

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 901 106**

51 Int. Cl.:

**F24H 9/20** (2006.01)

**F24D 19/10** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **24.07.2018 PCT/IB2018/000777**

87 Fecha y número de publicación internacional: **07.02.2019 WO19025850**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.07.2018 E 18766325 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.09.2021 EP 3662210**

54 Título: **Método para aprender el patrón de extracciones de agua caliente en un calentador de agua de acumulación**

30 Prioridad:

**01.08.2017 IT 201700088388**

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

**21.03.2022**

73 Titular/es:

**ARISTON THERMO S.P.A. (100.0%)  
Viale Aristide Merloni, 45  
60044 Fabriano (AN), IT**

72 Inventor/es:

**BOARO, MATTEO;  
COACCI, GIANLUCA;  
PAOLINELLI, ROBERTO y  
VECCHIONI, ELEONORA**

74 Agente/Representante:

**MANRESA MEDINA, José Manuel**

ES 2 901 106 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

Método para aprender el patrón de extracciones de agua caliente en un calentador de agua de acumulación

- 5 El objeto de la presente invención, en un calentador de agua de acumulación genérico controlado mediante control electrónico, es un método nuevo para aprender los hábitos de uso de agua caliente, como así también un método nuevo para gestionar el mantenimiento de la temperatura del agua a fin de calentar el agua solamente en la cantidad y durante el tiempo previsto en base a dicho consumo habitual.
- 10 Un calentador instantáneo del agua puede proporcionar un caudal de agua caliente en forma estrictamente proporcional a la potencia térmica que tiene instalada. En general, existe dificultad para instalar potencias muy elevadas, y esto impone un límite a la velocidad del caudal máximo permitido.
- 15 La ventaja de los calentadores de agua de acumulación es que pueden proporcionar caudales de agua muy altos con una potencia térmica instalada limitada. La cantidad de agua que puede suministrarse a la temperatura de uso  $T_u$  durante una única extracción puede ser mayor que el volumen del tanque de acumulación porque este es mantenido específicamente a una temperatura de acumulación  $T_{acc}$  que es mayor que dicha temperatura de uso  $T_u$  y el agua extraída se utiliza entonces mezclándola con agua fría.
- 20 En la presente descripción, con frecuencia se hará referencia a la temperatura de acumulación  $T_{acc}$ , que significa una temperatura ficticia, representativa del contenido de entalpía del agua del tanque de acumulación, no necesariamente medible en forma directa e igual a la temperatura promedio del agua del tanque. En otras palabras, dado  $C$  la capacidad térmica de una masa de agua en un tanque de acumulación y  $E$  la energía térmica que dicha masa puede entregar a un ambiente a  $0\text{ }^\circ\text{C}$ , por temperatura de acumulación  $T_{acc}$  (expresada en  $^\circ\text{C}$ ) se entiende la relación  $E / C$ .
- 25 Dado que los tanques de acumulación son caros y voluminosos, es común tener un volumen lo más pequeño posible mientras no obstante se mantiene alta la temperatura de acumulación  $T_{acc}$  (generalmente a  $60 - 75\text{ }^\circ\text{C}$ ), mientras que la temperatura de uso  $T_u$  efectiva, que normalmente está dentro de un rango entre  $35\text{ }^\circ\text{C}$  y  $40\text{ }^\circ\text{C}$ , se obtiene aguas arriba de los puntos de uso mezclándola con agua fría. No obstante, el agua a menudo es distribuida a mayores temperaturas de la temperatura  $T_u$  para compensar el enfriamiento a lo largo de los caños de distribución.
- 30 En general, el volumen  $V$  del tanque se selecciona para satisfacer la mayor cantidad de retiros previsible para un usuario específico manteniendo la temperatura de acumulación  $T_{acc}$  al valor máximo posible mientras que la potencia térmica instalada debe ser tal que pueda restaurar una reserva de agua suficiente para el siguiente consumo.
- 35 En conclusión, se necesitan varios modelos diferentes de calentadores de agua de acumulación para servir a diferentes categorías de usuarios.
- 40 Para satisfacer el caudal de mayor valor de agua caliente, que es la mayor extracción de agua previsible, resulta obvio que el calentador de agua sea mantenido durante la mayor parte del tiempo a una temperatura de acumulación  $T_{acc}$  que es innecesariamente alta para la mayoría de los restantes consumos.
- 45 Por consiguiente, como se sabe, en los calentadores de agua de acumulación la mayor causa de ineficiencia son las pérdidas térmicas que también pueden ser muy relevantes, y que a menudo resultan inútiles durante el transcurso del día y también están alejadas de los tiempos de extracción.
- 50 Por lo tanto, se han desarrollado varios métodos que varían respecto de exactitud y facilidad de utilización, para limitar las pérdidas de calor manteniendo la temperatura del calentador de agua a los valores mínimos con los que se puede satisfacer las necesidades de los usuarios.
- 55 El requerimiento mínimo para garantizar que el servicio siempre se cumpla es que el calentador de agua se mantenga, al menos en parte, a una temperatura mínima no inferior que la temperatura de uso  $T_u$ , a fin de soportar extracciones menores no esperadas y que el volumen del tanque sea lo suficientemente grande como para garantizar el mayor retiro de agua necesario para ese usuario, mientras se mantiene la temperatura al valor máximo permitido. En general, los consumos tienen un patrón irregular durante el día, ya sea respecto de las horas como de la cantidad de agua consumida, tendiendo a juntarse en horarios específicos. En adelante, denominaremos "patrón de extracción" a dicho patrón de uso del agua, que consiste en los horarios y las cantidades de extracción.
- 60 Si bien el patrón de extracción no es parejo durante el día, sí es muy repetitivo durante ciclos de tiempo específicos que son repetitivos entre sí: en particular respecto del ciclo de tiempo semanal. Los hábitos de los usuarios, en efecto, son tan estables que se reconoce un patrón de extracción específico para los lunes, los martes, etcétera, en particular. Asimismo, hay diferencias significativas entre los días de trabajo y los días feriados, como los hay en
- 65

los días de vacaciones en el medio de la semana y periodos de vacaciones.

Esta ciclicidad del patrón de extracción del agua permite, por lo tanto, preverlo con una razonable certeza y es posible, entonces, implementar los métodos de control de la temperatura del calentador de agua de manera que sea variable a lo largo del día. Cada uno de dichos intervalos de tiempo repetitivos se denomina, en este documento, un ciclo de extracción. Si bien los ciclos de extracción en general comprenden una semana, en la que cada día de la semana puede ser entendido como un subperiodo del ciclo que tiene sus características de extracción que lo diferencian de los demás días, respecto de usuarios particulares, tal como en los ambientes laborales, en los que cualquier diferencia en el comportamiento no está correlacionada con el día de la semana, el ciclo de extracciones, aunque repetitivo, puede tener una duración distinta de los siete días y subperiodos diferentes de las 24 horas.

Para reducir las pérdidas de calor, el método simple en uso siempre ha sido activar y desactivar el elemento calentador mediante un reloj para garantizar las temperaturas deseadas solamente durante el periodo en el que se espera que se produzcan las extracciones de agua.

Otro método simple, menos eficiente desde el punto de vista de la energía, pero económicamente más ventajoso para el usuario es el de activar el elemento calentador solamente durante los horarios en los que el consumo es más barato. El agua puede estar innecesariamente demasiado caliente durante bastante tiempo antes de lo necesario, pero, de todos modos, se la habrá obtenido a costos relativamente bajos.

Estos son métodos en los que simplemente la compensación de la temperatura  $T_{off}$  del termostato se establece a un valor fijo. No obstante, la temperatura de acumulación  $T_{acc}$  se reduce porque el elemento calefactor es desactivado a la fuerza.

Los métodos más efectivos para reducir el consumo son los métodos que permiten que la temperatura de acumulación  $T_{acc}$  varíe a lo largo del tiempo de una manera programada. Para que eso sea posible, se debe conocer el patrón de extracción.

El documento EP 0 866 282 describe un dispositivo en el que es posible programar la secuencia de extracciones deseada, es decir, el patrón de extracción. El tamaño de las  $n$  extracciones previstas en la secuencia de tiempo  $t_1, t_2, \dots, t_k, \dots, t_n$  se registra estableciendo para cada momento  $t_k$  la temperatura  $T_{off,k}$  que se cree que puede satisfacer la  $k$ -ésima extracción  $P_k$ . Una limitación del método consiste en la dificultad de lograr una configuración correcta, ya que el usuario puede no saber los tiempos de extracción de agua caliente y los valores de configuración  $T_{off,k}$  reales para obtener la cantidad de agua caliente deseada e la temperatura de uso  $T_u$ . El método de configuración, por lo tanto, requiere de una serie de ajustes de prueba y error con una alta probabilidad de que el usuario renuncie a regular la configuración apenas queden satisfechas las necesidades de calentamiento, sin saber si hubiese logrado esto con más eficiencia. Otra dificultad está en el hecho de que el tiempo real en el que se alcanza la temperatura deseada depende del tiempo de calentamiento, que es difícil de evaluar y es siempre variable a lo largo del tiempo respecto del mismo calentador de agua por varias razones, tales como depósitos calcáreos, variaciones estacionales de la temperatura del ambiente en la que está instalado el calentador, o la temperatura del agua que entra al tanque de acumulación, además de la reducción, a lo largo del tiempo, del rendimiento de calor efectivo del elemento calefactor.

El documento de la técnica anterior GB 2 146 797, por otra parte, detecta información de los tiempos y cantidad de cada extracción utilizando sensores de flujo y establece, respecto de cada extracción, la temperatura de acumulación  $T_{acc}$  a un valor que es intermedio entre el mínimo y el máximo permitido y proporcional al volumen de extracción esperado. El método tiene la desventaja de que requiere de la presencia de sensores de flujo para detectar las extracciones. Además, carece de la capacidad de autoadaptación, en el sentido de que aprende la variabilidad de las extracciones, pero asignando a cada medida de extracción una temperatura que no puede ser cambiada porque ha sido generada por una fórmula preestablecida, no tiene la posibilidad de corregirla si dicha temperatura es demasiado alta, o demasiado baja.

Según el documento EP 0 356 609, por el contrario, la secuencia de los tiempos de extracciones y las temperaturas de acumulación deseadas  $T_{acc}$  se preconfiguran en un procesador electrónico. La computadora, por lo tanto, establece los valores de control que la temperatura de ajuste del termostato debe asumir respecto de cada intervalo de tiempo. A continuación, estas temperaturas de ajuste son reguladas aumentándolas para los intervalos en los que la  $T_{acc}$  de acumulación deseado no ha sido alcanzada y disminuyéndolas en el caso contrario. Una limitación del método, como en el primer documento citado, es la necesidad de tener extracciones previstas preconfiguradas. Otra limitación, como en el segundo documento citado, es que funciona sobre una temperatura de acumulación fija preconfigurada que, no obstante, no está garantizado que sea la mejor para asegurar el desempeño deseado de la manera más eficiente.

El documento US 2003/0194228 detecta, en un calentador de agua de acumulación, si hay retiros de agua en curso calculando la velocidad de la variación temporal de la temperatura del agua almacenada. Si se detectan extracciones, se registra la hora, la duración y los métodos de calentamiento utilizados para satisfacer dicha

extracción. Cada extracción siguiente se compara con las anteriores, memorizadas y, si se encuentra una similar, se aplican a esta extracción los mismos métodos de suministro de energía aplicados a la extracción previa. Este método no es efectivo para calentadores de acumulación porque la energía suministrada cuando comienza la extracción es una intervención tardía, ya que en un calentador de agua de acumulación esta potencia no es suficiente para suministrar la energía térmica requerida de forma instantánea. Por consiguiente, no puede satisfacerse la extracción deseada aun basándose en información relativa a una extracción anterior similar. La potencia térmica que debe suministrarse se calcula tomando en cuenta las temperaturas del agua leídas a intervalos de tiempo, pero también parámetros ambientales (tales como temperatura ambiente) y/o parámetros de construcción (tales como características termo-físicas y/o geométricas del mismo calentador de agua) de modo tal que el software de control debe ser customizado para cada modelo de calentador.

El documento US 5 526 287 A detecta el comienzo y el final de una extracción controlando, desde el exterior, la temperatura del tubo de entrada del agua fría de un tanque de acumulación. Este método debe considerarse inadecuado para detectar la cantidad y la duración efectiva de la extracción de agua: la temperatura externa de la tubería, en efecto, varía con el paso del agua fría de modos muy influenciados por la temperatura externa, la inercia térmica y también la temperatura del agua caliente que se encuentra en acumulación y que es transportada a lo largo de las tuberías. La temperatura objetivo del agua caliente se calcula considerando continuamente tanto dicha temperatura externa hasta el caño de ingreso y la temperatura externa hasta la temperatura del caño de salida hacia los usuarios, como así también considerar la cantidad de extracción de agua en curso, la pérdida de calor y la potencia térmica disponible en base a fórmulas que contienen constantes (R, B, C) empíricamente predefinidas y caracterizantes del calentador de agua. Este método tampoco es adecuado para garantizar el desempeño de los calentadores de agua de acumulación, ya que, al igual que el documento anterior, la intervención es tardía.

El documento EP 2 362 931 B1 es el primero entre los documentos citados aquí que identifica y registra el patrón de extracción de agua exclusivamente controlando las temperaturas del agua almacenada con uno o más sensores colocados en áreas del tanque que con más probabilidades se verán afectados por la entrada de agua fría, lo que ocurre ante cada extracción. Un índice de disminución de esas temperaturas respecto de un cierto umbral en un momento determinado indica que ha comenzado una extracción en ese momento, mientras que la cantidad de descenso de la temperatura indica la cantidad de extracción misma. De este modo es posible construir el ciclo de extracción. Este documento, por lo tanto, indica cómo identificar los tiempos y la cantidad de extracciones exclusivamente en base al control de las temperaturas del agua almacenada. La estimación de los tiempos de cada extracción es muy precisa, gracias a dicho posicionamiento de los sensores cerca de la entrada de agua fría. Sin embargo, la misma posición hace difícil evaluar, a partir de las temperaturas leídas por los sensores, el promedio real de la temperatura del agua al final de la extracción del agua. Esto puede producir una subestimación de este promedio de temperatura del agua, con la consiguiente sobreestimación de la cantidad de extracciones, y por consiguiente una gestión del calentador de agua a temperaturas más altas que lo necesario.

