

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 672 694**

51 Int. Cl.:

F24F 3/14 (2006.01)

F24F 11/00 (2008.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **12.09.2012 PCT/IN2012/000609**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **21.03.2013 WO13038428**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.09.2012 E 12775846 (4)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.03.2018 EP 2764296**

54 Título: **Aparato y procedimiento para el control de deshumidificadores con desecante sólido**

30 Prioridad:

12.09.2011 IN 2629DE2011

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

15.06.2018

73 Titular/es:

**BRY-AIR (ASIA) PVT. LTD. (100.0%)
20, Rajpur Road
Delhi 110 054, IN**

72 Inventor/es:

**PAHWA, DEEPAK;
GRIFFITHS, WILLIAM, CHARLES;
SACHDEV, RAJAN y
MALIK, KULDEEP SINGH**

74 Agente/Representante:

CURELL AGUILÁ, Mireia

ES 2 672 694 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Aparato y procedimiento para el control de deshumidificadores con desecante sólido.

5 Campo de la invención

La presente invención se refiere de manera general a sistemas de control de deshumidificadores con desecante. En particular, la presente invención se refiere a deshumidificadores con desecante sólido que utilizan un rotor (comúnmente denominado rueda) para deshumidificar una corriente de aire de proceso. La invención proporciona un aparato novedoso para el control de deshumidificadores con desecante y un procedimiento mejorado de control de dichos deshumidificadores, y también deshumidificadores provistos de dichos sistemas de control.

15 Antecedentes de la invención

La deshumidificación es un procedimiento de eliminar humedad ambiental del aire. Se conocen varios procedimientos de deshumidificación de aire. Sin embargo, los dos procedimientos más comunes utilizan refrigeración y desecantes. En el procedimiento de deshumidificación basado en refrigeración, se hace que se condense la humedad ambiental en un serpentín refrigerante, eliminando así la humedad ambiental de una corriente de aire que pasa sobre el serpentín refrigerante. En la deshumidificación basada en desecante, el procedimiento empleado para la deshumidificación utiliza absorción o adsorción. Un procedimiento basado en absorción utiliza desecantes o bien líquidos o bien sólidos, mientras que un procedimiento basado en adsorción utiliza desecantes sólidos tales como gel de sílice, alúmina activada, tamiz molecular, etc.

Los sistemas de deshumidificadores basados en desecante pueden ser de tipo de doble torre, de tipo cíclico o de tipo de rotación continua. El aire que va a secarse se denomina generalmente aire de proceso y el aire utilizado para regenerar el desecante se denomina aire de regeneración o de reactivación.

Los sistemas de deshumidificación basados en refrigeración están limitados en cuanto a la humedad ambiental que pueden eliminar. Esto se debe a que, por debajo de una determinada humedad de punto de rocío, se produce la congelación del serpentín refrigerante, requiriendo por tanto un ciclo de descongelación que hace que el sistema sea más complejo. Cuando se seca el aire hasta la humedad requerida, con frecuencia está demasiado frío para el procedimiento o espacio deshumidificado. Como resultado, este aire tiene que someterse a un procedimiento de recalentamiento para aumentar la temperatura del mismo hasta el nivel deseado antes de la utilización.

Por otro lado, los sistemas de deshumidificadores con desecante secan el aire sin enfriarlo y por tanto pueden alcanzar puntos de rocío muy bajos que son necesarios para muchas aplicaciones industriales, sin los problemas de helado o congelación. Ejemplos comunes de utilización de deshumidificador con desecante son en el campo farmacéutico para la producción de fármacos, zonas de procesamiento de alimentos y una amplia variedad de procesos de fabricación que requieren aire a humedad relativa o puntos de rocío menores que los que pueden lograrse desde el punto de vista técnico o económico utilizando refrigeración sola.

La mayoría de los deshumidificadores con desecante están generalmente compuestos por un alojamiento que define dos o más conjuntos de cámaras (comúnmente denominadas sectores) de manera que pueden hacerse pasar dos o más corrientes de aire diferenciadas a través de la rueda. La rueda contiene un gran número de pequeños pasos dispuestos axialmente de modo que pueden hacerse pasar dos o más corrientes de aire a través de la rueda sin mezclado cruzado significativo. Las paredes de los pasos están impregnadas con el desecante, proporcionando una gran área de contacto entre el desecante y las corrientes de aire que pasan a través del mismo. Una primera corriente de aire (la corriente de aire de proceso) se hace pasar a través de la rueda y se deshumidifica mediante el desecante impregnado en la rueda. Una segunda corriente de aire (la corriente de aire de reactivación) se calienta y se hace pasar a través de la rueda para expulsar la humedad ambiental absorbida o adsorbida en el sector de proceso. La rueda se hace rotar de manera continua entre los sectores de proceso y de reactivación de modo que la deshumidificación de aire de proceso es un procedimiento continuo. Pueden hacerse pasar una o más corrientes de aire adicionales a través de la rueda para mejorar el rendimiento de deshumidificación y/o reducir los requisitos de energía del deshumidificador.

Los deshumidificadores con desecante utilizan una cantidad considerable de energía calorífica para regenerar o reactivar el desecante. Por consiguiente, a lo largo de los años, se ha prestado una atención significativa a intentos por minimizar la cantidad de energía calorífica requerida. Normalmente, estos esfuerzos se han centrado en mejoras en la configuración del/de los lecho(s) de desecante o la rueda, y las estrategias de control para controlar la capacidad del sistema de deshumidificador con desecante en respuesta a la carga de humedad ambiental en el espacio controlado, o el aire de proceso. El documento de publicación de patente estadounidense US 2008/108295 A1 da a conocer un aparato para el control de un deshumidificador con desecante sólido giratorio según el preámbulo de la reivindicación 1.

La publicación de patente estadounidense número US 2010/0031528 A1 divulga un procedimiento para controlar el contenido en humedad ambiental de un gas de suministro que se utiliza para secar un producto. El procedimiento descrito en este documento comprende calentar el gas de suministro si se requiere, determinar su temperatura y contenido en humedad ambiental, y después ponerlo en contacto con una rueda desecante rotatoria, y recuperar el gas de suministro deshumidificado. La rotación de la rueda desecante se controla utilizando los datos relacionados con la temperatura de gas y el contenido en humedad ambiental en combinación con la isoterma de sorción correspondiente del desecante. Este documento estipula la utilización de un bucle cerrado de vapor supercalentado como medio de regeneración con el fin de reducir el alto consumo de energía de la regeneración de zeolita. Aunque el documento se refiere a la utilización de un transmisor de presión para monitorizar y garantizar un flujo de gas constante por el ventilador y un transmisor especial para medir el contenido en humedad ambiental del gas de suministro, no se da nada a conocer sobre los medios específicos que se utilizan para medir o bien la temperatura o bien el contenido en humedad ambiental. Por tanto, el procedimiento utilizado para determinar o bien la temperatura o bien el contenido en humedad ambiental del gas de suministro está necesariamente limitado a los que pueden utilizarse con sistemas de suministro de vapor en bucle cerrado.

La patente US 5.188.645 divulga un procedimiento y un aparato para el ajuste del punto de rocío utilizando un deshumidificador con desecante seco. El procedimiento divulgado en este documento no utiliza ningún mecanismo de control para garantizar la determinación de valores de humedad ambiental o temperatura, y parece basarse en vez de eso en proporcionar valores de temperatura que están predeterminados.

La patente US 7.690.582 divulga un aparato de control de la humedad en el que la cantidad de intercambio de calor entre las corrientes de aire primera y segunda y la cantidad de intercambio de humedad ambiental entre las corrientes de aire primera y segunda se varían cambiando la velocidad de rotación de la rueda desecante. Se utilizan dos velocidades de rueda fijadas, una para la deshumidificación de aire durante el verano y otra para el calentamiento y la humidificación durante el invierno. El aparato de control de la humedad se conmuta entre dos posiciones: operación de deshumidificación y operación de humidificación/calentamiento. La invención de esta patente se basa específicamente en evitar la utilización de válvulas de conmutación. La medición de temperatura del aire que se utiliza parece llevarse a cabo sólo una vez, y parece ser una función de parámetros predeterminados. Esto no proporciona flexibilidad en el funcionamiento del sistema.

La publicación de patente japonesa número 2010-110736 divulga un procedimiento para mejorar la eficiencia de funcionamiento de un deshumidificador con desecante seco al tiempo que se mantiene una humedad de punto de rocío constante del aire en la salida del mismo. El procedimiento dado a conocer en este documento implica controlar el flujo de aire de reactivación de manera que la temperatura de salida de reactivación promedio se mide y se mantiene a un valor fijado. Según este documento, se considera que el desecante se ha reactivado completamente si la temperatura de salida de aire de reactivación promedio se mantiene a un valor fijado. El documento también describe un procedimiento y aparato para controlar el funcionamiento de una unidad de desecante seco con un sector de purga situado secuencialmente entre los sectores de reactivación y de proceso. El flujo de aire a través del sector de purga es en equicorriente con el flujo de aire de reactivación y contracorriente con el flujo de aire de proceso. Una parte del flujo de aire de descarga de proceso se utiliza para el flujo de aire de purga. El flujo de aire a través del sector de purga se controla de modo que se mantiene una temperatura de aire constante en su descarga. La velocidad de rotor de desecante puede ajustarse en proporción con el flujo de aire de reactivación. El sector de purga utiliza el calor residual en la rueda para una parte del procedimiento de reactivación. Se utilizan temperaturas de descargad de purga y de reactivación promedio. El procedimiento y aparato de este documento se basan casi exclusivamente en el control del flujo de aire de reactivación para mantener la temperatura de salida de reactivación promedio a un valor fijado predeterminado. El procedimiento en la presente memoria no proporciona la flexibilidad de funcionamiento necesaria que es deseable y no permite un control dinámico. La publicación de patente japonesa número 2010-247041 describe un procedimiento para lograr una operación de control variable en apariencia altamente estable en el control del funcionamiento de un deshumidificador. En este procedimiento, la temperatura de punto de rocío promedio del aire de suministro puede detectarse y controlarse para satisfacer requisitos de manera convencional. El sistema controla el número de rotaciones del rotor o la temperatura de regeneración de un deshumidificador de un sistema de rotor de adsorción según el cambio de la carga de deshumidificación, etc. El procedimiento puede aplicarse a un deshumidificador con desecante seco con un sector de purga situado secuencialmente entre los sectores de reactivación y de proceso. Este documento se refiere esencialmente a un procedimiento mediante el cual se deduce la carga de deshumidificación midiendo el aumento de temperatura de aire promedio a través del sector de proceso. Las variables controladas pueden incluir la velocidad de rotor, temperatura y flujo de aire de reactivación, flujo de aire de sector de purga y flujo de aire de proceso. El flujo de aire de sector de purga puede ser en cualquier sentido y la fuente de aire de purga puede ser procedente del suministro de aire de proceso o de la descarga de aire de proceso. De nuevo, el procedimiento en la presente memoria no proporciona la flexibilidad de funcionamiento necesaria que es deseable y no permite un control dinámico debido a que se basa de manera casi exclusiva en medir el aumento de temperatura de aire promedio a través del sector de proceso para garantizar que se mantiene a un valor predeterminado.

