza exterior, a través de la cual, asciende y se descarga o sale por el conducto de salida de secado **7** a una temperatura de entre aproximadamente 150°C a

300°C, estas temperaturas varían dependiendo del requerimiento y la variación de flujo del fluido de secado **24** que ingresa por el conducto de entrada de secado **6** del intercambiador de calor **1**. Esta transferencia de calor se produce debido a que el calor como energía fluye de la región con mayor temperatura (fluido de servicio) a la de menor temperatura (fluido de secado), de esta manera se provoca un incremento de la temperatura del fluido de secado que tiene menor temperatura. El incremento de temperatura es mayor si se aumenta el flujo de calor hacia el fluido de secado que se encuentra a una menor temperatura o disminuye la temperatura si se reduce el flujo de calor hacia el fluido de secado que se encuentra a una menor temperatura.

Cabe señalar que, el fluido de secado **24**, antes de entrar al conducto de entrada de secado **6**, primero pasa por un deshumidificador (no mostrado en estas figuras), en donde unos filtros del deshumidificador retienen el material particulado de hasta 20 micras que se encuentran en el aire ambiente y, al mismo tiempo, lo seca o le quita la humedad para que pueda entrar lo más seco posible al intercambiador de calor **1**, esto con la finalidad de hacer más eficiente el proceso de secado.

Como puede apreciarse, la presente invención ha resuelto los problemas convencionales de este tipo de intercambiadores de calor.

Las modalidades específicas discutidas en este documento son simplemente ilustrativas de formas específicas en las que realizar y usar la invención, y no deben interpretarse como limitantes del alcance de la presente invención. Varias modificaciones de las modalidades descritas, así como modalidades alternativas de la invención, resultarán evidentes para los expertos en la técnica al hacer referencia a la descripción de la invención.

Si bien esta invención se ha mostrado y descrito particularmente con referencias a ejemplos de modalidades de la misma, los expertos en la técnica entenderán que se pueden realizar varios cambios en la forma y detalles sin apartarse del alcance de la invención abarcada por las reivindicaciones adjuntas.

Los expertos en la técnica también deberían darse cuenta de que tales construcciones equivalentes no se apartan del espíritu y alcance de la invención tal como se establece en las reivindicaciones adjuntas.