Adquirido el patrón de extracción en un primer ciclo de extracciones en el que la temperatura T.off del termostato es mantenida lo suficientemente alta como para garantizar una cantidad de agua caliente igual al máximo esperado para dicho modelo de calentador, en ciclos sucesivos, sustancialmente todos los documentos anteriores llevan la temperatura T.off al valor máximo necesario para la primera de las extracciones esperadas y activan el elemento calefactor antes del momento de la extracción solamente si el tiempo necesario para alcanzar dicha temperatura T.off en coincidencia con dicha primera extracción esperada.

La activación del elemento calefactor con la antelación correcta implica que se tiene el conocimiento de la velocidad de calentamiento que casi todos los documentos anteriores ofrecen para realizar la estimación a partir del aprendizaje.

Una desventaja común de todos los métodos antes descriptos es que estos solamente apuntan a satisfacer la primera de las próximas extracciones programadas y después, pueden no poder satisfacer una extracción coherente que se produzca poco después de la extracción recién ocurrida debido a que le falta tiempo suficiente para restaurar el valor de temperatura T.off al nuevo valor necesario.

El documento EP 2 366 081 B1 puede construir un patrón de "extracciones de agua ficticias" que permite que el calentador de agua se prepare anticipadamente para una o más extracciones importantes cerca de una primera extracción. Por lo demás, el documento identifica y registra el patrón de las extracciones de una manera muy similar al anterior documento EP 2 362 931 B1 del que, por lo tanto, ya tiene los mismos méritos y limitaciones respecto de estos aspectos.

El documento EP 2 328 046 B1 asigna a la temperatura T.off solo cuatro posibles valores predeterminados que corresponden a una extracción estimada como "importante", "normal", "baja" o "mínima". La cantidad y el tiempo de cada extracción no son detectados directamente sino por la medición del tiempo de activación del elemento calefactor, accionado por la disminución de la temperatura de acumulación T.acc, dentro de ventanas de tiempo corredizas. Naturalmente, los tiempos de activación más breves o más prolongados para la recuperación de la temperatura T.off fueron provocados por extracciones más o menos importantes. El método tiene la ventaja de

adquirir datos de extracciones sin sensores adicionales además del que acciona el termostato pero, por su naturaleza, por proporciona mediciones directas e inmediatas de la de la ocurrencia de extracciones y su cantidad, ni conoce la velocidad de calentamiento, requiere un aprendizaje recursivo, por aproximaciones sucesivas, para cuyo desarrollo son necesarios muchos ciclos de extracción y puede necesariamente decidir y discriminar solamente entre unos pocos valores predeterminados para T.off. Por lo tanto, el máximo ahorro de energía que el método permite se logra con retraso en comparación con los documentos anteriores y solamente en una manera menos precisa. Además, incluso ante un marcado cambio de comportamiento del usuario, no logra la adaptación inmediata al siguiente ciclo.

El documento US 2001/020615 A1 describe un método de acuerdo con el preámbulo de la Reivindicación 1 y describe un software de control de un calentador de agua que controla la temperatura del agua de acumulación y entiende que el agua está siendo extraída cuando detecta un gran cambio negativo en la temperatura. El método descrito no permite estimar la cantidad de agua extraída; la potencia de calentamiento a suministrar se basa en patrones de uso del calentador de agua preconfigurados.

Un problema general para determinar el contenido de potencia y el consumo de energía de un calentador de agua es que estos están estrictamente correlacionados con el valor de la temperatura de acumulación T.acc mientras las sondas de temperatura solamente pueden medir la temperatura local (que aquí denominamos temperatura T.loc), que dista mucho de la temperatura de acumulación T.acc cuando el agua que se encuentra almacenada no está en un estado estable. Un objeto general de la presente invención es superar, al menos en parte, estos inconvenientes.

En particular, un objeto de la presente invención es el de adquirir, de una manera más exacta de la que se conoce hoy, el tiempo y la cantidad de una extracción de agua con la ayuda de sensores de temperatura, pero sin una medición directa de la temperatura de acumulación T.acc al final de una extracción.

Otro objeto de la presente invención es detectar la velocidad de calentamiento del agua mediante elementos de calentamiento, minimizando los errores de evaluación a los que pueden inducir las temperaturas leídas en la realidad y en el lugar.

Otro objeto de al menos algunas variantes de la presente invención es detectar dicha velocidad de calentamiento de agua separadamente de cada uno de los tipos diferentes posibles de elementos calefactores presentes y/o grupos de los mismos.

Otro objeto, al menos para algunas variantes de la presente invención, es construir el patrón de extracciones en base a dichas adquisiciones de tiempos y entidades de cada extracción o grupos de pequeñas extracciones y de dicha velocidad de calentamiento.

Otro objeto posible, al menos para algunas variantes de la presente invención, es almacenar patrones de extracción en forma sintética, preservando solamente los datos esenciales para un posible método de gestión de la temperatura de acumulación T.acc en el tiempo, que minimice las pérdidas de calor y al mismo tiempo satisfaga las necesidades de los usuarios.

Otros objetos, características y ventajas de la presente invención resultarán más evidentes a partir de la siguiente descripción de una versión básica del método de adquisición de patrones de extracción de agua de acuerdo con las reivindicaciones principales y de algunas variantes preferidas de acuerdo con las reivindicaciones dependientes, todas ilustradas puramente a modo de ejemplos no limitantes, en los dibujos adjuntos, en los que:

- Las figuras 1.a y 1.b muestran esquemáticamente y en sección un calentador de agua de acumulación con los elementos esenciales para los objetos de la invención. En la fig. 1.a, el calentador de agua se calienta mediante una resistencia eléctrica, mientras en la fig. 1.b mediante una bobina alimentada por un fluido genérico de transferencia de calor;
- la figura 2 muestra, en un gráfico, la tendencia a través del tiempo de una temperatura local durante una fase completa de calentamiento del agua desde una fase inicial a temperatura ambiente hasta el apagado del elemento calefactor, para alcanzar la temperatura deseada en ausencia de extracciones;
- la figura 3 muestra, en un gráfico, el patrón de tiempo cíclico de una temperatura local que oscila entre una temperatura mínima alcanzada por el enfriamiento debido a la pérdida de calor hasta una máxima alcanzada al momento del apagado del elemento calefactor luego de la restauración de la temperatura objetivo y siempre en ausencia de extracciones;
- la figura 4 muestra, en un gráfico, el patrón de la temperatura de acumulación y de una temperatura local, medida directamente durante un período que consiste en una primera fase de enfriamiento leve mediante pérdidas térmicas seguidas de un enfriamiento abrupto debido al efecto de una extracción, a su vez seguida de un calentamiento cuando se enciende un elemento calefactor;
- la figura 5 muestra, en un gráfico, el patrón de la temperatura de acumulación y de una temperatura local, medida directamente, durante un periodo que consiste en fases de enfriamiento leve debido a pérdidas

- térmicas intercaladas /interrumpidas por algunas fases de enfriamiento abrupto por extracciones, a su vez seguidas de fases de calentamiento hasta las temperaturas determinadas de vez en cuando sobre la base de un patrón de extracción adquirido;
- 5 - la figura 6 muestra, en un gráfico, el patrón de una temperatura local medida directamente durante un periodo real que consiste en fases de enfriamiento leve debido a pérdidas térmicas intercaladas /interrumpidas por muchas fases de enfriamiento abrupto por extracciones, inclusive muy pequeñas, que a su vez son seguidas de fases de calentamiento hasta alcanzar las temperaturas determinadas de vez en vez en base a un patrón de extracción adquirido;
  - 10 - la figura 7 muestra, en un gráfico, el patrón de la temperatura de acumulación y de una temperatura local, medida directamente, durante una fase de enfriamiento por pérdidas térmicas, seguido de la restauración de la temperatura inicial y en ausencia de extracción de agua;
  - la figura 8 muestra, en un gráfico, durante un paso de calentamiento mediante un elemento calefactor con una potencia térmica que disminuye lentamente a medida que aumenta la temperatura, una pendiente ascendente de la misma temperatura con patrón curvilíneo que puede aproximarse a una pendiente lineal;
  - 15 - la figura 9 muestra, en un gráfico, durante un paso de calentamiento mediante un elemento calefactor con potencia térmica más marcadamente decreciente que en la fig. 8, a medida que la temperatura aumenta, una pendiente ascendente de la misma temperatura con patrón curvilíneo, que puede ser aproximado a dos secciones lineales consecutivas.
  - 20 - la figura 10 muestra, en un gráfico, una primera fase de enfriamiento leve por pérdidas térmicas, seguida de un enfriamiento abrupto debido a una primera extracción, a su vez seguida de una fase de calentamiento que se detiene antes de que la temperatura promedio haya regresado al valor que tenía antes de la primera extracción y luego seguida de una segunda extracción;
  - 25 - la figura 11 muestra, en un gráfico, una primera fase de enfriamiento leve por pérdidas térmicas seguida de un enfriamiento abrupto debido a una primera extracción, a su vez seguida de un paso de calentamiento que continúa durante una segunda extracción.

30 Todos los gráficos mencionados, muestran la escala temporal en la abscisa y la temperatura en las ordenadas. La mayoría de los gráficos están en diferentes escalas para destacar de vez en vez ciertos u otros aspectos relevantes de la invención y solamente son ejemplos de posibles situaciones que no son limitativas a los fines de la invención misma.

Para una claridad gráfica, en las fórmulas se ha usado el asterisco " \* " en lugar del punto usual "." como signo de multiplicación.

35 A menos que se especifique lo contrario de vez en vez, todas las variables que aparecen en las siguientes expresiones matemáticas se usan con sus valores absolutos.

Temperaturas locales significan mediciones realmente detectadas a nivel local por un sensor de temperatura.

40 La temperatura de acumulación  $T_{acc}$ , como ya ha sido definida, puede coincidir sustancialmente con las temperaturas que pueden ser realmente medidas a nivel local cuando el agua está en un "estado estable", es decir, no sujeta a turbulencias debido, por ejemplo, al ingreso de agua cuando la temperatura es sustancialmente homogénea dentro del tanque de acumulación y por lo tanto se la puede conocer con una buena aproximación en cualquier lugar en donde se la mida.

45 En particular, se ha verificado experimentalmente que hay una correlación suficiente, a los fines de la invención, entre la temperatura de acumulación  $T_{acc}$  y las temperaturas locales leídas por los sensores en al menos dos circunstancias: sin extracción en curso con turbulencias correlacionadas y/o inicio desde unos minutos después del final de la fase de calentamiento.

50 En otros casos, por el contrario, las temperaturas locales reales pueden ser muy diferentes de la temperatura de acumulación  $T_{acc}$ , especialmente porque los sensores de temperatura están generalmente colocados cerca de la entrada de agua fría y a menudo también cerca del elemento calefactor HE.

55 Por elemento calefactor HE, se entiende cualquier fuente de calor conocida, tal como un grupo de uno o más calentadores eléctricos, tubos de descarga de gases de escape, intercambiadores de calor del condensador en una bomba de calor, intercambiador de calor de un sistema de calentamiento de espacios de agua caliente, etc.

60 La descripción de la invención se limita inicialmente al caso en el que dicho elemento calefactor HE es único y capaz de proporcionar una potencia térmica  $P$  sustancialmente constante e independiente del nivel de la temperatura del agua deseada. La invención luego será generalizada para el caso en el que hay más tipos de elementos calefactores y/o sea apropiado tomar en cuenta una variabilidad de la potencia térmica cuando varíe la temperatura del agua.

65 Las figuras 1.a y 1.b muestran un diagrama del tanque S de un calentador de agua de acumulación, en el ejemplo

del tipo vertical, con una entrada de agua fría IN y una salida de agua caliente OUT y provisto de un elemento calefactor HE que puede llevarse del estado de apagado (OFF) al estado de encendido (ON) y viceversa mediante un termo-regulador TR.

5 El termo-regulador TR es de tipo electrónico, adecuado para pasar dicho elemento calefactor HE del estado OFF a ON y viceversa cuando un sensor de temperatura STR detecta que se ha alcanzado respectivamente la temperatura de apagado T.off y la temperatura de encendido T.on = T.off. -  $\Delta t$ , donde  $\Delta t$  es un valor es un valor de histéresis predeterminado o ajustable.

10 Asimismo, el termo-regulador TR es del tipo adecuado para comunicar los estados OFF y ON de dicho elemento calefactor HE y los valores actuales de al menos dicha temperatura de apagado T.off a una unidad de control que comprende un microprocesador MP.

15 Ventajosamente, dicho termostato TR está integrado a dicho microprocesador MP e, incluso más ventajosamente aún, puede recibir los valores más recientes de temperatura de apagado T.off y de encendido T.on para que sean establecidos cada vez de acuerdo, por ejemplo, con lo que decida un programa de control de gestión de la temperatura del calentador de agua que funciona mientras los métodos de acuerdo con la presente invención también están activos. Como se mostrará, esta variación posible de los valores de dichas temperaturas de apagado T.off y encendido T.on no evita alcanzar los objetivos de esta invención.

20 Además, se proporcionan los s sensores de temperatura local S.loc.i (con i desde 1 hasta s y con s > 1), preferiblemente ubicados cerca de la entrada de agua fría IN y del elemento calefactor HE.

25 Preferiblemente, dichos s sensores de temperatura local S.loc.i son del tipo NTC, que aseguran exactitudes de las lecturas mucho mejores que las que son necesarias para los fines de la invención.

Ventajosamente, uno de dichos s sensores de temperatura S.loc.i pueden coincidir con el sensor de temperatura STR del termo-regulador TR.