La publicación de patente japonesa número 08-141352 divulga un procedimiento para diagnosticar la

degradación de un rotor de manera continua y predecir el tiempo para la sustitución del rotor. El procedimiento implica medir la temperatura de salida promedio de aire regenerado en un deshumidificador de segunda etapa para diagnosticar la degradación del rotor en un deshumidificador de primera etapa. El procedimiento y el aparato de esta divulgación se refieren a un sistema de deshumidificación que presenta dos deshumidificadores en serie, preacondicionando el primer deshumidificador el aire ambiental que es por lo menos una parte del aire de entrada para el segundo deshumidificador. La esencia de esta divulgación consiste en deducir la cantidad de deshumidificación que se produce en el primer deshumidificador midiendo la disminución de temperatura del aire de reactivación a través del segundo deshumidificador. La patente es específica para sistemas con dos deshumidificadores en serie y carece de la flexibilidad necesaria que es deseable para sistemas de deshumidificación basados en desecante sólido.

La publicación de patente japonesa número 2001-099451 divulga un procedimiento y un aparato en los que se minimiza la cantidad de calor requerida para la reactivación en un deshumidificador y en los que se reactiva un rotor con aire calentado. En esta divulgación, el rotor se calienta con aire de reactivación, que se mueve en dos o más sectores de reactivación. La temperatura de rotor inmediatamente después de haberse movido a la sección de reactivación es baja, pero se calienta mientras se mueve, y se aumenta la temperatura de entrada de aire de reactivación. Se forma una distribución de temperatura en el sentido de rotación de un rotor de desecante en una sección de reactivación. El procedimiento y el aparato de esta divulgación se refieren esencialmente a un deshumidificador que presenta dos o más sectores de reactivación con temperatura de aire de entrada progresivamente mayor en sectores sucesivos. Otra forma de realización muestra múltiples sectores de purga al 100% individuales emparejados con sectores de reactivación correspondientes. De nuevo, la divulgación de este documento no proporciona ninguna solución para lograr una flexibilidad de control de funcionamiento de una manera dinámica en sistemas de deshumidificación basados en desecante sólido.

La patente estadounidense 6.751.964 divulga un sistema de acondicionamiento de aire de desecante seco-refrigeración integrado. El aparato incluye un mecanismo para variar la velocidad de rotación del rotor de desecante para controlar la cantidad de humedad ambiental eliminada de la corriente de aire de suministro o el calor transferido a la corriente de aire de suministro. El alcance de la divulgación de este documento es aparentemente permitir utilizar la rueda desecante como deshumidificador en verano y como rueda de recuperación de entalpía en invierno. El objetivo y propósito de este documento intenta obtener flexibilidad pero en una situación diferente de la requerida para la operación de control de un deshumidificador basado en desecante sólido para minimizar el consumo de energía calorífica.

La publicación internacional PCT número WO 2004/055443 A1 divulga un sistema de enfriamiento y deshumidificación que incluye por lo menos un evaporador, por lo menos un compresor de refrigeración de velocidad variable y por lo menos un condensador y una única rueda desecante. Por lo menos una parte del aire enfriado por el evaporador pasa a través de una parte de la rueda desecante y por lo menos una parte del aire de condensador pasa a través de la otra parte del deshumidificador. La velocidad de los compresores se controla mediante por lo menos una condición de la corriente de aire de suministro, la corriente de aire de reactivación y/o el sistema de refrigeración. Se reivindica un volumen variable de flujo de aire de condensador (por tanto, flujo de aire de reactivación), con el fin de mantener una temperatura de reactivación constante basándose en la cantidad de calor disponible del sistema de refrigeración. No se menciona una velocidad de rotor de desecante variable.

Tal como resulta evidente, aunque se han realizado diversos intentos por proporcionar mejoras en el consumo de energía calorífica durante la utilización, ninguno de estos procedimientos han resultado satisfactorios para proporcionar la flexibilidad deseada de control de funcionamiento para sistemas de deshumidificación basados en desecante sólido. De hecho, parece que los intentos en la materia para minimizar el consumo de energía calorífica durante el funcionamiento de un deshumidificador basado en desecante sólido se han centrado en situaciones específicas, en vez de intentar un procedimiento y sistema de control holístico y por tanto flexible.

Objetivos de la invención

Un objetivo importante de la presente invención es proporcionar un procedimiento y un sistema para el control de deshumidificadores con desecante sólido que garanticen una flexibilidad de funcionamiento máxima.

Otro objetivo de la invención es proporcionar un procedimiento para el control de deshumidificadores con desecante sólido que pueda aplicarse independientemente del número de sectores en el rotor, y de hecho que pueda adaptarse dependiendo del número de sectores.

Un objetivo adicional de la invención es proporcionar un sistema de deshumidificación basado en desecante sólido que presente un nivel significativamente alto de flexibilidad de control de funcionamiento, en el que los parámetros que requieren control pueda elegirlos el usuario.

Un objetivo adicional de la invención es proporcionar un procedimiento de control dinámico para el control de deshumidificadores con desecante sólido que detecte de manera continua y monitorice temperaturas en diversas ubicaciones en la rueda rotatoria, y que permita deducir la deshumidificación que se produce en cualquier

ubicación dada de la rueda.

Un objetivo adicional de la invención es proporcionar un aparato y un procedimiento que requieran un gasto mínimo y sin embargo sean flexibles en cuanto al funcionamiento proporcionando así una mejor generación de datos para monitorizar la reactivación en una rueda desecante.

Sumario de la invención

La presente invención describe un aparato para el control de un deshumidificador con desecante sólido giratorio que presenta una rueda desecante y provisto de un sector de proceso y de reactivación, consistiendo el aparato esencialmente en una unidad de control central; uno o más sensores situados proximales al sector de proceso y al sector de reactivación, y operativamente asociados con la unidad de control central, con el fin de, entre otras cosas, medir una o más de entre la temperatura del aire que entra en el sector de proceso, la temperatura del aire que entra en el sector de reactivación, la temperatura global promedio del aire que sale del sector de proceso, la temperatura global promedio del aire que sale del sector de reactivación, la temperatura del aire que sale del sector de proceso de la rueda justo antes de que rote al siguiente sector secuencial, la temperatura del aire que sale del sector de reactivación de la rueda justo antes de que rote al siguiente sector secuencial, las temperaturas de aire justo antes de que la rueda rote fuera de los sectores de proceso y/o de reactivación, las temperaturas de aire a cada lado de un bucle de recirculación de purga, estando la unidad de control central provista de una unidad de procesamiento para procesar datos recibidos y generar señal(es) de salida utilizando un algoritmo predeterminado, estando la unidad de control central operativamente conectada con uno o más de los componentes de deshumidificador para transmitir señales de salida a los mismos y controlar su funcionamiento incluyendo los medios de movimiento de aire de proceso, los medios de movimiento de aire de reactivación, los medios de calentamiento de aire de reactivación, los medios de enfriamiento previo de aire de proceso (si se utilizan) y los medios de rotación de rueda desecante.

Además, la presente invención describe un procedimiento para el control de un deshumidificador con desecante sólido giratorio que presenta una rueda desecante y provisto de por lo menos un sector de proceso y de reactivación, comprendiendo el procedimiento:

- (a) detectar y medir uno cualquiera o más de entre los siguientes parámetros: la temperatura del aire que entra en el sector de proceso, la temperatura del aire que entra en el sector de reactivación, la temperatura global promedio del aire que sale del sector de proceso, la temperatura global promedio del aire que sale del sector de reactivación, la temperatura del aire que sale del sector de proceso de la rueda justo antes de que rote al siguiente sector secuencial y la temperatura del aire que sale del sector de reactivación de la rueda justo antes de que rote al siguiente sector secuencial mediante uno o más sensores previstos en posiciones determinadas proximales a la superficie de la rueda desecante, las temperaturas de aire justo antes de que la rueda rote fuera de los sectores de proceso y/o de reactivación, las temperaturas de aire a cada lado de un bucle de recirculación de purga;
- (b) reenviar los datos generados por dicho uno o más sensores a una unidad de control central;
- (c) procesar dichos datos recibidos en dicha unidad de control central según un algoritmo predeterminado;
- (d) generar y reenviar señales de salida a uno o más componentes de aparato incluyendo medios de movimiento de aire de proceso, medios de movimiento de aire de reactivación, medios de calentamiento de aire de reactivación, medios de enfriamiento previo de aire de proceso y medios de rotación de rueda desecante.

Según los objetivos de la invención, en una forma de realización, la invención proporciona un aparato para el control de un deshumidificador con desecante sólido giratorio que utiliza una rueda desecante y está provisto de un sector de proceso y de reactivación. El aparato consiste esencialmente en una unidad de control central; uno o más sensores previstos operativamente asociados con la unidad de control central, y con el fin de, entre otras cosas, medir una o más de entre la temperatura del aire que entra en el sector de proceso, la temperatura del aire que entra en el sector de reactivación, la temperatura global promedio del aire que sale del sector de proceso, la temperatura global promedio del aire que sale del sector de reactivación, la temperatura del aire que sale del sector de proceso de la rueda justo antes de que rote al siguiente sector secuencial, la temperatura del aire que sale del sector de reactivación de la rueda justo antes de que rote al siguiente sector secuencial. Se generan señal(es) de salida en la unidad de control central tras procesarse los datos generados por los sensores utilizando un algoritmo predeterminado, y se dirigen las señales de salida a uno o cualquier combinación de componentes de aparato incluyendo los medios de movimiento de aire de proceso, los medios de movimiento de aire de reactivación, los medios de calentamiento de aire de reactivación, los medios de enfriamiento previo de aire de proceso (si se utilizan) y los medios de rotación de rueda desecante.

En otra forma de realización de la invención, la unidad de control central es una unidad de PLC.

En otra forma de realización de la invención, el aparato puede estar provisto de un sensor situado proximal al sector de proceso para medir la humedad del aire que entra en el sector de proceso y proporcionar datos generados de ese modo a la unidad de control central.

5 En otra forma de realización de la invención, el aparato puede incluir un sensor para proporcionar datos a la unidad de control central midiendo la humedad global promedio del aire que sale del sector de proceso.

10 En otra forma de realización de la invención, se incluye un conducto de derivación alrededor del sector de proceso, se proporcionan medios para controlar el flujo de aire a través del conducto de derivación, y se proporcionan medios para controlar el flujo de aire a través del sector de proceso de la rueda, en ambos casos en función de señales de salida desde la unidad de control central.

15 En otra forma de realización de la invención, el aparato también incluye un sensor para proporcionar datos a la unidad de control central midiendo la humedad del aire de proceso después de haber mezclado el aire de proceso y el aire de derivación.

20 En otra forma de realización de la invención, el deshumidificador está provisto de un sector de purga situado secuencialmente entre el sector de reactivación y el sector de proceso y medios para hacer pasar una corriente de aire a través del sector de purga y dirigirla para que pase a ser por lo menos una parte del aire que entra en el sector de reactivación de la rueda.

25 En una forma de realización adicional de la invención, se proporcionan uno o más sensores proximales a la superficie del sector de purga para detectar la temperatura global promedio del aire que sale del sector de purga y proporcionar los datos generados a la unidad de control central.

En una forma de realización adicional de la invención, se proporcionan uno o más sensores proximales a la superficie del sector de purga para detectar la temperatura del aire que sale del sector de purga justo antes de que rote al siguiente sector secuencial y proporcionar los datos generados a la unidad de control central.

30 En otra forma de realización de la invención, se proporcionan medios para controlar el flujo de aire a través del sector de purga y se controlan operativamente mediante una señal de salida procedente de la unidad de control central.

35 En otra forma de realización de la invención, un primer sector está dispuesto secuencialmente entre los sectores de proceso y de reactivación, un segundo sector está dispuesto secuencialmente entre los sectores de reactivación y de proceso y se proporcionan medios para hacer recircular una corriente de aire a través de los dos sectores.