30 El ya mencionado microprocesador MP es capaz de realizar las siguientes funciones de lectura, registro y procesamiento, previstas para las diferentes variantes de la invención, incluyendo:

- Conocer dicha temperatura de apagado T.off
- Recibir de dichos sensores de temperatura S.loc.i, las señales relativas que representan temperaturas locales T.loc.i;
- calcular la temperatura local T.loc igual al valor promedio eventualmente ponderado adecuadamente de dichas temperaturas locales T.loc.i,
- Medir el paso del tiempo,
- Escribir y leer en un registro de estatus específico HE-ON/OFF el estado actual [ON] u [OFF] de dicho elemento calefactor HE,
- Guardar la duración de tiempo At.on de los estados ON del elemento calefactor HE,
- Guardar dichas temperaturas locales T.loc.i asociadas con el tiempo de sus respectivas lecturas;
- Escribir y leer en un registro de estatus TAP específico los estados actuales [NO TAPPING],[TAPPING-ON],[TAPPING- ALERT] que represente, respectivamente, la ausencia, la ocurrencia o la probable ocurrencia de extracciones;
- Procesar y guardar de manera estable o temporaria datos de acuerdo con los métodos posibles de invención que se describirán brevemente y que en esencia consisten en:

- leer/escribir las temperaturas locales T.loc.i detectadas, ordenadas respecto del momento en que se realiza la lectura/escritura;
- leer/escribir los estados en dichos registros de estados HE-ON/OFF y TAP
- Ejecutar, generalmente condicionada por los estados leídos en dichos registros de estado HE-ON/OFF y TAP, de cálculos basados en las temperaturas locales T.loc.i detectadas,
- escribir los resultados de dichos cálculos;

- posiblemente emitir señales que pueden ser percibidas o detectadas por el usuario y/o por un técnico de asistencia técnica;
- posiblemente mantener en la memoria un calendario que contenga información sobre días festivos o días previos a las vacaciones, información sobre comportamiento del usuario, similar a los días festivos o previos a los festivos, semanalmente.

De acuerdo con la invención, dichas temperaturas locales T.loc.i pueden ser usadas para calcular al menos:

- Los horarios de inicio de la extracción,
- la velocidad de calentamiento del elemento calefactor,

- la velocidad de enfriamiento debido a pérdidas térmicas.

Se pueden prever otras capacidades de acumulación y procesamiento de memoria duraderas o temporales del microprocesador MP y serán evidentes con la descripción de un método básico y muchas variantes de acuerdo con la invención.

Para los fines de la invención, el valor medio T.loc de dichas temperaturas locales T.loc.i es generalmente relevante, (posiblemente ponderado convenientemente para dar mayor relevancia a uno u otro de ellos) o, como se verá, el valor de T.loc.i único de cada uno de ellos o de uno solo.

La elección de posibles ponderaciones a atribuir a dichas temperaturas locales T.loc.i, con excepción de las ponderaciones preferidas en los casos enumerados a continuación, no juega un papel decisivo para los fines de la invención, sino que más bien afecta al grado de precisión del método y, por lo tanto, lo puede realizar fácilmente un experto dependiendo de la ubicación de los sensores de temperatura local S.loc.i y del modelo de calentador de agua.

El tamaño de cada extracción se considera representado por la reducción  $\Delta T_{tap}$  de la temperatura de acumulación T.acc producida por la extracción. Sin embargo, esta reducción no es directamente detectable porque la posición y la cantidad de dichos sensores S.loc.i no pueden proporcionar información válida para todo el tanque de acumulación cuando hay turbulencias y estratificaciones de la temperatura debido a las extracciones en curso o simplemente terminadas. En otras palabras, no es posible medir la temperatura de acumulación T.acc en esas circunstancias.

Según la invención, entonces (véanse en particular las figuras 4, 10 y 11), la reducción  $\Delta T_{tap}$ , producida por una extracción se produjo en un tiempo t2, se calcula a posteriori, una vez que la extracción de agua se ha completado, en un siguiente tiempo t3 preferentemente al final o en cualquier caso durante una fase subsiguiente, ininterrumpida, de calentamiento activada por la reducción de la temperatura de acumulación local T.loc por debajo de la temperatura de encendido T.on provocada por la extracción de agua.

Dicha reducción de  $\Delta T_{tap}$  se considera igual a la diferencia entre la temperatura de acumulación T.acc.2 en un momento anterior al inicio de la extracción y la temperatura de acumulación T.acc.3 en el momento t3 más el aumento de  $\Delta T$  de la temperatura de acumulación T.acc provocada por el mismo calentamiento.

De hecho, para la temperatura de acumulación al final de la extracción T.acc.23, no medible directamente, se cumple lo siguiente:

$$T_{acc.23} = T_{acc.2} - \Delta T_{tap}$$

Pero también:

$$T_{acc.23} = T_{acc.3} - \Delta T$$

De donde se obtiene

$$\Delta T_{tap} = T_{acc.2} - T_{acc.3} + \Delta T = T_{acc.2} - (T_{acc.3} - \Delta T)$$

Donde es:

- T.acc.2 = temperatura T.loc.2 leída al comienzo de la extracción (el calentador de agua estaba en reposo)

$$T_{acc.3} = T_{loc.3} - \Delta T_{loc}$$

$$\Delta T = \Delta E / C$$

Por cierto, la temperatura T.loc.3, si se lee en el momento del apagado del calentador, coincide sustancialmente con la temperatura umbral para el apagado T.off.3 que puede ser sustancialmente diferente de T.acc.2 en particular si está activo algún programa de gestión conocido que asigne diferentes valores durante el día a la temperatura de apagado.

En el presente la "disminución de la temperatura local", indicada como  $\Delta T_{loc}$ , (y se la describe en detalle más adelante), es una desviación temporaria entre la temperatura T.loc.3 leída y la temperatura de acumulación T.acc.3 que puede opcionalmente ser tomada en cuenta para cálculos más precisos. En este caso, esto se lee en una memoria y puede tener un valor predefinido experimental (y también nulo) o preferiblemente, determinarse de acuerdo con un procedimiento que será descrito más adelante.

El aumento  $\Delta T$  es a su vez proporcional a la energía  $\Delta E$  suministrada durante toda la fase de calentamiento que al menos parcialmente recupera la energía perdida con la extracción. En efecto, es simplemente  $\Delta T = \Delta E / C$ , donde  $C$  es la capacidad de calentamiento de dicho tanque de acumulación  $S$  cuando está lleno de agua.

Según una variante simple de la invención, esta energía  $\Delta E$  puede calcularse conociendo a priori la potencia térmica nominal  $P$  del elemento calefactor  $HE$  y la duración  $\delta t.HE.on$  de dicho paso de calentamiento desde el tiempo  $t_2$  a  $t_3$  según la fórmula  $\Delta E = P * \delta t.HE.on$ . Sin embargo, este método directo suele no ser satisfactorio porque la potencia térmica efectiva  $Pe$  y la capacidad térmica  $C$  pueden ser diferentes a las nominales y también cambiar con el tiempo por diversos factores como, por ejemplo: fluctuaciones de voltaje, degradación, acumulación de incrustaciones, etc. Por tanto, se prefieren métodos más avanzados que, de forma indirecta e implícita, tengan en cuenta los valores reales de dicha potencia térmica  $Pe$  efectiva y capacidad calorífica  $C$ , así como cualquier factor de perturbación.

Por consiguiente, el método preferido para estimar  $\Delta T$  es colocar

$$\Delta T = v.T.rise * \delta t.HE.on$$

donde  $v.T.rise$  se define como la velocidad de la variación de la temperatura de acumulación  $T.acc$ , es decir, como el aumento de la temperatura  $T.acc$ , en la unidad de tiempo por el elemento calefactor  $HE$ .

La fórmula  $\Delta T = v.T.rise * \delta t.HE.on$  es energéticamente equivalente a la fórmula anterior  $\Delta T = \Delta E / C$ , pero tiene la ventaja de que no requiere conocer las cantidades de  $P$  y  $C$  mientras  $v.T.rise$  puede medirse con buena precisión de acuerdo con procedimientos que se describirán más adelante y luego se guardarán en una memoria especial y serán posiblemente actualizados periódicamente.

Por último, tenemos la fórmula:

$$\Delta T.tap = T.acc.2 - (T.acc.3 - v.T.rise * \delta t.HE.on)$$

El significado de esta fórmula se ve muy claramente en la Fig. 4; menos evidente, pero se explicará a continuación, en las figuras 10 y 11.

Obviamente, este procedimiento para calcular la reducción  $\Delta T.tap$  se aplica solamente a aquellas extracciones que son suficientemente importantes como para activar los cuerpos calefactores  $HE$ , es decir, para llevar la temperatura local  $T.loc$  por debajo de la temperatura de encendido  $T.on$ . De otro modo, respecto de cada extracción consecutiva más pequeña, puede detectarse el momento en el que se producen si estas producen una reducción de  $T.loc$ , mientras el tamaño de las mismas es asimilado al de una extracción única que es detectable solamente cuando las disminuciones progresivas de  $T.loc$  finalmente ponen en marcha al cuerpo calefactor.

Este procedimiento para calcular la reducción  $\Delta T.tap$  también es más confiable en el caso en el que, desde el momento de la extracción, en el tiempo  $t_2$ , al tiempo  $t_3$  en el que se lee la temperatura  $T.loc.3$ , el agua ha alcanzado un estado "estable" que asegura la exactitud sustancial de dicha fórmula  $T.acc.3 = T.loc.3 - \Delta T.loc$ .

Sin embargo, hay al menos dos casos en los que es necesario leer la temperatura  $T.loc.3$  en un tiempo  $t_3$  en el que no se ha alcanzado dicho estado "estable". El primer caso (véase la Fig. 10) es cuando el tiempo  $t_3$  coincide con el final de la fase de calentamiento siguiente a la extracción, lo que causa la reducción de la temperatura  $\Delta T.tap.1$ , pero esta fase es breve porque la temperatura de apagado variable  $T.off$  está en el momento más bajo que la temperatura  $T.acc.2$  al inicio de la extracción y por lo tanto puede alcanzarse fácilmente, antes del estado estable.

El segundo caso (véase la Fig. 11) es cuando, durante dicha fase de calentamiento desencadenada por la reducción de la temperatura  $\Delta T.tap.1$ , se produce otra extracción, representada por la reducción de la temperatura  $\Delta T.tap.2$ , en un tiempo  $t_3$  antes que el momento en el que hubiera sido necesario alcanzar nuevamente el estado estable. Es necesario por lo tanto tomar en cuenta la lectura de la temperatura  $T.loc.3$  en este tiempo  $t_3$  para ignorar los efectos de dicha extracción adicional.

De acuerdo con la invención, se considera que se ha alcanzado el estado estable en el momento  $t_3$  si para la correspondiente medición de la temperatura  $T.loc.3$ , es:

$$T.loc.3 - T.loc.2 \geq \Delta T.q$$

Donde  $\Delta T.q$ , que aquí denominamos índice de estabilidad, también puede tener un valor negativo. El significado físico de esta condición es claro: mientras la temperatura  $T.loc.3$  es más alta que  $T.loc.2$ , más se tardará en alcanzarla y por lo tanto más tiempo tardará el calentador de agua en alcanzar el estado estable.

El índice de estabilidad  $\Delta T.q$  es un parámetro empírico, predefinido y pre-guardado que depende del modelo del calentador de agua y lo establece el técnico en la materia, sustancialmente representa el grado de precisión aceptado al asumir la lectura de la temperatura local  $T.loc$  para utilizarla para obtener  $T.acc.3$  de acuerdo con la fórmula ya presentada  $T.acc.3 = T.loc.3 - \Delta T.loc$ .

Un valor aceptable y preferido es  $\Delta T.q = 0$ , es decir: si  $T.loc.3 - T.loc.2 \geq 0$  el calentador de agua se considera en estado estable en el tiempo  $t3$ . De lo contrario se considera que aún está en un estado de turbulencia.

Volviendo a la fórmula  $\Delta T.tap = T.acc.2 - (T.acc.3 - v.T.rise * \delta t.HE.on)$  mostrada en la figura 4 y con referencia a las figuras 10 y 11, vemos cómo en el tiempo  $t3$ , en las situaciones ilustradas aquí, la temperatura local  $T.loc.3$  está muy lejos de  $T.acc.3$  que se presume que se calcula a través de la fórmula  $T.acc.3 = T.loc.3 - \Delta T.loc$  porque el tiempo utilizable  $t3$  es demasiado cercano al  $t2$  para considerar la lectura  $T.loc$  representativa de la  $T.acc$  de dicho momento. Por lo tanto, la fórmula  $\Delta T.tap = T.acc.2 - (T.acc.3 - v.T.rise * \delta t.HE.on)$  antes mencionada pierde significancia física. Sin embargo, la misma fórmula vuelve a tener su valor general para proporcionar al menos una estimación de  $\Delta T.tap$  con las siguientes presunciones y definiciones.  $v.T.rise.loc$  se define como el coeficiente angular de la recta tangente la temperatura local  $T.loc$  curva de subida en el tiempo  $t3$ , donde  $T.loc$  es detectada durante la fase de calentamiento.

Respecto del significado físico,  $v.T.rise.loc$  representa la velocidad de suba de la temperatura del calentador de agua como es "vista" por los sensores de temperatura  $S.loc.i$ .

Para la determinación de  $v.T.rise.loc$  puede usarse cualquier técnica matemática informática que permita calcular el coeficiente angular de la tangente en un punto dado de una curva continua, conocida como función matemática algebraica o conocida por puntos. El coeficiente angular  $v.T.rise.loc$  se calcula a intervalos de tiempo predeterminados (por ej., de 5 minutos), reemplaza al valor calculado previamente en una memoria y se considera válido en el tiempo actual (entre  $t2$  y el tiempo que se asumirá como  $t3$ ).

$\delta t.on.1$  se define como el intervalo de tiempo entre  $t2$  y  $t3$  ya definidos.  $\delta t.on.1.fict$  se define como el intervalo de tiempo ficticio que sería necesario para que la temperatura local  $T.loc$ , alcance la temperatura de acumulación de un final de calentamiento ficticio  $T.acc.4$  desde  $T.loc.3$ , donde  $T.acc.4 = T.acc.2$ .