40 En una forma de realización adicional de la invención, se proporciona por lo menos un sensor para detectar la temperatura de la corriente de aire de recirculación sobre por lo menos un lado de la rueda y proporcionar datos generados de ese modo a la unidad de control central.

45 En una forma de realización adicional de la invención, los medios para hacer recircular una corriente de aire a través de los dos sectores están operativamente asociados con la unidad de control central a través de una señal de salida generada basándose en datos detectados por el sensor que mide la temperatura de la corriente de aire de recirculación.

50 La presente invención también proporciona un procedimiento mejorado para el control de un deshumidificador con desecante sólido giratorio que utiliza una rueda desecante que presenta por lo menos un sector de proceso y de reactivación. El procedimiento comprende proporcionar una unidad de control central y uno o más sensores situados en posiciones determinadas proximales a la superficie de la rueda rotatoria del deshumidificador con desecante sólido. Los sensores se calibran para detectar y medir uno o más de cualquiera de los siguientes parámetros: la temperatura del aire que entra en el sector de proceso, la temperatura del aire que entra en el sector de reactivación, la temperatura global promedio del aire que sale del sector de proceso, la temperatura global promedio del aire que sale del sector de reactivación, la temperatura del aire que sale del sector de proceso de la rueda justo antes de que rote al siguiente sector secuencial y la temperatura del aire que sale del sector de reactivación de la rueda justo antes de que rote al siguiente sector secuencial. Los puntos de datos generados se proporcionan por el/los sensor(s) a la unidad de control central, que procesa los datos basándose en un algoritmo predeterminado. Después, la unidad de control central genera señales de salida individuales para controlar cualquier combinación de componentes de aparato incluyendo los medios de movimiento de aire de proceso, los medios de movimiento de aire de reactivación, los medios de calentamiento de aire de reactivación, los medios de enfriamiento previo de aire de proceso (si se utilizan) y los medios de rotación de rueda desecante.

65 En una forma de realización, el procedimiento incluye proporcionar un sensor para medir la humedad del aire que entra en el sector de proceso y proporcionar datos a la unidad de control central.

En otra forma de realización, el procedimiento incluye proporcionar un sensor que mide la humedad global promedio del aire que sale del sector de proceso y proporcionar los datos a la unidad de control central.

5 En aún otra forma de realización, se proporciona un conducto de derivación alrededor del sector de proceso, se proporcionan medios para controlar el flujo de aire a través del conducto de derivación, medios para controlar el flujo de aire a través del sector de proceso de la rueda. Los dos medios de control respectivos son sensibles a señales de salida respectivas desde la unidad de control central controlando así el flujo de aire a través del conducto de derivación y el sector de proceso.

10 En otra forma de realización, se proporciona un sensor con el fin de medir la humedad del aire de proceso después de haber mezclado el aire de proceso y el aire de derivación, y después se envían los datos generados a la unidad de control central para su procesamiento y generación de señales de salida apropiadas.

15 En otra forma de realización del procedimiento, se proporciona un sector de purga secuencialmente entre el sector de reactivación y el sector de proceso y se proporcionan medios para hacer pasar una corriente de aire a través del sector de purga y dirigirla para que pase a ser por lo menos una parte del aire que entra en el sector de reactivación de la rueda. Se proporciona un sensor para detectar la temperatura global promedio del aire que sale del sector de purga y proporcionarla a la unidad de control central.

20 En una forma de realización adicional de la invención, la temperatura del aire que sale del sector de purga de la rueda se detecta utilizando uno o más sensores justo antes de que la rueda rote al siguiente sector secuencial, y se transmiten estos datos a la unidad de control central.

25 En una forma de realización adicional de la invención, el flujo de aire a través del sector de purga se controla mediante una señal de salida generada por la unidad de control central enviada a unos medios de control de flujo de aire.

30 En aún otra forma de realización de la invención, el flujo de aire se recircula entre un primer sector dispuesto secuencialmente entre los sectores de proceso y de reactivación y un segundo sector dispuesto secuencialmente entre los sectores de reactivación y de proceso, mediante medios para recirculación proporcionados para hacer recircular una corriente de aire a través de los dos sectores.

35 En una forma de realización adicional de la invención, la temperatura de la corriente de aire de recirculación sobre por lo menos un lado de la rueda se detecta mediante por lo menos un sensor y se reenvían datos generados a la unidad de control central para su procesamiento.

40 En otra forma de realización de la invención, la recirculación de la corriente de aire se controla por medio de una señal de salida procedente de la unidad de control central.

45 El procedimiento y aparato mejorados de la invención consisten en medir de manera continua la temperatura del aire que entra en y sale de los sectores de proceso y de reactivación. Se mide la temperatura promedio o global de las corrientes de aire de proceso y/o de reactivación que salen la rueda. Además, la temperatura local del aire se mide en las cámaras de descarga de proceso y/o de reactivación justo antes de que la rueda rote al siguiente sector. Esta temperatura local puede medirse sólo en un punto o puede medirse en dos o más puntos separados angularmente algunos grados en la cara de aire de salida de la rueda justo antes de que rote al siguiente sector.

50 La temperatura del aire que sale de la rueda en cualquier posición angular es una medida indirecta de la cantidad de adsorción o desorción de humedad ambiental que está produciéndose en ese punto en la rotación de la rueda. Esta información de temperatura se utiliza como parte de los datos de entrada para un controlador que incluye uno o más algoritmos de control para optimizar el rendimiento del deshumidificador. El algoritmo de control puede diseñarse para optimizar el rendimiento de deshumidificador de una o más maneras, incluyendo rendimiento de deshumidificación máximo, utilización de refrigerante mínima en el sistema de aire de proceso y/o energía de calentamiento de reactivación mínima. Los datos de entrada adicionales para el controlador pueden incluir medidas de temperatura y/ o humedad en el espacio deshumidificado o temperatura y/o humedad de aire de proceso y exterior.

60 Resulta significativamente más fácil, más económico y más fiable medir la temperatura del aire que la "humedad de aire". Pueden utilizarse dispositivos de medición de temperatura sencillos y económicos tales como termopares y termistores. Una de las características únicas de la presente invención es la medición de las temperaturas de aire que entra y sale de una rueda desecante para deducir la deshumidificación o reactivación que está produciéndose en cualquier posición angular dada en la rueda durante su rotación.

Descripción detallada

65 Lo siguiente comprende una descripción no limitativa de los dibujos adjuntos que acompañan a esta memoria

descriptiva.

La figura 1 es un esquema de un deshumidificador con desecante sólido básico. La disposición y características de funcionamiento de este tipo de deshumidificador se conocen bien en la materia.

La figura 1A muestra la posición angular de cualquier punto dado en la rueda 1 en función del tiempo, a medida que pasa a través de los sectores de proceso 2 y de reactivación 3. Los periodos de tiempo mostrados en el sector de reactivación 3 son más cortos que los mostrados en el sector de proceso 2, en proporción directa a los tamaños relativos de los sectores de proceso 2 y de reactivación 3.

La figura 2 muestra esquemáticamente la relación de la humedad de descarga de aire de proceso 5 frente al tiempo empleado en el sector de proceso 2 de cualquier ubicación angular dada dentro de la rueda 1 a medida que rota a través del sector de proceso 2. Puede observarse el efecto de la onda de adsorción sobre la humedad de aire de descarga 5.

La figura 3 muestra esquemáticamente la relación de la temperatura de descarga de aire de proceso 5 frente al tiempo empleado en el sector de proceso 2 de cualquier ubicación angular dada dentro de la rueda 1 a medida que rota a través del sector de proceso 2. Puede observarse el efecto de la onda de adsorción sobre la temperatura del aire de descarga 5.

La figura 4 muestra esquemáticamente la relación de la temperatura de descarga de aire de reactivación 8 frente al tiempo empleado en el sector de reactivación 3 de cualquier ubicación angular dada dentro de la rueda 1 a medida que rota a través del sector de reactivación 3. Puede observarse el efecto de la onda de desorción sobre la temperatura del aire de descarga 8.

La figura 5 muestra esquemáticamente la relación de la humedad de descarga de aire de reactivación 8 frente al tiempo empleado en el sector de reactivación 3 de cualquier ubicación angular dada dentro de la rueda 1 a medida que rota a través del sector de reactivación 3. Puede observarse el efecto de la onda de desorción sobre la humedad de aire de descarga 8.

La figura 6 muestra esquemáticamente el efecto de la velocidad de rotor 1 y el flujo de masa de aire sobre la humedad de aire de descarga de proceso 5 en diversas posiciones angulares a medida que la rueda 1 rota a través del sector de proceso 2.

La figura 7 muestra esquemáticamente el efecto de la velocidad de rotor 1 y el flujo de masa de aire sobre la temperatura del aire de descarga de reactivación 8 en diversas posiciones angulares a medida que la rueda 1 rota a través del sector de reactivación 3.

La figura 8 muestra esquemáticamente el efecto de un sector de purga parcial 13, dispuesto secuencialmente entre los sectores de proceso 2 y de reactivación 3, sobre la humedad de aire de descarga de proceso 5 en diversas posiciones angulares a medida que la rueda 1 rota a través del sector de proceso 2.

La figura 9 muestra esquemáticamente el efecto del sector de purga parcial 13 sobre la temperatura del aire de descarga de proceso 5 en diversas posiciones angulares a medida que la rueda 1 rota a través del sector de proceso 2.

La figura 10 muestra esquemáticamente el efecto del sector de purga parcial 13 sobre la temperatura del aire de descarga de reactivación 8 en diversas posiciones angulares a medida que la rueda 1 rota a través del sector de reactivación 3.

La figura 11 muestra esquemáticamente el efecto de una disposición de purga en bucle cerrado 18, 18a sobre la humedad de salida de aire de proceso 5 en diversas posiciones angulares a medida que la rueda 1 rota a través del sector de proceso 2.

La figura 12 muestra esquemáticamente una disposición de control de reactivación según la presente divulgación, con puntos de detección de temperatura indicados y componentes controlados indicados.

La figura 13 muestra esquemáticamente una disposición de control de reactivación según la presente divulgación para un deshumidificador que presenta un sector de purga parcial 13, con puntos de detección de temperatura indicados y componentes controlados indicados.

La figura 14 muestra esquemáticamente una disposición de control de reactivación según la presente divulgación para un deshumidificador que presenta una disposición de purga en bucle cerrado 18, 18a, con puntos de detección de temperatura y componentes controlados indicados.

La figura 15 muestra esquemáticamente una disposición de control de proceso según la presente divulgación,

con puntos de detección de temperatura y componentes controlados indicados.

Ahora se explicarán el procedimiento y el sistema de la presente invención con referencia a una descripción detallada de los dibujos adjuntos.