De ambas figuras 10 y 11 sigue que:

$$v.T.rise.loc = (T.acc.2 - T.loc.3) / \delta t.on.1.fict,$$

de donde

$$\delta t.on.1.fict = (T.acc.2 - T.loc.3) / v.T.rise.loc$$

De ambas Figuras 10 y 11 luego sigue que:  
para la primera extracción  $\Delta T.tap$  1:

$$\Delta T.tap1 = T.acc.2 - (T.acc.4 - v.T.rise * (\delta t.on.1 + \delta t.on.1.fict)) = \\ = T.acc.2 - (T.acc.2 - v.T.rise * (\delta t.on.1 + \delta t.on.1.fict))$$

Donde, a su vez

$$T.acc.2 - v.T.rise * (\delta t.on.1 + \delta t.on.1.fict) = T.acc.23.$$

En esencia, de acuerdo con el método, el tamaño de una extracción se considera representado por la reducción de la temperatura de acumulación  $\Delta T.tap$  dada por la fórmula:

$$\Delta T.tap = T.acc.iniz - (T.acc.fin - v.T.rise * \delta t)$$

Donde:

$T.acc.iniz$  es el inicio de la temperatura de extracción que hasta ahora llamamos  $T.acc.2$  y asumiendo que es igual a  $T.loc.2$ , y donde, nuevamente

- Si en el tiempo  $t3$  es  $T.loc.3 - T.loc.2 \geq \Delta T.q$  (calentador de agua en un estado estable) entonces  $T.acc.fin = T.acc.3$  y  $\delta t = \delta t.HE.on$
- Si no,  $T.acc.fin = T.acc.2$  and  $\delta t = (\delta t.on.1 + \delta t.on.1.fict)$ .

A los fines de la presente invención, el tiempo de extracción  $t2$  se considera el mismo que el tiempo de la conmutación consiguiente del elemento calefactor. Es decir que el descenso de la temperatura de  $T.acc.2$  a  $T.on$

se considera instantáneo. Nótese que la fórmula  $\Delta T_{\text{tap}} = T_{\text{acc.iniz}} - (T_{\text{acc.fin}} - v_{\text{T.rise}} * \delta t)$  siempre puede calcularse en las condiciones dadas utilizando la lectura de la temperatura local T.loc porque para T.acc.2 el valor de lectura de T.loc.2 se consideró válido, mientras T.acc.3 se utiliza solamente en la situación de estado estable en el que la fórmula  $T_{\text{acc.3}} = T_{\text{loc.3}} - \Delta T_{\text{loc}}$  se considera válida.

5

Antes de proceder con la descripción de la invención, es apropiado describir lo que se ha hallado respecto de las variaciones de las temperaturas locales T.loc.i y la acumulación T.acc dentro del tanque S según su estado (calentamiento, enfriamiento, extracción de agua en curso, situaciones mixtas).

10

La presente invención se base en las siguientes presunciones, que han sido halladas válidas mediante métodos experimentales, con la aproximación suficiente para los propósitos declarados:

15

- las temperaturas, dondequiera que se las detecte, son sustancialmente uniformes entre sí después de un tiempo apropiado cuando las acciones disruptivas que se deben a extracciones han cesado, lo que tarda algunos minutos, como puede fácilmente controlarse y, de todos modos, se muestra a continuación;
- unos pocos minutos después del final de una fase de calentamiento no perturbada por extracciones, las temperaturas, dondequiera que se las detecte, son iguales a la temperatura de acumulación T.acc o, si se desvían, es por cantidades insignificantes, o en todo caso, pequeñas, detectables y medibles.

20

Para mayor claridad, en ausencia de calentamiento y turbulencia, la temperatura dentro de la acumulación sigue un típico patrón regular del modelo del calentador de agua y por lo tanto es experimentalmente conocido. Las lecturas de la temperatura que hacen los sensores de temperatura local S.loc.i son por lo tanto representativas del contenido de entalpía del agua almacenada porque permiten acceder a la temperatura de acumulación T.acc.

25

La Fig. 2, como se mencionó, muestra la tendencia de la temperatura local T.loc durante una fase de calentamiento del agua completa, en ausencia de extracciones, desde una fase inicial, a temperatura de acueducto, hasta el apagado del elemento calefactor una vez que se ha alcanzado la temperatura deseada.

30

A los fines de la invención, la curva, que es estrictamente de tipo exponencial o, más generalmente, una pendiente asintótica hacia una temperatura límite T.lim, y se puede considerar que tiene una pendiente lineal desde el inicio hasta el final del estado ON del elemento calefactor HE al menos si éste es capaz de suministrar una potencia constante P, sustancialmente independiente de la temperatura de funcionamiento, como por cierto lo es en el caso de las resistencias eléctricas.

35

Sin embargo, también para otros elementos calefactores HE, tal como al menos el condensador de bomba de calor, la potencia entregada P puede a menudo ser considerada satisfactoriamente constante en el rango de temperaturas de interés.

40

De igual manera, la curva de enfriamiento ilustrada, por ejemplo, en la figura 3, puede considerarse lineal.

45

Al final de la fase de calentamiento, es decir, cuando T.loc ha alcanzado dicha temperatura de apagado T.off, puede producirse, pero no necesariamente, un pequeño pico debido a una ya mencionada baja  $\Delta T_{\text{loc}}$  de la temperatura local T.loc (esta disminución  $\Delta T_{\text{loc}}$  se ve mejor en la Fig. 3). Esto se debe al hecho de que, si los sensores de temperatura local S.loc.i, como sucede casi siempre, están cerca del elemento calefactor HE, la temperatura local T.loc se ve afectada por dicha proximidad cuando el elemento calefactor HE está en estado ON. Este decremento  $\Delta T_{\text{loc}}$  de la temperatura local T.loc por lo tanto depende de la arquitectura del calentador de agua y puede inclusive no existir o ser irrelevante. Cuando el HE elemento calefactor está en estado OFF, este efecto, siempre que exista, cesa en algunos minutos y la temperatura local T.loc es uniforme con las áreas más alejadas de los sensores de temperatura local S.loc.i. Más aún, en ausencia de turbulencia y estratificación del agua fría, en momentos alejados de las extracciones con turbulencia relativa y considerando que los movimientos convectivos debido al calentamiento son muy débiles, puede considerarse, a los fines de la invención, que todo el calentador de agua llega a una temperatura uniforme y por lo tanto que la temperatura local T.loc llega a ser ya sea igual a la temperatura de acumulación T.acc o en cualquier caso puede establecerse una correlación directa r, de modo tal que T.loc es de todos modos representativa del contenido de entalpía del agua.

50

En la fase de calentamiento anterior, sin embargo, una vez que el efecto de estas turbulencias y estratificaciones ha cesado, la temperatura de acumulación T.acc es igual a la temperatura local T.loc menos  $\Delta T_{\text{loc}}$  pero ambas aumentan a la misma velocidad. Por la misma razón, puede decirse que la temperatura de acumulación T.acc alcanzada al final del calentamiento es sustancialmente igual a la temperatura de apagado T.off del termostato menos  $\Delta T_{\text{loc}}$  ya que también el sensor de temperatura STR del termo-regulador TR se ve afectado por su proximidad al elemento calefactor HE y es uno de los s sensores S.loc.

60

Dicho descenso abrupto  $\Delta T_{\text{loc}}$ , mucho más rápido que el enfriamiento subsiguiente que se debe a pérdidas de calor, es un descenso por "estabilización" que podría definirse como fisiológico. No se debe confundir con un descenso de la temperatura debido a una extracción, menos que nunca debido a pérdidas de calor. Por lo tanto,

65

útilmente, según una variante preferida de la invención, este descenso debe ser identificado, pues en este caso, puede cambiar de calentador a calentador y, a lo largo del tiempo, debe pre guardarse, auto prenderse y luego actualizarse.

- 5 Se destaca que el decremento  $\Delta T_{loc}$  es mucho menos evidente o ausente si los sensores  $S_{loc.i}$  están lejos del elemento calefactor HE, como, por ejemplo, en el caso de que se tiene un serpentín con un HE que transporta un fluido de calentamiento inmerso en el tanque o rodeando dicho tanque. (véase la Fig. 1.b).

### Algunos procedimientos de autoaprendizaje preferidos

10 Una vez descritos los fenómenos que, si ocurren, deben ser tomados en cuenta para interpretar los valores de las temperaturas locales  $T_{loc}$ , la siguiente sección describirá en detalle algunos métodos y procedimientos preferidos de autoaprendizaje del patrón de extracción de agua y las características del calentador de agua de acuerdo con posibles variantes de la invención.

15 El objetivo principal es detectar todos los datos esenciales para la gestión del calentador de agua apuntando a minimizar el consumo de energía con la misma entrega y desempeño.

20 Se diseñan varios procedimientos, todos autónomos y ejecutables simultáneamente en paralelo para aprender los diversos parámetros necesarios.

Cada procedimiento puede finalizar con el almacenamiento de datos que reemplacen otros previamente guardados.

### 25 Identificación de los tiempos de inicio y fin de las extracciones

También para realizar esta identificación se controla la variación de las temperaturas locales  $T_{loc.i}$ .

30 Según la técnica anterior, es posible identificar genéricamente el inicio de una extracción detectando una baja importante y abrupta de al menos una de las temperaturas locales  $T_{loc.i}$  y su fin, cuando las mismas temperaturas locales  $T_{loc.i}$  tienden a estabilizarse.

Según la invención, sin embargo, se prefiere el siguiente método por ser menos propenso a los errores:

- 35 - en el recálculo de intervalos de tiempo  $\delta.t_{ric}$ , las temperaturas locales  $T_{loc.i}(t)$  se registran a la hora actual  $t$ ;
- si para al menos una de las temperaturas locales  $T_{loc.i}$  hay una disminución de al menos por encima de la disminución de estabilización  $\Delta T_{loc}$  por un valor umbral predefinido  $T_{thr}$ ,
- 40 - luego esto indica una extracción en curso y se guarda el tiempo de comienzo de extracción  $t_{in.tap}$ ,
- la hora del final de la extracción  $t_{fin.tap}$  guardada es en la que dicha variación es más baja que la velocidad  $v. \delta T$  de variación de la temperatura.

45 La referencia a la disminución de estabilización  $\Delta T_{loc}$  es muy apropiada para no confundir, como se indica antes, entre la caída "fisiológica" al final de una fase de calentamiento con una extracción pequeña. La referencia a la velocidad de descenso es entonces apropiada para no confundir el descenso debido a pérdidas térmicas. Un método preferido para tal verificación puede seguir los siguientes pasos:

50 (a) una vez que el calentador de agua está instalado o cuando se lo enciende después de un periodo de reposo, el estado [NO\_TAPPING], que el método interpreta como una señal de no extracción en curso, se guarda en un registro de estatus TAP;

(b) en el recalculado de intervalos de tiempo  $\delta.t_{ric}$ , las temperaturas locales  $T_{loc.i}(t)$  se registran en el horario actual general  $t$ ;

55 (c) después de un intervalo de tiempo para detectar extracciones  $\delta.t_{tap}$  es decir, en el siguiente intervalo de tiempo  $t + \delta.t_{tap}$ , se guardan de nuevo las temperaturas locales  $T_{loc.i}(t + \delta.t_{tap})$ ;

(d) para cada sensor de temperatura local  $S_{loc.ise}$  calcula el cambio  $\Delta T_{loc.i.tap} = T_{loc.i}(t) - T_{loc.i}(t + \delta.t_{tap})$ ;

- si para una de las variaciones  $\Delta T_{loc.i.tap}$  tiene  $\Delta T_{loc.i.tap} / \delta.t_{tap} < v. \delta T$  (donde  $v. \delta T$ , como se dijo, es la velocidad de variación de las temperaturas  $T_{loc.i}$ ),
- 60 • luego, esto se interpreta como una extracción posible pero no cierta en curso y el estado [TAPPING\_ALERT] se guarda en un registro de estatus TAP,
- en caso contrario, el estado [NO\_TAPPING] se guarda en el registro de estatus TAP;

65 (e) Si para una de las variaciones  $\Delta T_{loc.i.tap}$  (para  $i$  desde 1 a  $s$ )  $> (T_{thr} + \Delta T_{loc})$  (donde con  $T_{thr}$  se indica un valor umbral predefinido y el valor  $\Delta T_{loc}$  es el último guardado),

- entonces esto se interpreta como una extracción de agua en curso cierta, se guarda el horario de inicio  $t.in.tap$  y se escribe el estado [TAPPING\_ON] en dicho registro;
- en caso contrario, se guarda el estado [NO TAPPING] en dicho registro de estado.

5

Respecto de la identificación al final del tiempo extracción,

- Cuando por cada una de las variaciones  $\Delta T.loc.i.tap$  es válida  $\Delta T.loc.i.tap / \delta.t.tap < v. \delta t$ ,
- y en dicho registro de estatus TAP el estado [NO\_TAPPING] no está ya registrado,
- entonces esto se interpreta como el final de la extracción de agua que estaba curso y:

10

- el tiempo  $t.fin.tap$  de dicha verificación positiva al momento del final de la extracción que estaba en curso,
- y, en dicho registro de estado TAP, el estado [NO\_TAPPING]

15

están guardados

Por último, dado que  $v. \delta t$ , si bien se eligen como pequeños, pueden ser suficientemente grandes como para que, una vez concluida la extracción, es cierto que  $\Delta T.loc.i.tap / \delta.t.tap < v. \delta t$ , ya que este proceso recursivo con intervalo de tiempo de recálculo  $\delta.t.ric$ , el registro de estado TAP guarda el estado [NO\_TAPPING] inmediatamente luego de concluida la extracción de agua, lo que permite recalcular un nuevo decremento de estabilización  $\Delta T.loc$ , como se describirá a continuación.

20

En lo referente al intervalo de tiempo para detectar las extracciones  $\delta.t.tap$ , un valor preferido es 10 segundos.

25

En lo referente al valor umbral predeterminado  $T.thr$ , un valor preferido es 5 °C. Respecto de la velocidad  $v. \delta T$  de variación de la temperatura  $T.loc.i. \delta.t$ , un valor preferido es 0.1 °C / sec.

#### Autoaprendizaje y actualización de decremento de estabilización $\Delta T.loc$

30

Si los sensores de temperatura local  $S.loc.i$  están muy alejados del elemento calefactor HE, el decremento de estabilización  $\Delta T.loc$  es, como ya se dijo, sustancialmente nulo (cero), de otra manera, puede ser cuantificado calculando la disminución de las temperaturas locales  $T.loc.i$  en un intervalo de 5 minutos al final de una fase de calentamiento y después de haber verificado que tal disminución no se debe a extracciones en curso y que el elemento calefactor está apagado (OFF).

35

Básicamente, hay un seguimiento continuo de las temperaturas locales  $T.loc.i$  a intervalos de tiempo breves. Cuando hay pasado 5 minutos al final de una fase de calentamiento y en el ínterin no se han producido extracciones (es decir, cuando en el registro de estatus TAP, se ha registrado el estado [NO\_TAPPING]), la disminución de la estabilización  $\Delta T.loc$  es igual a la disminución de la temperatura local  $T.loc$  en esos 5 minutos y su valor se guarda en lugar de un valor anterior en la memoria.

40

Un procedimiento preferido detallado para calcular el decremento de estabilización  $\Delta T.loc$  es el siguiente:

45

a) una plausible disminución de la estabilización  $\Delta T.loc$  en base a ensayos de laboratorio en un modelo específico del calentador de agua (por ej., 5 °C si los sensores de temperatura local  $S.loc.i$  están cerca del elemento calefactor HE) se guarda con cada puesta en marcha del calentador de agua (es decir, en la puesta en marcha y con cada reinicio del calentador de agua luego de un periodo de reposo) como valor predeterminado, para ser reemplazado con valores actualizados después de lo cual el procedimiento de cálculo del decremento  $\Delta T.loc$  continúa con los pasos siguientes:

50

b) a intervalos de tiempo de recálculo  $\delta.t.ric$ , las temperaturas locales  $T.loc.i (t)$  se registran en el tiempo general actual  $t$ ;

c) Después de un intervalo de tiempo de detección  $\delta.t.ril$  es decir, en el siguiente tiempo  $t + \delta.t.ril$  las temperaturas locales  $T.loc.i (t + \delta.t.ril)$  se registran nuevamente; si durante 5 minutos no hay descenso de las temperaturas locales  $T.loc.i$  entonces el decremento  $\Delta T.loc$  no se considera calculable y el procedimiento regresa al paso (b), de lo contrario, procede con el paso (d),

55

d) Respecto de cada sensor de temperatura local  $S.loc.i$ , se calcula la diferencia  $\Delta T.loc.i = T.loc.i(t) - T.loc.i (t + \delta.t.ril)$ ;

e) Si los valores algebraicos  $\Delta T.loc.i$

60

- son negativos (la temperatura se está elevando en lugar de bajando) ya sea debido a que el elemento calefactor HE está inactivo o que en el intervalo ha pasado a un estado ON, o por la inercia térmica del elemento calefactor que, aún en estado OFF, aún está caliente;

- o tiene un pronunciado aumento debido a una extracción en curso, confirmada por la presencia en el registro de estatus TAP del estado [TAPPING\_ON] o [TAPPING\_ALERT],

65

- entonces el decremento  $\Delta T_{loc}$  no se considera calculable y el procedimiento vuelve al paso (b),
- de lo contrario, el decremento de estabilización  $\Delta T_{loc}$  se calcula configurándolo igual al promedio, posiblemente ponderado, de las diferencias  $\Delta T_{loc,i} = T_{loc,i}(t) - T_{loc,i}(t + \delta.t.ril)$  para  $i$  desde 1 a  $s$  (donde los pesos promedios pueden tener en cuenta la mayor relevancia de las señales recibidas desde uno o más sensores de temperatura local sensor  $S_{loc,i}$ ).

5

f) el decremento de estabilización  $\Delta T_{loc}$  calculado luego se guarda para reemplazar al valor guardado previamente.

10 Para el intervalo de tiempo de detección  $\delta.t.ril$  entre los valores de las temperaturas locales  $T_{loc,i}$  a comparar, un valor posible es 5 minutos.

En lo que respecta al intervalo de tiempo de recalculado  $\delta.t.ric$ , este puede ser muy corto: los actuales microprocesadores permiten establecer intervalos de tiempo de recalculado  $\delta.t.ric$  hasta de 1 segundo.

15

El mismo tiempo de recalculado  $\delta.t.ric$  puede ser usado como un intervalo de muestreo para la recolección y el procesamiento de datos de más secciones del método según la invención que deben ser descriptas.

20 Dado que, como ya se dijo, la característica esencial de la invención es estimar la cantidad de cada extracción en base a la restauración de la energía que dicha extracción se ha llevado, es muy apropiado que el proceso de calentamiento por parte del HE elemento calefactor sea analizado debidamente.

**Método preferido para calcular la pendiente ascendente de la temperatura de acumulación  $T_{acc}$  calentada por el elemento calefactor HE**

25

$v.T.rise$  indica la velocidad de variación de la temperatura de acumulación  $T_{acc}$  (es decir, la pendiente ascendente del gráfico de dicha temperatura) cuando el elemento calefactor HE está en el estado ON y no hay extracciones en curso.

30 En ausencia de tales extracciones y considerando que el enfriamiento debido a pérdidas de calor tiene un efecto nimio, obviamente está representado en un gráfico por una línea lineal si el elemento calefactor HE proporciona una potencia sustancialmente constante, ciertamente verdadera al menos si el elemento calefactor HE es una resistencia eléctrica, pero a los fines de la invención, tal linealidad es una aproximación adecuada también para otros tipos de elemento calefactor HE.

35

Ya se ha mencionado que, en ausencia de perturbaciones y turbulencias debido a extracciones, la pendiente ascendente de la temperatura local  $T_{loc}$  es sustancialmente idéntica a dicha pendiente ascendente  $v.T.rise$  de la temperatura de acumulación  $T_{acc}$  y por lo tanto dicha pendiente puede ser calculada en un intervalo de tiempo predeterminado  $t.samp$  en el que el elemento calefactor HE está en el estado ON y se ha verificado que la temperatura local  $T_{loc}$  está elevándose y de una manera se adecúa sustancialmente a la curva de elevación teórica (que, en particular, es sustancialmente lineal, al menos si el elemento calefactor HE entrega potencia térmica  $P$  constante como al menos en el caso de una resistencia eléctrica).

40

Después de estas condiciones, el valor de dicha pendiente ascendente  $v.T.rise$  es igual a la relación entre la diferencia de los valores de la temperatura local  $T_{loc}$  al final y al comienzo de dicho intervalo  $t.samp$  dividido por la duración del intervalo en sí. Ejemplo de pendientes ascendentes significativas es toda la pendiente de la figura 2 y, en la figura 6, al menos la parte resaltada en el círculo del último paso de calentamiento ilustrado.

45

Dado que el valor de dicha pendiente ascendente  $v.T.rise$  está sujeto a variaciones a través del tiempo que también dependen de condiciones ambientales y su cálculo, como se mencionó, solo es posible en condiciones particulares del calentador de agua, preferiblemente es recalculado continuamente a intervalos de tiempo predefinidos de pocos minutos.

50

Una vez que se obtiene el nuevo valor  $v.T.rise$  considerado válido (es decir, en ausencia de turbulencias debidas a extracciones del tanque S):

55

- Ya sea, reemplaza el valor anterior guardado  $v.T.rise.prec$ , que, al comienzo, es un valor posible experimentalmente definido,
- o, preferiblemente, se calcula un promedio ponderado de la pendiente ascendente  $v.T.rise.med$  entre el valor previo  $v.T.rise.prec$  y el nuevo valor  $v.T.rise$  y este promedio ponderado  $v.T.rise.med$  se guarda en lugar del valor anterior  $v.T.rise.prec$ .

60

Véase más adelante cómo hacer para que los valores preferidos sean atribuidos a los pesos promedios.

65 Un método preferido para esta verificación puede proporcionarse en las siguientes condiciones iniciales y

desarrollar recursivamente en los próximos pasos:

- en un número n.r de registros de memoria MR para detectar la pendiente ascendente, se registran por orden cronológico los correspondientes valores de la temperatura local T.loc(t.int) detectados en los mismos intervalos de tiempo  $\delta.t.rise$  para detectar la pendiente ascendente, donde:

- en el primer registro de memoria MR.(t.in) se registra un primer valor, T.loc(t.in), el que ha sido leído en un tiempo inicial t.in,
- en el último registro de memoria MR.(t.fin) se registra un último valor T.loc(t.fin) en el tiempo final t.fin que, por supuesto, es igual a  $t.in + (n.r - 1) * \delta.t.rise$  (donde obviamente  $t.fin - t.in = t.samp$ );
- en los registros de memoria intermedios MR.(t.int), T.loc(t.int) se registran los valores de los tiempos intermedios genéricos t.int;
- los registros de memoria n.r, al ponerse por primera vez en marcha el calentador de agua o cuando se lo vuelve a encender, contiene valores predefinidos, inclusive el valor cero.

(a) En los intervalos de tiempo  $\delta.t.rise$

- se mide el valor T.loc
- en dichos n registros de memoria, que constituyen una ventana corrediza, la secuencia de tiempo de todos los valores T.loc(t) guardados se desplaza un paso adelante, abandonando el viejo valor T.loc(t.in),
- en el último registro de memoria MR.(t.fin) se registra el último valor T.loc(t.fin) leído en el tiempo final t.fin, el valor T.loc recién leído;

(b) si dicho último valor T.loc(t.fin) leído resulta ser  $<T.loc(t.in)$ ,

- entonces volver al paso (a);

(c) la compensación scost.rise de la línea identificada por los puntos [T.loc(t.in), t.in] y [T.loc(t.fin), t.fin] se calcula respecto de cada valor intermedio T.loc(t.int) medido en su tiempo intermedio t.int;

(d) si las compensaciones scost.rise respecto de uno o más valores intermedios T.loc(t.int) excede un valor umbral determinado scost.rise.max,

- entonces volver al paso (a);
- de lo contrario se calcula, para dicha pendiente ascendente,

$$v.T.rise = [T.loc(t.fin) - T.loc(t.in)] / (n.r-1) * \delta.t.rise;$$

(donde  $(n.r-1) * \delta.t.rise = t.fin - t.in = t.samp$ )

(e) se calcula y se guarda el promedio ponderado  $v.T.rise.med = (v.T.rise.prec * w.1 + v.T.rise * w.2)$ , donde w.1 y w.2 son pesos adecuados, reemplazando el v.T.rise.prec anterior en;

(f) el procedimiento regresa al paso (a).

#### Método preferido para calcular la pendiente ascendente de la temperatura de acumulación T.acc cuando hay presente varios elementos calefactores HE de tipos diferentes

Como ya se anticipó y explicó, no es raro el caso en el que el calentador de agua tiene varios tipos de elementos calefactores HE. El procedimiento descrito antes puede entonces repetirse para el cálculo de las pendientes ascendentes v.T.rise.i específicas para cada combinación de elementos calefactores HE simultáneamente en estado ON y luego en el paso (e) se guarda también para cuál grupo de elementos calefactores HE en el estado ON y para cuál rango de temperatura local T.loc se ha realizado el cálculo. El cálculo se interrumpe si uno de los elementos calefactores HE que está en estado ON cesa de estar en ese estado.

Hay luego elementos calefactores HE cuya velocidad de ascenso no puede ser considerada constante en todo el rango de temperaturas locales T.loc en las que estas pueden ser operativas. Para estos, la pendiente ascendente puede ser representada como una secuencia con varias secciones lineales consecutivas (véase la figura 9). La segunda sección, y posiblemente también de nuevo, aquellas que siguen pueden ser identificadas, a modo de ejemplo, de la siguiente manera:

- después de un tiempo mínimo predefinido t.samp, considerado suficiente como para determinar la v.T.rise relevante para la primera sección, se controla si los siguientes valores T.loc(t.int), leídos en tiempos genéricos siguientes t.int, siguen estando dentro del valor de umbral predeterminado scost.rise.max
- Cuando esto deja de ser así, el procedimiento descrito se repite para detectar un posible valor v.T.rise.i.2

que se refiere al segundo segmento, también memorizando la validez del rango de temperatura local T.loc.

Obviamente, los cálculos y las actualizaciones siguientes de todas las pendientes ascendentes v.T.rise.i posibles son solo posibles si se comienza desde el momento en el que se están produciendo, en el calentador de agua, las combinaciones de estados ON / OFF de los elementos calefactores HE disponibles y en los rangos de temperatura local específicos T.loc de validez. Preferiblemente, dichos pesos apropiados w.1 y w.2 son respectivamente igual al  $\frac{3}{4}$  y a  $\frac{1}{4}$ .

Dichos intervalos de tiempo  $\delta.t.rise$  iguales pueden preferiblemente ser de la duración de 1 minuto y el número n.r de los valores de la temperatura local T.loc detectados pueden ser iguales a 25. Por lo tanto, un rango preferido de tiempo es  $t.samp = 25$  minutos.

Dicho valor umbral  $scost.rise.max$  puede ser tan pequeño como son precisos dichos sensores de temperatura local S.loc.i. Por ejemplo, también puede ser igual a 0.1 °C, si bien son más que suficientes valores mucho más altos, por ejemplo, 2 - 3 °C.

Esto da como resultado un cálculo muy preciso de la pendiente ascendente v.T.rise.

El procedimiento asimila a una pendiente lineal cualquier pendiente ascendente curvada siempre que la desviación desde la linealidad no exceda un valor predefinido, por ej., los 2 - 3 °C antes mencionados.

### Cálculo de pérdidas de calor

También la energía térmica perdida por pérdidas de calor, aquí denominada velocidad de decremento por pérdidas térmicas  $\delta T.loss$ , se calcula con criterios similares a los utilizados para calcular la baja de temperatura por extracción  $\Delta T.tap$ .

En efecto, inclusive la temperatura T.acc.2 a la que desciende el calentador de agua por enfriamiento antes de que se reactive el elemento calefactor HE, puede calcularse de forma indirecta.

Haciendo referencia a la figura 7, al final de una fase de calentamiento en la que el elemento calefactor HE pasa a un estado apagado (OFF, en un tiempo t1 que les es conocido al microprocesador), la temperatura de acumulación T.acc tiene el valor T.acc.1 (también conocido). Luego una fase de enfriamiento comienza a un tiempo t2, (también conocido al microprocesador), en el que el HE elemento calefactor conmuta al estado ON.