5 La figura 1 es un esquema que muestra los elementos básicos de un deshumidificador con desecante seco (o sólido). Consiste en un rotor 1 (o rueda) que contiene unos medios que contienen un gran número de pequeños pasos que son paralelos al eje de rotación de la rueda 1. Los medios en la rueda 1 consisten en una matriz de soporte que contiene un material desecante tal como gel de sílice o una sal de haluro que presenta una fuerte afinidad por el agua. El material desecante se impregna en los medios de modo que el aire que pasa a través de los pasos queda expuesto al desecante. En el estado actual de desarrollo, los medios son normalmente desecante activo en aproximadamente el 80% en peso. La rueda 1 está contenida en un alojamiento que define dos conjuntos de cámaras (o sectores) para dos flujos de aire diferentes. Las cámaras incluyen sellos de aire próximos a la cara de la rueda 1 de modo que las dos corrientes de aire están aisladas una de otra, y la fuga cruzada entre las corrientes de aire es mínima. Durante el funcionamiento, se hace pasar una corriente de aire que va a deshumidificarse a través de un sector de la rueda (comúnmente denominado sector de proceso 2). El desecante adsorbe o absorbe vapor de agua a partir del aire de modo que el aire de proceso 4 que sale de la rueda 1 está más seco que el aire que entra en la misma. Después de un tiempo el desecante ha captado tanto vapor de agua que se disminuye su capacidad para captar agua a partir del aire y debe expulsarse el agua del desecante para restaurar su capacidad de deshumidificación. Esto se logra en un sector de reactivación (o regeneración) 3. En este sector, se hace pasar una segunda corriente de aire a través de la rueda 1. Esta corriente de aire se calienta antes de entrar en la rueda 1 utilizando una fuente 6 de calor externa tal como calentamiento por resistencia eléctrica, gas natural y/o un serpentín de calentamiento utilizando vapor, agua caliente o similar. Tras el calentamiento la humedad relativa del aire que entra en el sector de reactivación 3 es menor que la humedad relativa del aire que sale del sector de proceso 2, de modo que el desecante libera una parte de su agua contenida a la corriente de aire de reactivación 8 que normalmente se expulsa al entorno exterior. La rueda 1 de desecante se hace rotar de manera continua entre los sectores de proceso y de reactivación de modo que el procedimiento de deshumidificación es continuo y la humedad del aire que sale del sector de proceso 2 es estable.

30 Cuando un desecante elimina vapor de agua a partir del aire, el vapor de agua se condensa esencialmente al interior, o sobre la superficie, del desecante. Cuando se condensa vapor de agua, genera calor debido al cambio de fase del agua. El calor generado es una función de la temperatura a la que se produce la condensación, pero a temperaturas de funcionamiento típicas, es de aproximadamente 1.000 BTU/lb de agua condensada. Cuando se condensa vapor de agua condensados al interior de, o sobre, un desecante, se genera calor adicional que se denomina comúnmente calor de sorción. El calor de sorción varía entre tan sólo unas pocas BTU/lb de agua a altas humedades relativas y más de 1.000 BTU/lb de agua a humedades relativas extremadamente bajas. Para condiciones de funcionamiento típicas, el calor de sorción es de aproximadamente 100 BTU/lb, de modo que un valor típico del calor global de condensación más el calor de sorción es de aproximadamente 1.100 BTU/lb de agua. Los medios desecantes son normalmente desecante activo en aproximadamente el 80% en peso y el desecante tendrá una capacidad de sorción de aproximadamente el 30% de su peso en vapor de agua. La capacidad térmica de los medios es normalmente de aproximadamente 0,5 BTU/lb/grado F, y el calor de sorción total de vapor de agua en el desecante es normalmente de 150-300 BTU/lb de medios, de modo que puede observarse que la capacidad térmica de los medios es pequeña en comparación con el calor de sorción de vapor de agua a partir del aire. No hay ningún sitio para que pase el calor salvo a la corriente de aire de proceso. El mecanismo es el siguiente: el agua adsorbida calienta rápidamente los medios hasta una temperatura superior a la del aire que pasa a través de los mismos, y los medios más templados calientan a su vez el aire. Debido a la geometría de los medios típicos actualmente, las tasas de transferencia de calor entre los medios y el aire son altas, por tanto la temperatura de los medios en la rueda 1 en cualquier punto se encuentra a unos pocos grados de la temperatura del aire en ese punto.

Puede observarse fácilmente que puede aplicarse la inversa del procedimiento descrito anteriormente al sector de reactivación 3 del deshumidificador.

55 Normalmente no se produce transferencia de calor y masa a través de toda la profundidad de los medios en el sentido de flujo de aire; se produce en una "zona" u "onda" que pasa a través de los medios (en el sentido de flujo de aire) desde el momento en que entra en un sector hasta el momento en que sale de ese sector. El comportamiento de las ondas de adsorción y de desorción puede representarse gráficamente identificando posiciones o momentos específicos en la rotación de la rueda 1 y trazando el rendimiento instantáneo en esas posiciones.

La figura 1A muestra los puntos de tiempo/posición que se utilizarán a lo largo de la totalidad de este documento para describir el comportamiento/rendimiento de la rueda 1 a medida que rota a través de los sectores. Debe observarse que:

- Los intervalos de tiempo mostrados en el sector de proceso 2 no son los mismos que los intervalos de

tiempo mostrados en el sector de reactivación 3. Para fines de ilustración, se seleccionaron cinco intervalos de tiempo en los sectores tanto de proceso 2 como de reactivación 3. Esto significa que el incremento de tiempo en cada sector es inversamente proporcional a la razón en tamaño de los sectores, por ejemplo, si se divide una configuración en sectores con 90 grados de reactivación 3 y 270 grados de proceso 2, los intervalos de tiempo de reactivación 3 serán 1/3 más largos que los intervalos de tiempo de proceso 2.

- El rendimiento de onda de adsorción/de desorción es con fines ilustrativos.

Las formas de onda reales variarán basándose en el tipo de desecante, geometría de canal, velocidades de flujo de masa de aire, velocidad de rotor, condiciones de aire de entrada de proceso y de reactivación y otras variables.

Las figuras 2 a 11 muestran esquemáticamente las corrientes de aire de proceso 4 y de reactivación 7 que pasan a través de la rueda 1 en el mismo sentido, por motivos de simplicidad. En la práctica actual las corrientes de aire de proceso 4 y de reactivación 7 pasarán habitualmente a través de la rueda 1 en sentidos opuestos.

La figura 2 ilustra cómo pasa la onda de adsorción a través del sector de proceso 2 de la rueda 1 en función del tiempo. Puede observarse que a medida que la onda de adsorción se aproxima a la cara de descarga de proceso de la rueda 1 (avance), la humedad de descarga frente a la posición angular de la rueda 1 aumenta drásticamente.

La figura 3 ilustra cómo pasa la onda de temperatura a través del sector de proceso 2 de la rueda 1 en función del tiempo. Puede observarse que el aumento de temperatura del aire de proceso 5 sigue bastante bien a la disminución de humedad ambiental del aire de proceso 5 en cualquier posición angular dada de la rueda 1, una vez extraído el sobrante de calor de reactivación en los primeros pocos grados de rotación hacia el sector de proceso 2. Esto significa que la temperatura del aire de proceso de salida 5 hacia el final del sector de proceso 2 puede medirse y compararse con la temperatura de entrada de aire de proceso 4 y la temperatura del aire de salida de proceso promedio para deducir el rendimiento de eliminación de humedad ambiental de la rueda 1 en esa ubicación.

Las figuras 4 y 5 son similares a las figuras 2 y 3 pero ilustran cómo pasan la onda de desorción y la onda de temperatura correspondiente a través del sector de reactivación 3 de la rueda 1. Puede observarse que la disminución de temperatura del aire de reactivación 8 sigue bastante bien a la captación de humedad ambiental del aire de reactivación 7 en cualquier posición dada de la rueda 1, una vez logrado el calentamiento inicial de los medios de la rueda 1 en los primeros pocos grados de rotación de la rueda 1.

La figura 6 ilustra los efectos generales de la velocidad de rueda 1 y el flujo de masa de lado de proceso 2 sobre el rendimiento del lado de proceso 2 de un deshumidificador típico. Puede observarse que tanto el flujo de aire de proceso 4 como la velocidad de rotor tienen una influencia significativa sobre el rendimiento de la unidad. Tal como se describirá a continuación, el rendimiento de deshumidificación de lado de proceso 2 puede deducirse a partir de la temperatura de descarga de aire de proceso promedio 5 y la temperatura de descarga de aire de proceso local 5 en los últimos pocos grados de rotación de la rueda 1. Pueden ajustarse varias variables para optimizar el rendimiento del deshumidificador dependiendo de los objetivos de la estrategia de control.

La figura 7 ilustra los efectos generales de la velocidad de la rueda 1 y el flujo de masa de lado de reactivación 3 sobre el rendimiento del lado de reactivación 3 de un deshumidificador típico. El gráfico muestra la temperatura del aire de descarga de reactivación 8 frente a la posición de rotor 1. Debido a la dificultad y los gastos de medición de la humedad del aire que sale del sector de aire de reactivación 8, la capacidad para deducir la humedad de aire de descarga de reactivación 8 en cualquier posición basándose en la temperatura de entrada de aire de reactivación 7 y la temperatura del aire de descarga 8 que sale de la rueda 1 en cualquier posición angular es información esencial para cualquier intento de optimizar el rendimiento de un deshumidificador con desecante seco.

Las figuras 8 y 9 ilustran el efecto de un sector de purga parcial 13 sobre el rendimiento de un deshumidificador con desecante seco. Los gráficos muestran que para una condición de aire de entrada dada la purga parcial 13 mejora generalmente el rendimiento de deshumidificación pero todavía existe la misma relación general entre la disminución de humedad de aire de proceso 4 y el aumento de temperatura de aire de proceso 4. Existe la oportunidad de mejorar el rendimiento de deshumidificador y/o reducir el consumo de energía monitorizando la temperatura del aire de descarga de proceso 5 hacia el final del sector de descarga de proceso 2 y comparándola con la temperatura del aire de entrada de proceso 4.

La figura 10 ilustra el efecto de purga parcial 13 sobre la temperatura del aire de descarga de reactivación 8. La temperatura de descarga aumenta ligeramente debido a los ahorros de energía del sector de purga 13, pero sigue estando el aumento característico de la temperatura del aire de descarga 8 a medida que la rueda 1 rota fuera del sector de reactivación 3. Esto apunta a la posibilidad de optimizar el rendimiento de deshumidificador

para lograr uno o más de varios objetivos de rendimiento, incluyendo rendimiento de deshumidificación mejorado, consumo de energía de reactivación 6 reducido, rendimiento de carga parcial mejorado, etc.

5 La figura 11 ilustra el efecto de una purga en bucle cerrado 18,18a sobre la temperatura del aire de salida de proceso 5. La temperatura del aire de proceso promedio 5 se reduce en cierta medida y la capacidad de eliminación de humedad ambiental del deshumidificador se aumenta en cierta medida, pero la disminución característica de la temperatura del aire de salida de proceso 5 hacia el final del ciclo de deshumidificación indica que la onda de deshumidificación está avanzando a través de la cara de aire de salida del sector de proceso 2. Si se miden y se comparan la temperatura del aire de descarga de aire de proceso promedio 5 y la temperatura del aire de proceso 4 que pasa a través de la rueda justo antes de que rote al siguiente sector, puede utilizarse esta información para optimizar el rendimiento del deshumidificador para lograr uno o más objetivos, incluyendo rendimiento de deshumidificación mejorado, consumo de energía de reactivación 6 reducido, rendimiento de carga parcial mejorado, etc.

15 La figura 12 ilustra un deshumidificador básico que utiliza el procedimiento y aparato de control de la presente invención. El procedimiento y aparato de control incluyen un controlador 12 central, normalmente un controlador lógico programable (PLC), un sistema de automatización de edificios (BAS) o similar. El objetivo de esta disposición de control particular es optimizar el rendimiento del procedimiento de reactivación. El procedimiento de reactivación puede optimizarse para lograr uno o más de varios objetivos, incluyendo utilización de calor de reactivación mínima 6, deshumidificación máxima del aire de proceso 4 y expulsión de calor mínima a la corriente de aire de proceso.

Las variables detectadas incluyen una o más de entre las siguientes en cualquier combinación:

- 25 • Temperatura de aire de reactivación 7 que entra en la rueda 1
- Temperatura de aire de descarga de reactivación promedio 8.
- 30 • Temperatura de aire de descarga de reactivación 8 en uno o más puntos angular antes de que la rueda 1 rote del sector de reactivación 3 al sector de aire de proceso 2.
- Temperatura de entrada de aire de proceso 4.
- 35 • Temperatura de descarga de aire de proceso promedio 5.

Las variables controladas pueden incluir una o más de entre las siguientes en cualquier combinación:

- Velocidad de rotación de la rueda 1
- 40 • Velocidad de ventilador de reactivación 11 (flujo de aire de reactivación 7)
- Entrada de calor 6 al aire de reactivación 7

45 La figura 13 ilustra un deshumidificador similar al deshumidificador descrito en la figura 12, excepto porque se añade un sector de purga 13 para mejorar el rendimiento de deshumidificación, reducir el requisito de calor de reactivación 6 y reducir el sobrante de calor de reactivación del sector de reactivación 3 al sector de proceso 2. El procedimiento y aparato de control 12 son similares a los de la figura 12, pero se añaden las siguientes como posibles variables detectadas y controladas:

50 Variables detectadas:

- Temperatura de aire de descarga promedio 14 del sector de purga 13

Variables controladas:

- 55 • Control de flujo de aire del sector de purga 13, normalmente un regulador.

60 La figura 14 ilustra un deshumidificador similar al deshumidificador descrito en la figura 12, excepto porque se ha añadido un sistema de purga en bucle cerrado 18, 18a. El sistema de purga en bucle cerrado 18, 18a consiste en dos sectores de purga 18, 18a situados entre los sectores de proceso 2 y de reactivación 3 con un ventilador independiente 15 para hacer recircular una corriente de aire a través de los dos sectores de purga 18, 18a. El bucle de purga 18, 18a se añade para mejorar el rendimiento de deshumidificación, reducir el requisito de calor de reactivación 6 y/o reducir el sobrante de calor de reactivación del sector de reactivación 3 al sector de proceso 2. Debe observarse que el flujo de aire en el bucle cerrado 18, 18a puede ser en cualquier sentido con respecto a los flujos de aire de proceso 4 y de reactivación 7, dependiendo del rendimiento de sistema específico requerido. El procedimiento y aparato de control 12 son similares a los de la figura 12, pero se añaden las siguientes como

posibles variables detectadas y controladas:

Las variables detectadas incluyen una o más de entre cualquiera de las siguientes en cualquier combinación:

- 5 • Temperatura de bucle de purga 16 en el lado de entrada de proceso 4 de la rueda 1
- Temperatura de bucle de purga 17 en el lado de entrada de reactivación 7 de la rueda 1

Las variables controladas incluyen una cualquiera o más de las siguientes en cualquier combinación:

- 10 • Ventilador de bucle de purga 15

La figura 15 ilustra un procedimiento y sistema de control y de deshumidificador similares a lo mostrado en la figura 12 excepto porque se aplican los mismos principios de detección y de control al sector de proceso 2 en lugar del sector de reactivación 3.

Las variables detectadas incluyen una o más de entre las siguientes en cualquier combinación:

- 20 • Temperatura de aire de entrada de proceso 4
- Temperatura de aire de descarga de proceso promedio 5
- Temperatura de aire de descarga de proceso 5 en una o más posiciones angulares justo antes de que la rueda 1 rote al el sector de reactivación 3

Las variables controladas incluyen una o más de entre las siguientes:

- 25 • Velocidad de rotación de la rueda 1
- 30 • Velocidad del ventilador de reactivación 11

Los expertos en la materia entenderán que los principios descritos en las figuras 13 y 14 para detectar y controlar la parte de reactivación 3 del deshumidificador también pueden aplicarse a la parte de proceso 2 del deshumidificador.

La unidad de control central que se prefiere es un controlador de lógica programable (PLC). Este dispositivo proporciona la ventaja de ser el procedimiento más rentable mediante el cual puede controlarse una unidad con múltiples variables detectadas y pueden generarse múltiples control señales de salida como se requiere generalmente para un deshumidificador. Un PLC también permite la utilización de un único programa de control que incluye todas las opciones de control para diversas formas de realización de la presente invención y la capacidad de habilitar o deshabilitar las opciones requeridas para una aplicación particular.

La unidad de control central también puede comprender un sistema de automatización de edificios (BAS). En este caso, las funciones de control del deshumidificador están incluidas en un sistema de control informático más grande destinado a un procedimiento o edificio completo. En otra forma de realización, la unidad de control central comprende múltiples controladores de un único bucle provistos de la capacidad para múltiples entradas para variables detectadas y salida de control proporcional-integral-derivado. En otra forma de realización, la unidad de control central comprende una placa computadora dedicada que está diseñada específicamente para proporcionar las entradas detectadas y salidas de control requeridas para la presente invención.

Los sensores de temperatura utilizados en la presente invención comprenden termistores, termopares y detectores de temperatura con resistencia de platino.

Dependiendo de la variable que va a medirse/detectarse y del nivel de precisión que se requiere en una aplicación de deshumidificación particular, también puede utilizarse una combinación de cualesquiera de estos tipos de sensor.

Los sensores de humedad que se utilizan comúnmente comprenden un tipo de espejo enfriado que mide la humedad de punto de rocío de aire haciéndolo pasar sobre un espejo refrigerado y midiendo la temperatura a la que comienza a formarse condensación (rocío) sobre el espejo. Aunque estos instrumentos son altamente precisos y presentan una rápida respuesta al cambio de la humedad del aire, también presentan un coste alto y requieren mucho mantenimiento. En mediciones de humedad si la variable que está midiéndose es la razón de humedad del aire (en gramos de agua/Kg de aire seco, por ejemplo), se realiza un cálculo para convertir la humedad de punto de rocío en razón de humedad. Estos cálculos pueden realizarse dentro del instrumento. Esto requiere que el instrumento incluya un sensor de temperatura y electrónica para realizar el cálculo. Cuando se utiliza un PLC como unidad de control central, los cálculos pueden realizarse por el PLC.

5 El sensor de humedad también puede comprender un tipo de capacitancia de película delgada, que mide la humedad relativa de aire. Estos sensores son sustancialmente más económicos que el tipo de espejo refrigerado y requieren menos mantenimiento, pero no responden tan rápidamente a cambios de la humedad del aire y no son tan precisos. Si el objetivo es medir la razón de humedad del aire, se realiza un cálculo para convertir la humedad relativa en razón de humedad. Estos cálculos pueden realizarse dentro del instrumento, lo que requiere un sensor de temperatura y electrónica para realizar el cálculo. Si se utiliza un PLC, los cálculos pueden realizarse por el PLC.

10 También puede utilizarse el sensor de tipo de fibra higroscópica. Estos sensores utilizan fibras naturales tales como fibras de pelo de caballo o sintéticas que cambian de longitud a medida que cambia la humedad relativa del aire y absorben o desorben humedad ambiental. El cambio de longitud se mide y se utiliza para cambiar mecánicamente la posición de un dispositivo tal como un puntero en un dial. Este tipo de higrómetro es el más económico, pero también es el menos preciso y responde de manera comparativamente lenta a cambios de la
15 humedad de aire. Este tipo de sensor se utiliza con poca frecuencia para controlar deshumidificadores con desecante.

20 Los expertos en la materia también entenderán que puede utilizarse cualquier combinación de detección y control de proceso 2 y de reactivación 3 para optimizar el rendimiento de un deshumidificador con desecante seco para cualquier aplicación específica.

REIVINDICACIONES

1. Aparato para el control de un deshumidificador con desecante sólido giratorio que presenta una rueda (1) de desecante y provisto de un sector de proceso (2) y de reactivación (3), consistiendo el aparato esencialmente en una unidad (12) de control central; uno o más sensores situados proximales al sector de proceso (2) y al sector de reactivación (3), y operativamente asociados con la unidad (12) de control central, con el fin de, entre otras cosas, medir una o más de entre la temperatura del aire (4) que entra en el sector de proceso (2), la temperatura del aire (7) que entra en el sector de reactivación (3), la temperatura global promedio del aire (5) que sale del sector de proceso (2), la temperatura global promedio del aire (8) que sale del sector de reactivación (3), la temperatura del aire (5) que sale del sector de proceso (2) de la rueda (1) justo antes de que rote al siguiente sector secuencial, la temperatura del aire (8) que sale del sector de reactivación (3) de la rueda (1) justo antes de que rote al siguiente sector secuencial, las temperaturas de aire justo antes de que la rueda (1) rote fuera de los sectores de proceso (2) y/o de reactivación (3), las temperaturas de aire a cada lado de un bucle de recirculación de purga, estando la unidad (12) de control central provista de una unidad de procesamiento para procesar unos datos recibidos y generar una(s) señal(es) de salida utilizando un algoritmo predeterminado, caracterizado por que la unidad (12) de control central está operativamente conectada con uno o más de los componentes de deshumidificador para transmitir unas señales de salida a los mismos y controlar su funcionamiento incluyendo los medios de movimiento de aire de proceso (10), los medios de movimiento de aire de reactivación (11), los medios de calentamiento de aire de reactivación (6), los medios de enfriamiento previo de aire de proceso (13) y los medios de rotación (9) de rueda (1) de desecante.
2. Aparato según la reivindicación 1, en el que la unidad (12) de control central es una unidad de PLC, una unidad de sistema de automatización de edificios, o un conjunto de múltiples controladores de un único bucle provistos de la capacidad para múltiples entradas para variables detectadas y salida de control proporcional-integral-derivado, o una placa computadora dedicada que está diseñada específicamente para proporcionar las entradas detectadas y salidas de control.
3. Aparato según la reivindicación 1, en el que el aparato está provisto de un sensor situado proximal al sector de proceso (2) para medir la humedad del aire que entra en el sector de proceso (2) y proporcionar unos datos generados de ese modo a la unidad (12) de control central.
4. Aparato según la reivindicación 1, en el que el aparato incluye un sensor para proporcionar unos datos a la unidad (12) de control central midiendo la humedad global promedio del aire que sale del sector de proceso (2).
5. Aparato según la reivindicación 1, en el que está previsto un conducto de derivación alrededor del sector de proceso (2), unos medios están previstos para controlar el flujo de aire a través del conducto de derivación, y unos medios están previstos para controlar el flujo de aire a través del sector de proceso (2) de la rueda (1), en ambos casos en función de las señales de salida desde la unidad (12) de control central.
6. Aparato según la reivindicación 5, en el que el aparato está provisto de un sensor para proporcionar datos a la unidad (12) de control central midiendo la humedad del aire de proceso después de haber mezclado el aire de proceso y el aire de derivación.
7. Aparato según la reivindicación 1, en el que el deshumidificador está provisto de un sector de purga situado secuencialmente entre el sector de reactivación (3) y el sector de proceso (2) y unos medios para hacer pasar una corriente de aire a través del sector de purga y dirigirla para que se convierta por lo menos en una parte del aire que entra en el sector de reactivación (3) de la rueda (1).
8. Aparato según la reivindicación 7, en el que están previstos uno o más sensor(es) proximales a la superficie del sector de purga para detectar la temperatura global promedio del aire que sale del sector de purga y para proporcionar los datos generados a la unidad (12) de control central.
9. Aparato según la reivindicación 7, en el que están previstos uno o más sensores proximales a la superficie del sector de purga para detectar la temperatura del aire que sale del sector de purga justo antes de que rote al siguiente sector secuencial y para proporcionar los datos generados a la unidad (12) de control central.
10. Aparato según la reivindicación 7, en el que unos medios están previstos para controlar el flujo de aire a través del sector de purga y están controlados operativamente por una señal de salida procedente de la unidad (12) de control central.
11. Aparato según la reivindicación 1, en el que un primer sector está dispuesto secuencialmente entre los sectores de proceso y de reactivación, un segundo sector está dispuesto secuencialmente entre los sectores de reactivación (3) y de proceso (2) y unos medios están previstos para hacer recircular una corriente de aire a través de los dos sectores.
12. Aparato según la reivindicación 11, en el que por lo menos un sensor está previsto para detectar la

temperatura de la corriente de aire de recirculación sobre por lo menos un lado de la rueda (1) y para proporcionar datos generados de ese modo a la unidad (12) de control central.