Al finalizar el estado de ON, después de un intervalo conocido  $\Delta T.t.on$  y una vez alcanzada la temperatura de acumulación T.acc.3 (también conocida), se calcula finalmente la temperatura T.acc.2 que ha alcanzado el calentador de agua por enfriamiento como  $T.acc.2 = T.acc.3 - v.T.rise * \Delta T.on$ . Respecto de la velocidad (o relación) de la temperatura de acumulación T.acc, indicativa de las pérdidas de calor, dados  $(T.acc.1 - T.acc.2) = \Delta T.loss$ , es  $\Delta T.loss = (T.acc.1 - T.acc.2) / (t2 - t1)$ .

También dicha velocidad de reducción de la temperatura de acumulación  $\delta T.loss$  se calcula continuamente porque está sujeta a variaciones también por razones ambientales y el nuevo valor se guarda en lugar de uno anterior ya sea como tal o después de ser promediado con el anterior.

Los cálculos de acuerdo con el proceso antes mencionado son válidos si durante todo el periodo no ha habido perturbaciones causadas por extracciones, es decir, si se recupera el estado [NO\_TAPPING] en el registro de estatus TAP durante todo el proceso, de otra manera el procedimiento se detiene y comienza nuevamente en un momento siguiente en el que el elemento calefactor HE entra en el estado OFF y el calentador de agua está en el estado [NO\_TAPPING].

En términos más rigurosos, un procedimiento posible es el siguiente:

- (a) cuando dicho elemento calefactor HE ha entrado en el estado OFF, se registran un tiempo t1 y el valor correspondiente T.acc.1 de dicha temperatura de acumulación (T.acc);
- (b) cuando dicho elemento calefactor HE vuelve al estado ON, se anota el tiempo t2;
- (c) cuando dicho elemento calefactor HE vuelve nuevamente al estado OFF, se anotan el tiempo t3 y el valor correspondiente T.acc.3 de dicha temperatura de acumulación T.acc;
- (d) Mediante la fórmula  $T.acc.2 = T.acc.3 - v.T.rise * (t3 - t2)$  se calcula T.acc.2, donde T.acc.2 es el valor asumido para dicha temperatura de acumulación T.acc en el tiempo t2;
- (e) se establece  $v.\Delta T.loss = (T.acc.1 - T.acc.2) / (t2 - t1)$  donde v. $\Delta T.loss$  es el valor asumido para la velocidad de enfriamiento de dicho tanque de acumulación S;
- (f) Se calcula un promedio ponderado entre el valor v. $\Delta T.loss$  apenas calculado y el valor que está en la memoria; el nuevo valor se guarda en lugar del valor homólogo anterior en la memoria;
- (g) Durante todo el proceso, si el estado [NO\_TAPPING] no se guarda en el registro de estatus (TAP),

volver al paso (a).

**Guardar los datos en el patrón de extracción de agua**

5 En principio, por cada extracción recogida podría haber guardada separadamente al menos el tiempo de comienzo de la extracción  $t.in.tap$  y la correspondiente caída de la temperatura de extracción  $\Delta T.tap$  si no también el tiempo de la finalización de la extracción  $t.fin.tap$ . Pero de acuerdo con la invención se prefiere el siguiente método, que, al juntar más información, ocupa mucha menos espacio de memoria mientras registra datos suficientes para cualquier método de gestión dirigido a reducir las pérdidas térmicas y al mismo tiempo a asegurar el desempeño exigido por el usuario. El método prevé dividir el ciclo de extracciones en un número  $nr.h$  de intervalos de tiempo  $Int$  consecutivos, todos de una misma duración predeterminada  $\Delta.t.int$ . Así, el intervalo de tiempo  $j$ -th  $Int$  comienza en el tiempo  $t_j = (j - 1) * \Delta.t.int$ . después del comienzo del ciclo de extracciones. Dado que el ciclo tiene casi siempre la duración de  $nr.d = 7$  días, la duración preferida de dichos intervalos de tiempo predeterminados es  $\Delta.t.int = 1$  h. De acuerdo con este método, por cada uno de los intervalos de tiempo  $nr.h Int$  de todo el ciclo de extracciones de agua, se calcula tanto una extracción ficticia que representa el total de las extracciones encontrado en el mismo intervalo como así también el tiempo ficticio correspondiente del inicio de esa misma extracción de agua. Luego de ello, dichos datos pueden ser guardados como tales.

20 Preferiblemente, el proceso de agrupar y guardar los datos de acuerdo con esta variante se produce de la siguiente manera.

Por cada intervalo de tiempo  $Int$ , durante el cual se anotaron  $k$  extracciones, cada una informada por las reducciones de la temperatura de acumulación se produjeron  $\Delta T.tap.i$  en los tiempos correspondientes  $\Delta.t.i$  desde el inicio del mismo intervalo  $Int$  ( $i$  desde 1 hasta  $k$ ), y se calcularon los siguientes valores:

- 25 • una extracción ficticia  $\Delta T.tap.tot$  igual a la suma de todas las reducciones de la temperatura de acumulación  $\Delta T.tap.i$ , es decir,  $[\Delta T.tap.tot = \sum_i(\Delta T.tap.i)$  para  $i$  desde 1 a  $s$ ];
- 30 • un tiempo ficticio de extracción  $\Delta.t.fict$  tomado como representativo de los tiempos individuales  $\Delta.t.i$  en los que las mencionadas  $k$  extracciones se produjeron a contar desde el  $t.j$  inicial de dicho intervalo de tiempo  $Int$  e igual
  - 35 • al valor promedio ponderado de los tiempos reales  $A.t.i$  en los que cada extracción  $\Delta T.tap.i$  ha sido registradas, si hubo extracciones, es decir,  $[\Delta.t.fict = \sum_i (\Delta T.tap.i * \Delta.t.i) / \sum_i (\Delta T.tap.i)$  para  $i$  desde 1 hasta  $s$  si  $\sum_i (\Delta T.tap.i \neq 0)$ ],
  - a la mitad del intervalo de tiempo  $\Delta.t.int$ . de duración del intervalo  $Int$  si no hubo extracciones, es decir,

$$[\Delta.t.fict = \Delta.th / 2 \text{ si } \sum_i (\Delta T.tap.i = 0)].$$

40 Los datos así agrupados pueden guardarse como tales y es posible actualizarlos continuamente durante uno o más ciclos después de un primer ciclo, para luego guardarlos como tales, pero preferiblemente también es posible tomar en cuenta los consumos encontrados en los intervalos homólogos de uno o más ciclos previos mediante los promedios ponderados, o filtrando operaciones para atenuar variaciones de comportamiento del usuario que pueden ser ocasionales y no definitivas. En este caso, se prevé guardar los datos relativos a un número de ciclos inmediatamente antes del ciclo actual más los datos del ciclo actual guardados en una memoria  $M.cyc$ . la memoria  $M.cyc$  tiene una ventana corrediza en el sentido de que al final de cada ciclo todos los datos van a los registros de memoria; los datos del ciclo más antiguo se pierden mientras los datos de los otros ciclos toman el lugar de aquel ciclo que los precede. Preferiblemente, el número  $n.cyc.prec$  de ciclos precedentes alcanza hasta 5.

50 De la siguiente manera es posible tomar en cuenta los datos registrados en uno o más ciclos anteriores en el intervalo homólogo  $Int$ :

- 55 • si la extracción ficticia  $\Delta T.tap.tot$  calculada es mayor que la que está presente en la memoria del ciclo precedente para el mismo intervalo  $Int$ ., tanto la extracción ficticia  $\Delta T.tap.tot$  como el tiempo ficticio  $\Delta.t.fict$  se guardan como tales,
- de lo contrario, si la extracción ficticia  $\Delta T.tap.tot$  calculada es más baja que la que está presente en la memoria del ciclo anterior, se guarda lo siguiente en la memoria:
  - 60 • como tamaño de la extracción, el valor ficticio  $\Delta T.tap.tot$  como está filtrado con los valores guardados en los intervalos homólogos  $Int$  del  $n.cyc$  más reciente (donde la cantidad de ciclos  $n.cyc$  utilizados en el filtro es igual a 0 si el ciclo en cuestión es el primero después del inicio y aumenta en una unidad por cada ciclo sucesivo hasta el valor máximo  $n.cyc.prec$ );
  - como un tiempo ficticio  $\Delta.t.fict$ , el promedio ponderado entre el nuevo tiempo ficticio  $\Delta.t.fict$  y el que estaba en la memoria del ciclo inmediatamente antes.

Queda claro de qué manera, de acuerdo con este método preferido de registro:

- los datos de consumo se registran como tales durante el primer ciclo después del inicio, lo que encuentra todas las memorias vacías;
- un aumento en el consumo es inmediatamente aceptado para satisfacer los usuarios en el ciclo siguiente;
- Se toma en cuenta una reducción del consumo gradualmente gracias al filtrado, y se acepta como nuevo hábito solo si es realmente repetitivo.

El conjunto de procedimientos descrito hasta ahora respecto del método de autoaprendizaje es capaz de conseguir toda la información sobre el patrón de extracción de agua y de caracterizar al calentador de agua respecto de la velocidad de calentamiento y enfriamiento mediante la sola lectura de las temperaturas de uno o más sensores de temperatura local  $S_{loc.i}$ , asociados con los tiempos de dichas lecturas y con el procesamiento apropiado de dichos datos que hace el microprocesador MP.

Estos procedimientos pueden ser implementados simultánea y cíclicamente para actualizar los datos detectados.

#### **Detección de la temperatura de uso mínima**

Si bien no se proporcionan sensores de temperatura para la salida del agua caliente OUT, es útil detectar y guardar la temperatura de uso mínimo  $T_{acc.min}$  aceptada por el usuario. Puede ser considerada igual al valor mínimo encontrado para cada valor de temperatura de acumulación  $t_{acc}$  ya definido al final de la extracción de agua  $T_{acc.23}$ . En efecto, es razonable asumir que el usuario interrumpe una extracción cuando el agua comienza a salir a una temperatura insatisfactoria. De esa manera, es posible reemplazar periódicamente en la memoria cualquier valor predefinido  $T_{acc.min}$  (por ejemplo = 40 °C) con un valor medido realmente.

Se ha visto que muchos de los procedimientos descritos prevén el uso de datos guardados en los registros de memoria previamente al comienzo de los mismos procedimientos. En algunos casos, estos pueden tener valores predefinidos una vez y para siempre; en otros casos, se modifican y guardan en lugar de los anteriores, mediante el mismo procedimiento o mediante otros procedimientos que se producen secuencialmente o en paralelo. De todos modos, cuando se enciende el calentador de agua, se guardan valores posibles; es decir, compatibles con las mediciones experimentales y que realizan los varios procedimientos descritos como posibles y confiables, mientras el recálculo recursivo de los datos guardados refina los resultados de los varios procedimientos que usan datos calculados por los otros.

#### **Detección de pendientes ascendentes**

Hasta ahora, en la discusión se ha hecho referencia sobre todo a los cuerpos calefactores HE cuya pendiente ascendente  $v.T_{rise}$  es sustancialmente lineal, como de hecho lo es para un grupo de resistencias eléctricas o para tubos de escape de un calentador de agua de acumulación a gas. Estas en efecto proporcionan una potencia térmica constante, cualquiera sea la temperatura local  $T_{loc}$  del agua que el calor, si lo hubiere, podría conducir a un recalentamiento dañino.

A menudo, sin embargo, dichos elementos calefactores HE pueden ser de tipo más eficiente energéticamente; p.ej. pueden ser el serpentín de un sistema de calefacción de espacios o, mucho más ampliamente, el condensador de una bomba de calor HP.

Normalmente, debido a que la bomba de calor HP tiene limitaciones, al menos desde el punto de vista práctico, al máximo de temperatura de condensación que puede conseguirse y la potencia térmica provista  $P$  disminuye a medida que se eleva la misma temperatura de condensación, la pendiente ascendente de la temperatura de acumulación  $T_{acc}$  no es lineal sino que es una curva que aumenta regularmente con una tendencia asintótica hacia esta temperatura máxima de condensación, que debe entenderse como la temperatura límite  $T_{lim}$ .

De modo similar, también un elemento calefactor HE que consiste en un serpentín de un sistema para calefaccionar una habitación produce una pendiente ascendente del mismo tipo hacia un límite de temperatura  $T_{lim}$  que es el que está establecido en la caldera, del fluido de transferencia de calor y también aquí la potencia térmica entregable  $P$  disminuye directamente con la diferencia de temperatura  $T_{lim} - T_{acc}$ .

Pero en realidad, para aumentar las oportunidades de control, aún un grupo de resistencias eléctricas puede tener una potencia térmica variable  $P$ , por ejemplo, si se considera apropiado para reducir esta potencia  $P$  apenas se llega a la temperatura de apagado programada  $T_{off}$ .

Estos elementos calefactores HE pueden llamarse "elementos calefactores HE con potencia térmica  $P$  que disminuye a medida que sube la temperatura" o, más brevemente, "con una pendiente ascendente asintótica".

Con técnicas matemáticas conocidas más o menos sofisticadas, es posible evaluar si la pendiente ascendente asintótica tiene un crecimiento regular y por lo tanto confiable y apto para ser guardado, o por el contrario muestra discontinuidades o variaciones de pendiente abruptas (es decir, discontinuidad en la primera derivada, que es la velocidad  $v.T.rise$ ) atribuibles a perturbaciones debidas a extracciones en curso.

5

En un sentido general, si la pendiente ascendente tiene ese crecimiento regular, puede obtenerse una función de tipo  $T.loc = f(t)$  (de lo que derivamos  $T.acc = T.loc - \Delta T.loc$ ) que establece la temperatura de acumulación  $T.acc$  a la que se llega en cualquier momento  $t$ . A modo de ejemplo, un procedimiento general, que aquí se indica resumidamente, podría proporcionar los siguientes pasos, cuyo desarrollo detallados está al alcance de los

10

(a) a iguales intervalos de tiempo  $\delta.t.rise$ , para un tiempo preferentemente de al menos 25 minutos, se monitorea el registro de estatus TAP y se miden los valores de la temperatura local  $T.loc$  y se los guarda en los correspondientes registros  $n.r$  de memoria MR;

15

(b) Si durante el proceso, se detecta el estado [TAPPING-ON] o [TAPPING-ALERT], el procedimiento vuelve al paso (a); de hecho, la lectura de las temperaturas locales  $T.loc$  se considera no significativas porque están afectadas por extracciones distintas de los parámetros de una función  $T.loc = f(t)$  que más se aproxima a los pares de valores  $(T.loc; t)$ , donde  $t$  es el tiempo de detección, se estima;

20

(c) Estos parámetros se guardan hasta que se produce la siguiente medición.