5 13. Aparato según la reivindicación 11, en el que los medios para hacer recircular una corriente de aire a través de los dos sectores están operativamente asociados con la unidad (12) de control central a través de una señal de salida generada basándose en los datos detectados por el sensor que mide la temperatura de la corriente de aire de recirculación.

10 14. Aparato según la reivindicación 1, en el que dicho uno o más sensores son termistores, termopares, sensores de detección de la temperatura con resistencia de platino o cualquier combinación de los mismos.

15. Aparato según la reivindicación 3 o 4, en el que el sensor de humedad es un sensor de humedad de tipo espejo enfriado, de tipo capacitancia de película delgada o de tipo filtro higroscópico.

15 16. Procedimiento para el control de un deshumidificador con desecante sólido giratorio que presenta una rueda (1) de desecante y provisto de por lo menos un sector de proceso (2) y de reactivación (3), estando el procedimiento caracterizado por las etapas siguientes:

20 (a) detectar y medir uno cualquiera o más de entre los siguientes parámetros: la temperatura del aire que entra en el sector de proceso (2), la temperatura del aire que entra en el sector de reactivación (3), la temperatura global promedio del aire que sale del sector de proceso (2), la temperatura global promedio del aire que sale del sector de reactivación (3), la temperatura del aire que sale del sector de proceso (2) de la rueda (1) justo antes de que rote al siguiente sector secuencial, y la temperatura del aire que sale del sector de reactivación (3) de la rueda (1) justo antes de que rote al siguiente sector secuencial
25 mediante uno o más sensores previstos en posiciones determinadas proximales a la superficie de la rueda (1) de desecante, las temperaturas de aire justo antes de que la rueda (1) rote fuera de los sectores de proceso (2) y/o de reactivación (3), las temperaturas de aire a cada lado de un bucle de recirculación de purga;

30 (b) reenviar los datos generados por dicho uno o más sensores a una unidad (12) de control central;

(c) procesar dichos datos recibidos en dicha unidad (12) de control central según un algoritmo predeterminado;

35 (d) generar y reenviar señales de salida a uno o más componentes de aparato incluyendo unos medios de movimiento de aire de proceso (10), unos medios de movimiento de aire de reactivación (11), unos medios de calentamiento de aire de reactivación (6), unos medios de enfriamiento previo de aire de proceso (13) y unos medios de rotación (9) de rueda (1) de desecante.

40 17. Procedimiento según la reivindicación 16, en el que la humedad del aire que entra en el sector de proceso (2) es medida y reenviada a la unidad (12) de control central.

45 18. Procedimiento según la reivindicación 16, en el que la humedad global promedio del aire que sale del sector de proceso (2) es detectada y reenviada a la unidad (12) de control central.

50 19. Procedimiento según la reivindicación 16, en el que un conducto de derivación está previsto alrededor del sector de proceso (2), y el flujo de aire a través del conducto de derivación o el sector de proceso (2) es controlado por unos respectivos medios de control que son sensibles a unas respectivas señales de salida desde la unidad (12) de control central.

55 20. Procedimiento según la reivindicación 16, en el que la humedad del aire de proceso es detectada y medida después de haber mezclado el aire de proceso y el aire de derivación, y los datos generados son enviados a continuación a la unidad (12) de control central para el procesamiento y la generación de señales de salida apropiadas.

60 21. Procedimiento según la reivindicación 16, que además comprende hacer pasar una corriente de aire a través de un sector de purga proporcionado secuencialmente entre el sector de reactivación (3) y el sector de proceso (2) y dirigirla para convertirla por lo menos en una parte del aire que entra en el sector de reactivación (3) de la rueda (1) y para detectar la temperatura global promedio del aire que sale del sector de purga.

22. Procedimiento según la reivindicación 21, en el que la temperatura del aire que sale del sector de purga de la rueda (1) se detecta utilizando uno o más sensores justo antes de que la rueda (1) rote al siguiente sector secuencial, y estos datos son transmitidos a la unidad (12) de control central.

65 23. Procedimiento según la reivindicación 21, en el que el flujo de aire a través del sector de purga es controlado por una señal de salida generada por la unidad (12) de control central enviada a unos medios de control de flujo

de aire.

5 24. Procedimiento según la reivindicación 16, en el que se recircula un flujo de aire entre un primer sector dispuesto secuencialmente entre los sectores de proceso (2) y de reactivación (3) y un segundo sector dispuesto secuencialmente entre los sectores de reactivación (3) y de proceso (2), a través de unos medios para recirculación previstos para hacer recircular una corriente de aire a través de los dos sectores.

10 25. Procedimiento según la reivindicación 24, en el que la temperatura de la corriente de aire de recirculación sobre por lo menos un lado de la rueda (1) es detectada por al menos un sensor y los datos generados son reenviados a la unidad (12) de control central para su procesamiento.

26. Procedimiento según la reivindicación 24, en el que la recirculación de la corriente de aire es controlada por medio de una señal de salida procedente de la unidad (12) de control central.

FIG. 1 – DESHUMIDIFICADOR CON DESECANTE SECO TÍPICO

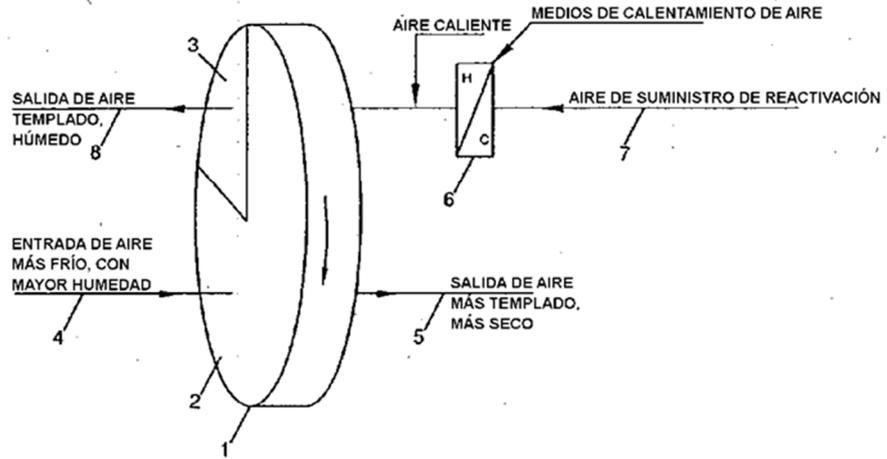
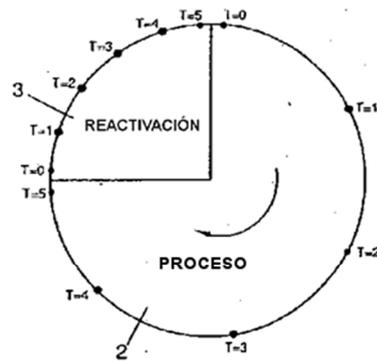


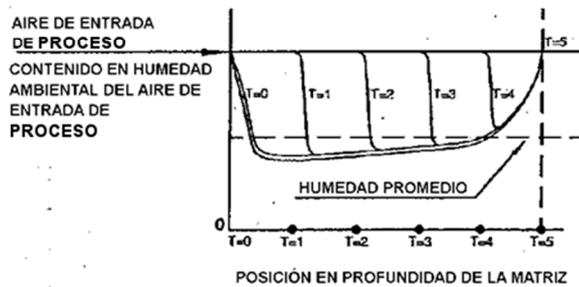
FIG. 1A – POSICIÓN ANGULAR DE CANAL FRENTE AL TIEMPO



NOTA:

PARA UNA UNIDAD CON UN SECTOR DE REACT. DE 90°, EL INTERVALO DE TIEMPO T EN EL SECTOR DE REACT. ES 1/3 DE LA LONGITUD EN EL SECTOR DE PROCESO

FIG. 2 – ONDA DE ADSORCIÓN QUE PASA A TRAVÉS DEL SECTOR DE PROCESO DE LA RUEDA DESECANTE



LA LÍNEA ROJA MUESTRA LA HUMEDAD DE DE DESCARGA FRENTE AL TIEMPO A MEDIDA QUE EL CANAL DADO ROTA A TRAVÉS DEL SECTOR DE PROCESO

FIG. 3 - ONDA DE TEMPERATURA QUE PASA A TRAVÉS DEL SECTOR DE PROCESO DE LA RUEDA DESECANTE

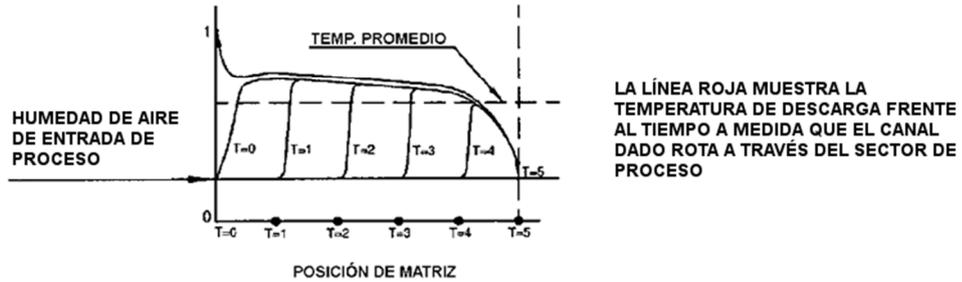


FIG. 4 - ONDA DE TEMPERATURA QUE PASA A TRAVÉS DEL SECTOR DE REACTIVACIÓN DE LA RUEDA DESECANTE

NOTA: EL SENTIDO DE FLUJO DE AIRE DE REACT. ES OPUESTO AL FLUJO DE AIRE DE PROCESO

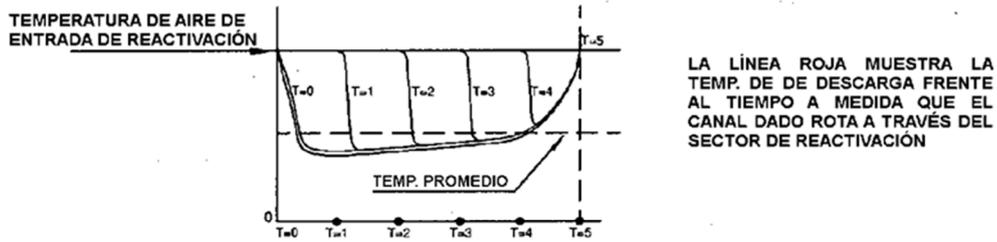


FIG. 5 - ONDA DE HUMEDAD QUE PASA A TRAVÉS DEL SECTOR DE REACTIVACIÓN DE LA RUEDA DESECANTE



FIG. 6 - EFECTOS DE LA VELOCIDAD DE ROTOR Y EL FLUJO DE MASA DE AIRE SOBRE EL RENDIMIENTO DEL LADO DE PROCESO

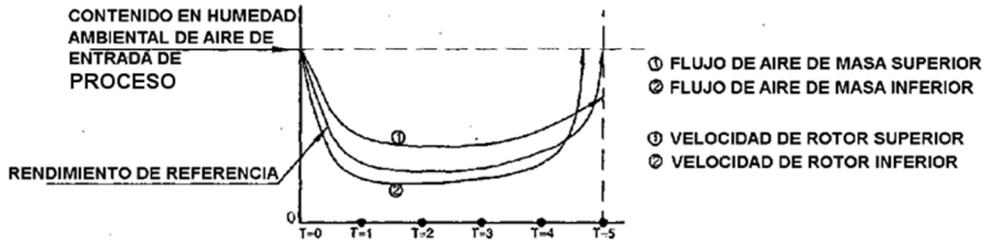


FIG. 7 - EFECTOS DE LA VELOCIDAD DE ROTOR Y EL FLUJO DE MASA DE AIRE SOBRE EL RENDIMIENTO DEL LADO DE REACTIVACIÓN

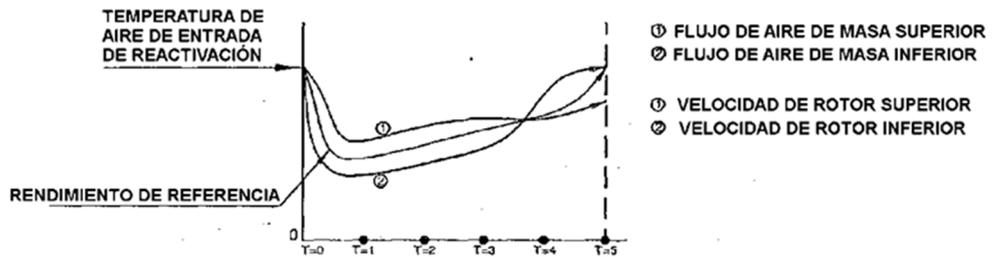


FIG. 8 - EFECTO DE SECTOR DE PURGA PARCIAL SOBRE EL RENDIMIENTO DE DESHUMIDIFICACIÓN DE PROCESO

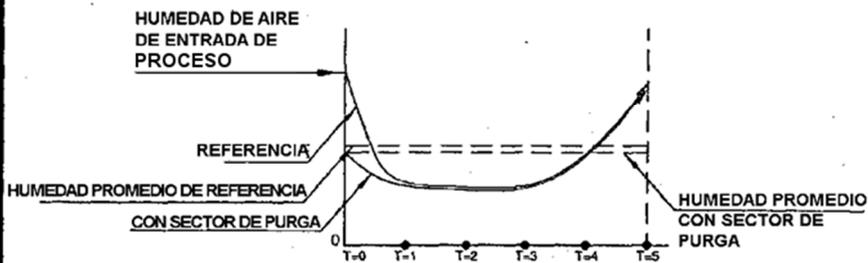


FIG. 9 – EFECTO DE SECTOR DE PURGA PARCIAL SOBRE LA TEMPERATURA DE AIRE DE SALIDA DE PROCESO

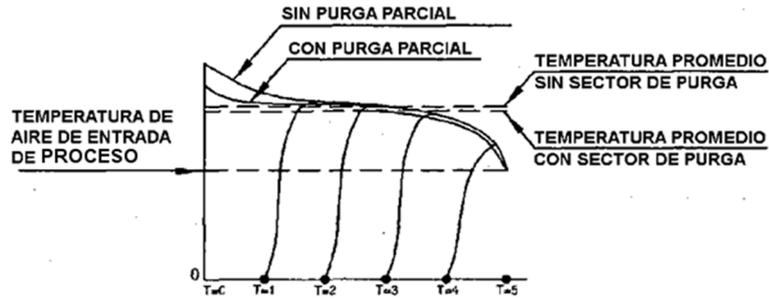


FIG. 10 – EFECTO DE SECTOR DE PURGA PARCIAL SOBRE LA TEMPERATURA DE AIRE DE SALIDA DE REACTIVACIÓN

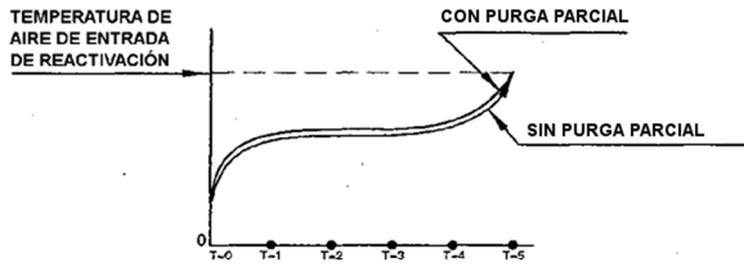
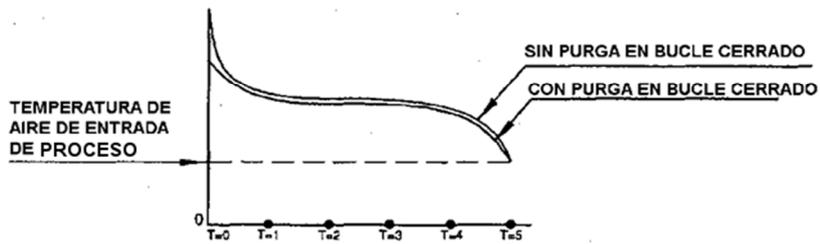


FIG. 11 – EFECTO DE PURGA EN BUCLE CERRADO SOBRE LA TEMPERATURA DE AIRE DE SALIDA DE PROCESO



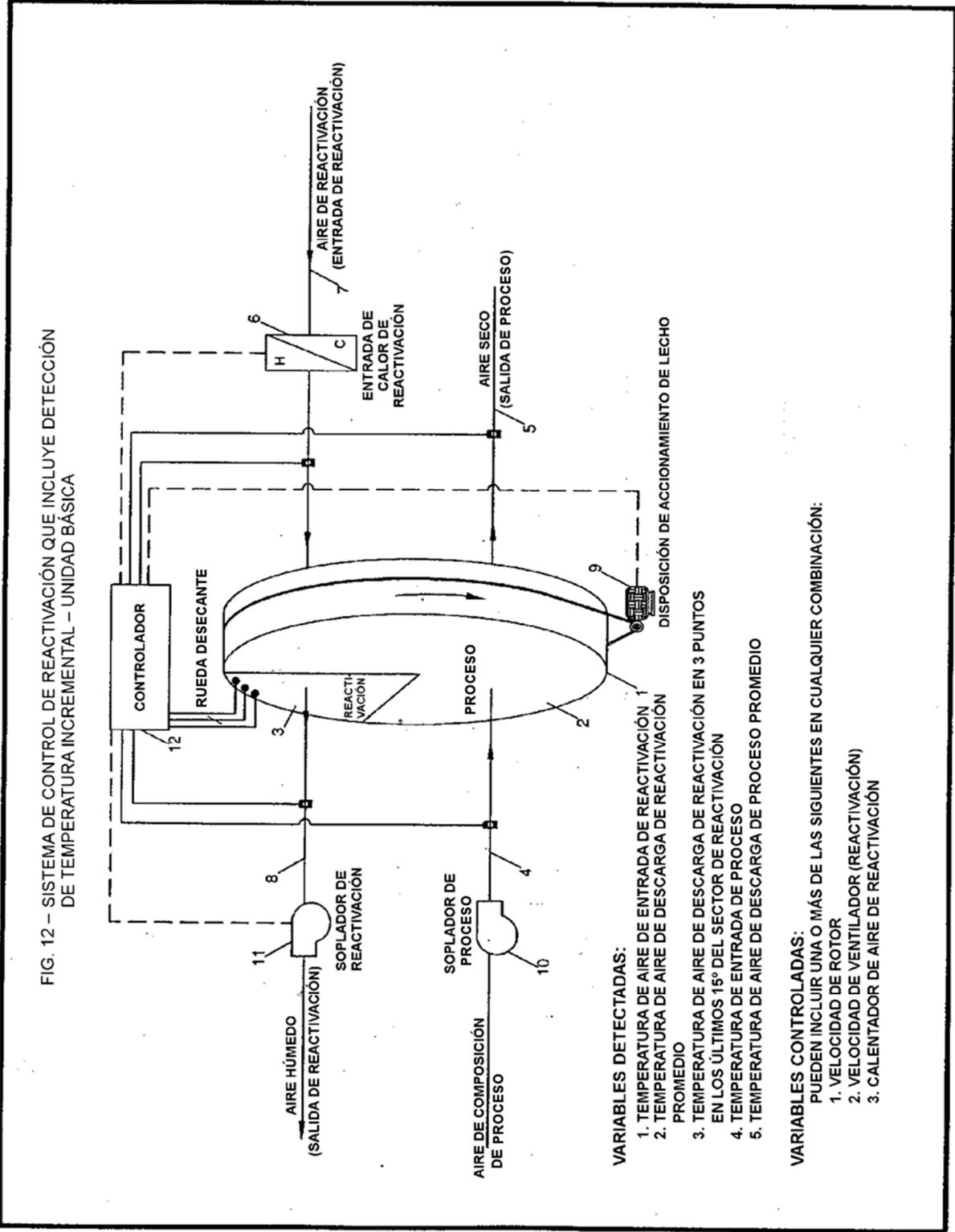


FIG. 12 - SISTEMA DE CONTROL DE REACTIVACION QUE INCLUYE DETECCION DE TEMPERATURA INCREMENTAL - UNIDAD BASICA

VARIABLES DETECTADAS:

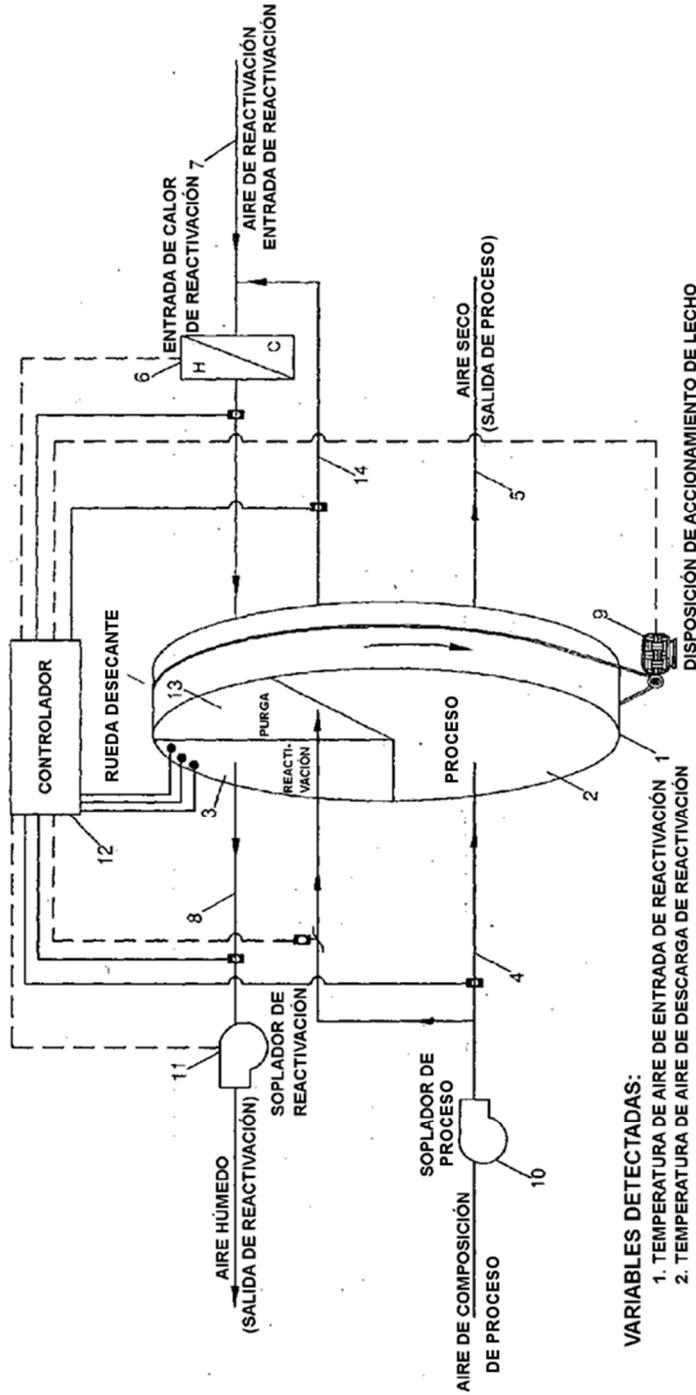
1. TEMPERATURA DE AIRE DE ENTRADA DE REACTIVACION
2. TEMPERATURA DE AIRE DE DESCARGA DE REACTIVACION PROMEDIO
3. TEMPERATURA DE AIRE DE DESCARGA DE REACTIVACION EN 3 PUNTOS EN LOS ULTIMOS 15° DEL SECTOR DE REACTIVACION
4. TEMPERATURA DE ENTRADA DE PROCESO
5. TEMPERATURA DE AIRE DE DESCARGA DE PROCESO PROMEDIO