Dado que la tendencia de la pendiente ascendente asintótica es característica de cada tipo de elemento calefactor HE (por ej., comparable a una pendiente lineal simple o a una curva que tiene un componente exponencial, esto facilita la definición de la forma matemática de la función  $T = f(t)$  reduciendo los parámetros a ser calculados.

25

Más preferiblemente, sin embargo, una pendiente ascendente asintótica también se caracteriza y guarda con criterios similares a los que ya se indicaron para el caso lineal.

En efecto, en casi todos los casos (véase la fig. 8) el elemento calefactor HE con pendiente ascendente asintótica puede simplemente ser equiparado a un elemento calefactor HE con una pendiente que ya se ha considerado porque el rango de la temperatura de acumulación  $T.acc$  en el que se usa permite dicha simplificación.

30

Para este propósito es suficiente que el valor de umbral predeterminado ya definido  $scost.rise.max$  esté dentro de valores predeterminados que ya se indicaron, 2 - 3 °C. En otras palabras, el método simplemente ignora que la pendiente ascendente es curva y la asimila a una pendiente lineal.

35

En otros casos (véase la Fig. 9), el elemento calefactor HE con pendiente asintótica se utiliza en un rango amplio de temperaturas y/o tiempos que la pendiente no puede ser representada precisamente por una línea, pero sí puede ser representada por dos o más segmentos lineales consecutivos: el primero es válido dentro de un primer rango de temperatura local  $T.loc$  desde  $T.loc.1$  hasta  $T.loc.2$ , el segundo desde  $T.loc.2$  hasta  $T.loc.3$  y así sucesivamente. En esta situación, determinado y guardado un primer valor  $v.T.rise.1$  dentro de dicho intervalo de muestra,  $t.samp$ , el procedimiento continúa para verificar hasta qué valor  $T.loc.2$  la temperatura local  $T.loc$  se eleva continuamente para permanecer dentro de dicho valor umbral predeterminado  $scost.rise.max$ . Apenas ya no se verifica esta condición, el procedimiento para calcular la velocidad de ascenso  $v.T.rise$  se repite y se calcula un segundo valor  $T.rise.2$  válido que comienza desde este valor  $T.loc.2$ , y así sucesivamente.

45

Los valores  $v.T.rise.1$ ,  $v.T.rise.2$ , etc. son guardados entonces, junto con los rangos de temperatura  $T.loc.1$  ./  $T.loc.2$ ,  $T.loc.2$  ./  $T.loc.3$ , etc. dentro del cual son válidos.

50

Muchos calentadores de agua de acumulación luego proporcionan la co-presencia de al menos dos tipos de elementos calefactores HE, uno de los cuales suele ser siempre un grupo de resistencias eléctricas, para ser utilizadas de forma simultánea y/o secuencial según varios métodos establecidos por el programa de control y orientados al ahorro (energético o económico), otros para asegurar el servicio en caso de urgencia.

55

En este caso, es necesario calcular la función  $T.loc = f(t)$  para ser aplicada cuando la calefacción es realizada por ambos o por más elementos calefactores HE. Dado que la curva de calentamiento de una resistencia eléctrica es lineal, será similar a una línea también la pendiente dada por la combinación de la resistencia eléctrica con el elemento calefactor HE con una curva asintótica en los campos de temperatura en los que este último puede considerarse una curva lineal.

60

Una caracterización completa de los procesos de calentamiento se obtiene entonces mediante la memorización de los varios valores de pendientes ascendentes  $v.T.rise.i$  en asociación con los estados ON / OFF de los cuerpos calefactores HE y en los rangos de temperatura para los que han sido medidos y considerados válidos.

65

En conclusión, puede guardarse un cuadro de valores  $v.T.rise$ , como se muestra a continuación, que debe ser tomado como ejemplo no limitativo.

v.T.rise	Elementos HE en condición ON	Validez
v.T.rise.1	Resistencia eléctrica	Todas las temperaturas
v.T.rise.2	Condensador PC	desde T.loc.1 hasta T.loc.2
v.T.rise.3	Condensador PC	desde T.loc.2 hasta T.loc.3
v.T.rise.4	resist. Electr. + cond. PC	desde T.loc.1 hasta T.loc.2
v.T.rise.5	resist. Electr. + cond. PC	desde T.loc.2 hasta T.loc.3
..... ..	..... ..	..... ..
v.T.rise.i	Combinación genérica de HE	desde T.loc ... hasta T.loc...
..... ..	..... ..	..... ..

Luego, para el aumento de la temperatura  $\Delta T$  durante el periodo de calentamiento de duración  $\Delta t_{on}$  la fórmula

5

$$\Delta T = \sum_i [v.T.rise.i * (t_{i+1} - t_i)]$$

donde i es desde 1 hasta k, y donde

- 10
- k es el número total de combinaciones de los elementos calefactores HE que, solos o en combinación con otros están en un estado ON a ciertos intervalos T.loc;
  - cada una de dichas velocidades k en aumento v.T.rise.i es específica para aquellos de dichos elementos calefactores HE en estado ON y para el rango de dichas temperaturas locales T.loc leídas simultáneamente;
  - El intervalo de tiempo continuo desde  $t_i$  hasta  $t_{i+1}$ , es igual al periodo total de duración del calentamiento  $\Delta t_{on}$ .
- 15

es válido.

20 La fórmula anterior tiene un valor general. Obviamente, no todas las posibles combinaciones k se activan en cada fase de calentamiento; para aquellas que no se activan, es simplemente  $t_i = t_{i+1}$ , es decir,  $(t_{i+1} - t_i) = 0$ .

25 Cada v.T.rise.i es un valor pre-guardado y fijo o actualizado con datos medidos subsiguientemente, por ejemplo, comenzando desde la fase de aprendizaje inicial antes de que el calentador de agua entre en funciones al servicio del usuario. En este caso, es preferible primeramente caracterizar v.T.rise.i para los cuerpos calefactores con los rangos de temperatura operativa más bajos. Las curvas ascendentes v.T.rise.i que se deben a la combinación de dos o más cuerpos calefactores HE pueden simplemente ser la suma de las curvas ascendentes individuales v.T.rise.i relevantes para cada cuerpo calefactor HE cuando individualmente están en estado de encendido (ON).

30 Esta laboriosa evaluación de la  $\Delta T$ , un parámetro necesario para apreciar la cantidad de una extracción que acaba de erogarse, depende del hecho de que el tipo de gestión, cualquiera que sea, que mientras tanto regula a temperatura de acumulación T.acc de acuerdo con el patrón de extracciones puede decidir autónomamente cuáles y/o cuántos de los elementos calefactores HE disponibles debe activar según las circunstancias, favoreciendo a su discreción la urgencia de calentar o ahorrar. Por lo tanto, al menos comenzando por el momento en el que el calentador de agua es controlado por el método de gestión, con el propósito de satisfacer el desempeño de acuerdo con su propio criterio actual, el método de aprendizaje de acuerdo con la invención no puede sino adaptarse a este. Sin embargo, una vez que conoce, en cada momento, el estado ON / OFF de cada elemento calefactor, es capaz de calcular la  $\Delta T$  según la fórmula anterior.

35

40 Obviamente, algunos de los procesos de caracterización descritos pueden fallar debido al paso en el registro de estado TAP a los estados [TAPPING\_ON] o [TAPPING\_ALERT], como lo prevén los procedimientos descritos, pero el problema es momentáneo, ya que muy preferiblemente el procedimiento puede ser iterativo, de modo que será exitoso en una situación posterior; al menos en periodos nocturnos, cuando sustancialmente no se producen extracciones.

45 Para resumir algunas características básicas de la invención:

- la temperatura de acumulación T.acc, el único elemento representativo del contenido de energía del tanque S, se considera igual a la temperatura local T.loc en periodos de tiempo no perturbados por extracciones ni calentamiento, mientras que la presencia de dichas perturbaciones se calcula desde lo que ha sido conocido en periodos sin perturbaciones;
  - Los métodos descriptos:
- 50

- son preferiblemente recursivos, para actualizar continuamente la caracterización del calentador de agua y/o para detectar modificaciones en el patrón de extracciones;
  - usan también valores pre guardados como el decremento de estabilización  $\Delta T_{loc}$  o las pendientes ascendentes v.T.rise, pero pueden a su vez corregir y refinar al menos algunos de estos valores mediante el autoaprendizaje;
- 5
- Pueden ser ejecutados simultáneamente;
  - suministran a cualquier método de gestión adecuado para este tipo de calentador de agua los datos necesarios para la mejor gestión del método de gestión.
- 10
- El método de autoaprendizaje descrito puede ser usado para cualquier método de gestión optimizado que sea suficiente para conocer el alcance de las extracciones (expresadas como una reducción de la temperatura de acumulación), el tiempo en el que comienzan los recursos de energía disponibles. Ventajosamente, los métodos de gestión optimizados derivados de lo que se ha descrito en los documentos citados, EP 2362 931 B1 o EP 2 366 081 B1 podrían utilizarse, con los que es posible establecer cuándo y por cuánto tiempo el elemento calefactor HE debe configurarse para encenderse (ON) y cuál debe ser la temperatura de apagado T.off para satisfacer la
- 15
- siguiente extracción o grupo de extracciones. Finalmente, hay también modelos de calentadores de agua de acumulación que prevén más de un tanque de acumulación S; los métodos de la invención son siempre aplicables, considerando el comportamiento dentro de cada tanque de acumulación S, uno por uno.

REIVINDICACIONES

1. Método para aprender, en valor y en tiempo, el patrón de extracciones de agua caliente en un calentador de agua de acumulación que comprende un tanque de acumulación (S) del agua a ser calentada

en el que dicho patrón repite cíclicamente a intervalos de tiempo predeterminados y en el que el contenido de energía térmica se considera representado por la temperatura de acumulación (T.acc) que debe ser entendida como la temperatura promedio del agua del tanque de acumulación, y dicho calentador de agua está equipado con:

- uno o más elementos calefactores (HE);
- un termo-regulador (TR) de tipo electrónico capaz de conmutar dichos uno o más elementos calefactores (HE) desde el estado de apagado (OFF) al estado de encendido (ON) y viceversa cuando un sensor de temperatura (STR) detecta respectivamente que la temperatura de apagado (temperatura de apagado (T.off) y la temperatura de encendido (switch on (T.on) con  $T.on = T.off - \Delta_{ist}$ , en donde  $\Delta_{ist}$  es un valor de histéresis predeterminado o ajustable, uno o más sensores locales de temperatura (S.loc.i; S.loc.i, STR) colocados preferiblemente cerca de la entrada del agua fría (IN) de dicho calentador de agua de acumulación y de dicho elemento calefactor (HE),
- un microprocesador (MP) capaz al menos de:

- reconocer dicha temperatura de apagado (T.off)
- recibir las señales correspondientes representativas de las temperaturas locales (T.loc.i) de dichos sensores de temperatura (S.loc.i; S.loc.i, STR);
- calcular la temperatura local (T.loc) igual a la posibilidad promedio ponderada de dichas temperaturas locales (S.loc.),

- en donde los pesos de dicha media eventualmente ponderada se establecen en base a la posición de dichos sensores de temperatura local S.loc.i y al modelo del calentador de agua

- medir el paso del tiempo,
- guardar las duraciones  $\Delta t.on$  de dichos estados ON de dichos elementos calefactores (HE),
- guardar dichas temperaturas locales (S.loc.i; S.loc.i, STR) en asociación con el tiempo de su lectura;

- en donde detecta y escribe

- en un registro de estatus especial (HE-ON / OFF) los estados actuales [ON] u [OFF] de dichos elementos calefactores (HE),
- y en un registro de estatus especial (TAP) el estado [NO TAPPING] o [TAPPING-ON] o [TAPPING- ALERT], indicativo respectivamente de la ausencia, ocurrencia o probable ocurrencia de extracciones, estado detectable a partir de la disminución de una o más de dichas temperaturas locales (S.loc.i; S.loc.i, STR) más allá de un umbral predeterminado y memorizado ( $T.thr + \Delta T.loc$ ), y/o de una velocidad predeterminada ( $v.\delta t$ ); **caracterizada por que** una reducción ( $\Delta T.tap$ ) de la temperatura de acumulación (T.acc) considerada representativa de la cantidad de extracción o de un grupo de pequeñas extracciones consecutivas,

- que lleva la temperatura de acumulación (T.acc) a un valor inferior al valor actual de dicha temperatura de encendido (T.on) en el tiempo  $t_2$ , que se considera el momento de comienzo de dicha extracción,

- y que por consiguiente acciona un paso de calentamiento al conmutar uno o más de dichos elementos calefactores (HE) al estado de [ON] sustancialmente en dicho mismo tiempo de inicio  $t_2$  y continuamente al menos hasta el siguiente tiempo  $t_3$ , se calcula según la fórmula

$$\Delta T.tap = T.acc.iniz - (T.acc.fin - v.T.rise * \delta t)$$

en donde para los valores T.acc.iniz, T.acc.fin, v.T.rise,  $\delta t$  en la fórmula, son válidas las siguientes relaciones:

- T.acc.iniz = temperatura local T.loc.2 leída en el tiempo  $t_2$  del inicio de la extracción,
  - si  $T.loc.3 - T.loc.2 \geq \Delta T.q$  entonces  $T.acc.fin = T.acc.3$  and  $\delta t = \delta t.HE.on$
- y  $v.T.rise * \delta t$  es el incremento  $\Delta T$  de la temperatura de acumulación T.acc debido al

calentamiento que dura  $\delta t.HE.on$

- si  $T.loc.3 - T.loc.2 < \Delta T.q$  entonces

$T.acc.fin = T.acc.2$  and  $\delta t = (\delta t.on.1 + \delta t.on1.fict) v.T.rise$  es la velocidad de variación de la temperatura de acumulación  $T.acc$  por dichos elementos calefactores (HE) en el estado [ON] leído en un registro de memoria y en donde, a su vez

-  $T.acc.3 = T.loc - \Delta T.loc$

-  $\delta t.HE.on$  es la duración de dicha fase de calentamiento, entre dichos tiempos  $t_2$  y  $t_3$  cuando  $T.loc.3 - T.loc.2 \geq \Delta T.q$

-  $\delta t.on.1$  es la duración de dicha fase de calentamiento entre dichos tiempo  $t_2$  y  $t_3$  cuando  $T.loc.3 - T.loc.2 < \Delta T.q$

-  $\delta t.on1.fict = (T.acc.2 - T.loc.3) / v.T.rise.loc$

-  $T.acc.2$  se presume igual a  $T.loc.2$

-  $T.loc.3$  es la temperatura local leída en el tiempo  $t_3$

-  $\Delta T.loc$  es un decremento de estabilización al final de una fase de calentamiento leído en una memoria específica;

-  $v.T.rise.loc$  es el coeficiente angular de la recta tangente en el tiempo  $t_3$  la curva de la pendiente ascendente de la temperatura local  $T.loc$ ,

-  $\Delta T.q$ , índice de estabilidad, es un parámetro empírico, predefinido y pre-registrado, que depende del modelo de calentador de agua y que es configurado por una persona experta en la materia

- dicho cálculo se considera válido y ejecutable siempre que durante toda dicha fase de estado [ON], el estado [NO\_TAPPING] esté siempre guardado en dicho registro de estatus (TAP).