VARIABLES CONTROLADAS:

PUEDEN INCLUIR UNA O MAS DE LAS SIGUIENTES EN CUALQUIER COMBINACION:

1. VELOCIDAD DE ROTOR
2. VELOCIDAD DE VENTILADOR (REACTIVACION)
3. CALENTADOR DE AIRE DE REACTIVACION

FIG. 13 - SISTEMA DE CONTROL DE REACTIVACIÓN QUE INCLUYE DETECCIÓN DE TEMPERATURA INCREMENTAL - UNIDAD CON SECTOR DE PURGA



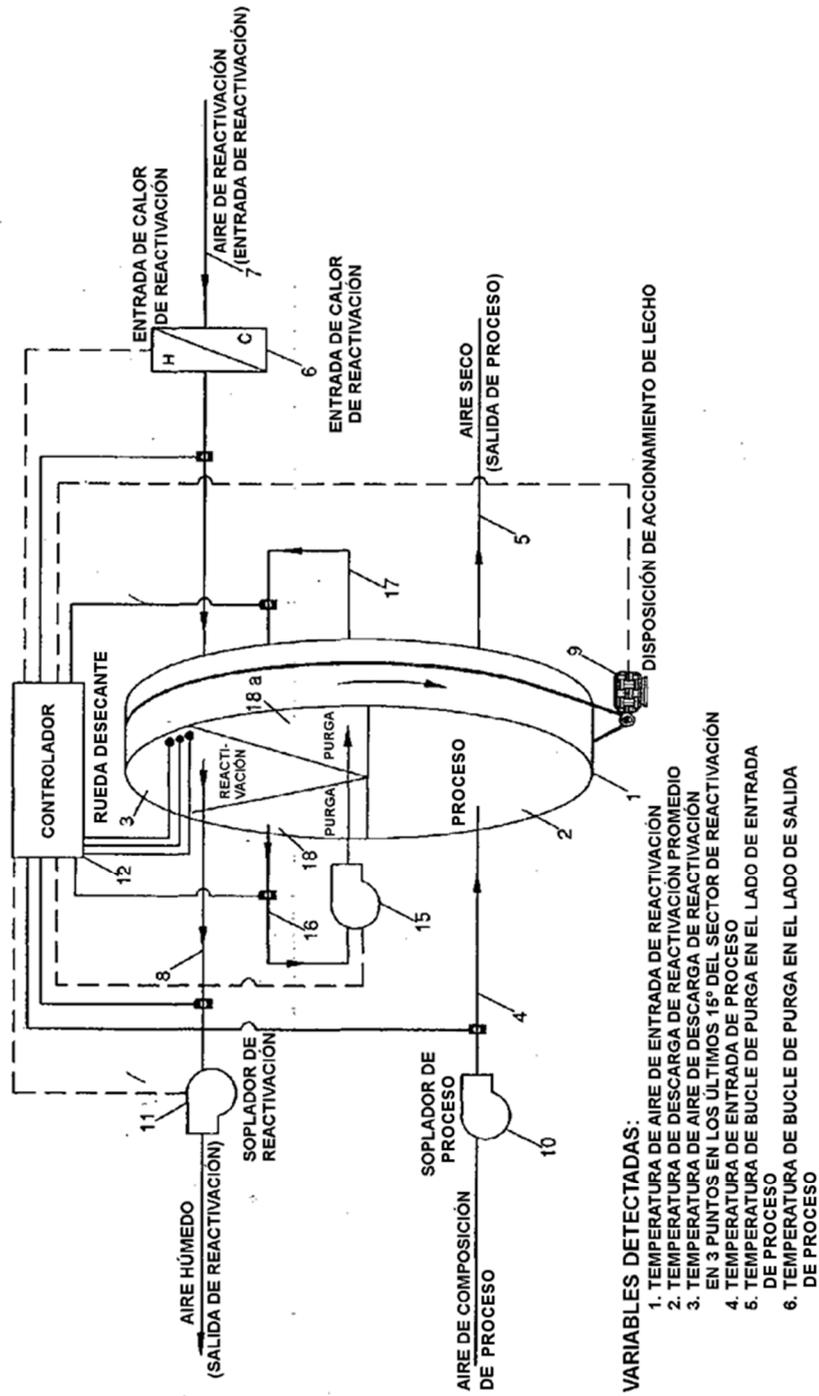
VARIABLES DETECTADAS:

1. TEMPERATURA DE AIRE DE ENTRADA DE REACTIVACIÓN
2. TEMPERATURA DE AIRE DE DESCARGA DE REACTIVACIÓN PROMEDIO
3. TEMPERATURA DE AIRE DE DESCARGA DE REACTIVACIÓN EN 3 PUNTOS EN LOS ÚLTIMOS 15° DEL SECTOR DE REACTIVACIÓN
4. TEMPERATURA DE ENTRADA DE PROCESO
5. TEMPERATURA DE DESCARGA DE SECTOR DE PURGA

VARIABLES CONTROLADAS

1. VELOCIDAD DE ROTOR
2. VELOCIDAD DE VENTILADOR DE REACTIVACIÓN
3. CALENTADOR DE AIRE DE REACTIVACIÓN
4. CONTROL DE FLUJO DE AIRE DE SECTOR DE PURGA (REGULADOR)

FIG. 14 - SISTEMA DE CONTROL DE REACTIVACIÓN QUE INCLUYE DETECCIÓN DE TEMPERATURA INCREMENTAL - UNIDAD CON PURGA EN BUCLE CERRADO



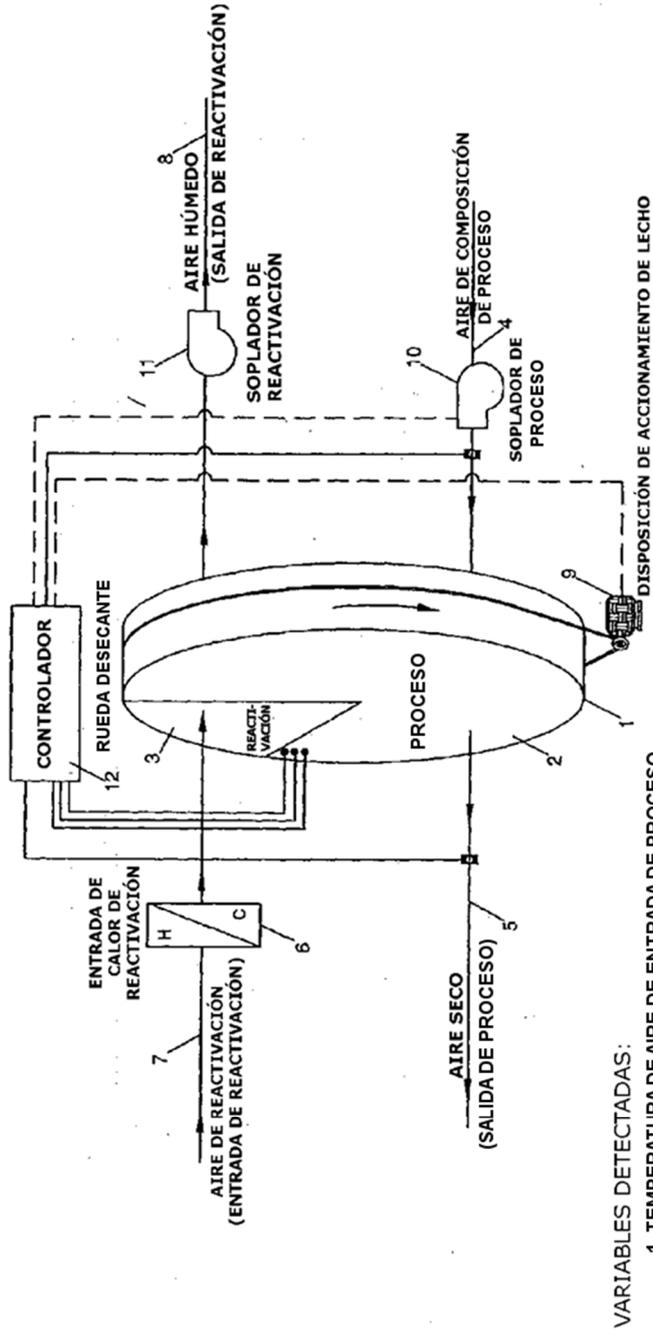
VARIABLES DETECTADAS:

1. TEMPERATURA DE AIRE DE ENTRADA DE REACTIVACIÓN
2. TEMPERATURA DE DESCARGA DE REACTIVACIÓN PROMEDIO
3. TEMPERATURA DE AIRE DE DESCARGA DE REACTIVACIÓN EN 3 PUNTOS EN LOS ÚLTIMOS 15° DEL SECTOR DE REACTIVACIÓN
4. TEMPERATURA DE ENTRADA DE PROCESO
5. TEMPERATURA DE BUCLE DE PURGA EN EL LADO DE ENTRADA DE PROCESO
6. TEMPERATURA DE BUCLE DE PURGA EN EL LADO DE SALIDA DE PROCESO

VARIABLES CONTROLADAS:

- PUEDEN INCLUIR UNA O MÁS DE LAS SIGUIENTES EN CUALQUIER COMBINACIÓN
1. VELOCIDAD DE ROTOR
 2. VELOCIDAD DE VENTILADOR DE REACTIVACIÓN
 3. CALENADOR DE AIRE DE REACTIVACIÓN
 4. VENTILADOR DE BUCLE DE PURGA

FIG. 15 - SISTEMA DE CONTROL DE LADO DE PROCESO QUE INCLUYE DETECCIÓN DE TEMPERATURA INCREMENTAL - UNIDAD BÁSICA



VARIABLES DETECTADAS:

1. TEMPERATURA DE AIRE DE ENTRADA DE PROCESO
2. TEMPERATURA DE AIRE DE DESCARGA DE PROCESO PROMEDIO
3. TEMPERATURA DE AIRE DE DESCARGA DE PROCESO EN 2 PUNTOS EN LOS ÚLTIMOS 30° DEL SECTOR DE PROCESO

VARIABLES CONTROLADAS:

PUEDEN INCLUIR UNA O MÁS DE LAS SIGUIENTES EN CUALQUIER COMBINACIÓN

1. VELOCIDAD DE ROTOR
2. VELOCIDAD DE VENTILADOR DE REACTIVACIÓN

NOTA: ESTE MÉTODO DE CONTROL SERÁ EL MISMO PARA UNIDADES CON PURGA ABIERTA Y PURGA EN BUCLE CERRADO