25 2. Método para aprender el patrón de extracciones según la reivindicación anterior **caracterizado por que** dicho índice de estabilidad  $\Delta T.q$  es igual a 0.

30 3. Método para aprender el patrón de extracciones según al menos la reivindicación 1

**caracterizado por que**

dicho aumento  $\Delta T$  de la temperatura de acumulación ( $T.acc$ ) en dicha fase de calentamiento de duración  $\delta t.HE.on$  se calcula mediante la suma

$$\Delta T = \sum_i [v.T.rise.i * (t_{i+1} - t_i)]$$

Donde  $i$  es desde 1 a  $k$  y donde

-  $k$  es el número de combinaciones de dichos elementos calefactores (HE) que pueden estar simultáneamente en estado ON;

-  $v.T.rise.i$  significa cada una de  $k$  velocidades de aumento  $v.T.rise.i$  específica para la combinación de aquellos de dichos elementos calefactores (HE) en estado ON y para el rango de dichas temperaturas locales  $T.loc$  leídas simultáneamente;

- la suma de intervalos consecutivos  $(t_{i+1} - t_i)$  es igual a todo el periodo de calentamiento con una duración  $\Delta t.on$ ;

- dichos valores de velocidad ascendente  $v.T.rise.i$  se leen de una memoria;

y donde dicha suma  $\Delta T = \sum_i [v.T.rise.i * (t_{i+1} - t_i)]$  se simplifica a la fórmula  $\Delta T = v.Trise * \Delta t.on$  si  $k = 1$ , es decir, si solo uno de dichos elementos calefactores (HE) está presente o activo.

50 4. Método para aprender el patrón de extracciones según la reivindicación anterior **caracterizado por el hecho de que**

el valor de dichas  $k$  velocidades de variación de la temperatura  $v.T.rise.i$  se recalcula continuamente a intervalos de tiempo predeterminados  $\delta t.rise$  de algunos minutos comenzando a partir del momento en el que se cumplen las correspondientes combinaciones de estado ON/OFF de dichos elementos calefactores (HE) y en el registro del estado (TAP) el estado [NO TAPPING] está registrado, y de acuerdo con el siguiente procedimiento:

- los valores locales de temperatura  $n.r$  más recientes ( $T.loc$ ) medidos en intervalos de tiempo predefinidos iguales  $\delta t.rise$  se registran en el mismo número de registros de memoria (MR)

- se controla que

- dichos valores de temperatura local ( $T.loc$ ) en el intervalo de tiempo de muestreo

-  $t.samp = \delta t.rise * (n.r - 1)$  crecen en forma lineal dentro de una desviación predefinida  $scost.rise.max$ ,

- en el registro de estado (TAP) el estado [NO TAPPING] sigue registrado,

- El estado ON / OFF de dichos elementos calefactores (HE) sigue sin cambios;
  - Si esta comprobación es positiva,
    - la relación entre el aumento de dicha temperatura local (T.loc) y dicho intervalo de tiempo de muestreo  $t.samp = \delta.t.rise * (nr - 1)$  se toma como el valor v.T.rise.i para dicha velocidad de variación de temperatura,
    - el último valor almacenado v.T.rise.i para dicha combinación i de dichos elementos calefactores (HE) en estado ON se reemplaza por un promedio ponderado del mismo con el nuevo valor calculado,
  - Si esta comprobación es negativa
    - el procedimiento vuelve al inicio.
5. Método para aprender el patrón de extracciones según la Reivindicación 3 **caracterizado por que** dichas velocidades en aumento v.T.rise.i se detectan directamente exclusivamente para cada uno de dichos elementos calefactores (HE) en el estado ON mientras las restantes de dichas velocidades en aumento v.T.rise.i de cualquier otra combinación específica se obtienen de la suma de dichas velocidades v.T.rise.i directamente detectadas.
6. Método para aprender el patrón de extracciones según las anteriores reivindicaciones 4 o 5 **caracterizado por** el hecho de que
- después de dicho tiempo t.samp mínimo preconfigurado, considerado suficiente para la determinación de una primera velocidad de calentamiento v.T.rise.i relevante para una primera sección de la curva de calentamiento, se continúa comprobando hasta qué valor T.loc.2 el aumento de dicha temperatura local (T.loc) continúa permaneciendo dentro del valor umbral predeterminado scost.rise.max,
  - en cuanto deja de verificarse esto, el procedimiento descrito se repite para detectar un nuevo valor v.T.rise.2 relevante para una segunda sección, y así sucesivamente,
  - los valores v.T.rise.1, v.T.rise.2, etc. Se guardan juntos con los intervalos de temperatura T.loc.1 4 T.loc.2, T.loc.2 4 T.loc.3, etc. Dentro de los cuales estos son válidos.
7. Método para aprender el patrón de extracciones según cualquier reivindicación anterior, desde la reivindicación 4 en adelante **caracterizado por el hecho de que** dichos intervalos de tiempo  $\delta.t.rise$  son iguales a 1 minuto y dicho intervalo de tiempo de muestra t.samp es al menos igual a 25 minutos.
8. Método para aprender el patrón de extracciones según cualquier reivindicación anterior, **caracterizado por el hecho de que**, para identificar el momento de inicio de cada extracción,
- a intervalos de tiempo de recalculado  $\delta.t.ric$ , las temperaturas locales T.loc.i(t) se registran en el tiempo general actual t,
  - Si para al menos una de las temperaturas locales (T.loc.i) hay un aumento superior a dicho decremento de estabilización ( $\Delta T.loc$ ) por al menos un cierto valor umbral predefinido T.thr,
  - entonces esto indica una extracción en curso y el momento de inicio de la extracción t.in.tap se guarda
- donde
- Los valores de dicho decremento de estabilización ( $\Delta T.loc$ ) y el valor predefinido de dicho umbral T.thr son leídos desde registros de memoria específicos.
9. Método para aprender el patrón de extracciones según la reivindicación anterior además **caracterizado por el hecho de que**
- (a) en la instalación del calentador de agua o cualquier reinicio después de un periodo de inactividad, en un registro de estado (TAP) se guarda el estado [NO\_TAPPING]
  - (b) a intervalos de tiempo recalculado de duración  $\delta.t.ric$ , dichas temperaturas locales T.loc.i(t) están registradas en el tiempo general actual t,
  - (c) en un siguiente tiempo  $t + \delta.t.tap$ , las temperaturas locales T.loc T.loc.i(t +  $\delta.t.tap$ ) son registradas nuevamente;
  - (d) Por cada uno de estos sensores de temperatura local (S.loc.i) se calcula la variación  $\Delta T.loc.i.tap = T.loc.i(t) - T.loc.i(t + \delta.t.tap)$ ;
  - si para una de las variaciones anteriores  $\Delta T.loc.i.tap, \Delta T.loc.i.tap / \delta.t.tap > v. \delta t$ ,

- entonces esto es interpretado como una posible, pero no segura, extracción en curso y el estado [TAPPING\_ALERT] se guarda en dicho registro de estado (TAP),
  - Si no, se guarda el estado [NO\_TAPPING] en el registro de estado (TAP);
- 5 (e) Si, al menos respecto de una de dichas variaciones  $\Delta T_{loc.i.tap}$  (para  $i$  desde 1 a  $s$ ),  $\Delta T_{loc.i.tap} > (T_{thr} + \Delta T_{loc})$ ;
- Entonces esto se interpreta como una extracción en curso cierta, el tiempo de inicio  $t_{in.tap}$  se guarda y el estado [TAPPING ON] se escribe en dicho registro de estatus (TAP)
  - de lo contrario, se guarda el estado [NO\_TAPPING] en dicho registro de estado (TAP).
- 10
10. Método para aprender el patrón de extracciones según cualquiera de las reivindicaciones anteriores **caracterizado por que**
- 15 el tiempo de finalización  $t_{fin.tap}$  de cada extracción se considera como aquel en el que la disminución de cada una de dichas temperaturas locales ( $T_{loc.i}$ ) es menos que una velocidad predeterminada  $v \cdot \delta T$  de variación.
11. Método para aprender el patrón de extracción según las reivindicaciones anteriores **caracterizado por el hecho de que**
- 20 cuando por cada una de las variaciones antes mencionadas  $\Delta T_{loc.i.tap}$  hay  $\Delta T_{loc.i.tap} / \delta t_{tap} < v \cdot \delta t$  y en dicho registro de estado TAP, no ha sido ya registrado el estado [NO\_TAPPING], entonces se guardan:
- el tiempo  $t_{fin.tap}$  de esta comprobación positiva como la finalización de la extracción que estaba en curso
  - y, en dicho registro de estado (TAP), el estado [NO\_TAPPING]
- 25
12. Método para aprender el patrón de extracciones según cualquier reivindicación anterior, excluyendo la reivindicación 2, **caracterizado por que** dicho decremento de estabilización ( $\Delta T_{loc}$ ) es calculado y actualizado de acuerdo con los siguientes pasos:
- 30
- (a) guardar un valor predeterminado de dicho decremento de estabilización ( $\Delta T_{loc}$ ) en la puesta en marcha del calentador de agua;
  - (b) a intervalos de tiempo de recalcularo  $\delta t_{ric}$ , registrar el valor  $T_{loc.i}(t)$  de dichas temperaturas locales ( $T_{loc.i}$ ) al tiempo general actual  $t$ ;
  - (c) después de un intervalo de tiempo de extracción  $\delta t_{ril}$  registrar el valor  $T_{loc.i}(t + \delta t_{ril})$  de dichas s temperaturas locales ( $T_{loc.i}$ ) al tiempo general actual  $t + \delta t_{ril}$ ;
  - (d) calcular, respecto de cada uno de estos sensores de temperatura local ( $S_{loc.i}$ ) la diferencia  $\Delta T_{loc.i} = T_{loc.i}(t) - T_{loc.i}(t + \delta t_{ril})$ ;
  - (e) Si
    - los valores algebraicos  $\Delta T_{loc.i}$  son negativos, o dicho registro de estado (TAP) indica los estados [TAPPING\_ON] o [TAPPING\_ALERT], volver al paso (b),
    - si no, calcular, respecto de decremento de estabilización ( $\Delta T_{loc}$ ) del promedio ponderado de las diferencias  $\Delta T_{loc.i} = T_{loc.i}(t) - T_{loc.i}(t + \delta t_{ril})$  para  $i$  desde 1 hasta  $s$ ;
  - (f) Guardar el nuevo valor de dicho decremento de estabilización ( $\Delta T_{loc}$ ) en lugar del valor homólogo que estaba antes en la memoria.
- 35
- 40
- 45
- 50
13. Método para aprender el patrón de extracciones según cualquiera de las reivindicaciones anteriores **caracterizado por que**
- 55 para calcular de la velocidad de enfriamiento ( $v \cdot \Delta T_{loss}$ ) de dicha temperatura de acumulación ( $T_{acc}$ ) considerada representativa de las pérdidas térmicas, se realizan los siguientes pasos:
- (a) Guardar un tiempo  $t_1$  en el que dichos uno o más elementos calefactores (HE) en entrado en el estado OFF y el valor  $T_{acc.1}$  correspondiente de dicha temperatura de acumulación ( $T_{acc}$ );
  - (b) guardar el tiempo  $t_2$  en el que al menos uno de dichos elementos calefactores (HE) vuelve al estado ON;
  - (c) guardar el tiempo  $t_3$  en el que dicho elemento calefactor (HE) vuelve nuevamente al estado OFF y el  $T_{acc.3}$  correspondiente que es leído respecto de dicha temperatura de acumulación ( $T_{acc}$ );
  - (d) calcular  $T_{acc.2} = T_{acc.3} - v \cdot Trise \cdot (t_3 - t_2)$  donde  $T_{acc.2}$  es el valor asumido para dicha temperatura de acumulación ( $T_{acc}$ ) en el tiempo  $t_2$ ;
  - (e) calcular  $v \cdot \Delta T_{loss} = (T_{acc.1} - T_{acc.2}) / (t_2 - t_1)$  donde  $v \cdot \Delta T_{loss}$  es el valor asumido para la velocidad de enfriamiento de dicho tanque de acumulación  $S$ ;
- 60
- 65

- (f) calcular un promedio ponderado entre el valor  $v.\Delta T.loss$  recién calculado y el valor en memoria y guardar el nuevo valor en lugar del valor homólogo que estaba previamente en la memoria;
- (g) durante todo el proceso, si el estado [NO\_TAPPING] no está guardado en el registro de estado (TAP), volver al paso (a).

5

14. Método para aprender el patrón de extracciones según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que**

10

- dicho ciclo de extracciones con una duración de  $nr.d$  días se divide en un número  $nr.h$  de intervalos de tiempo consecutivos predeterminados (Int) de igual longitud  $\Delta.t.int.$ ;
- por cada uno de dichos  $nr.h$  intervalos de tiempo horario (Int) durante todo el ciclo de extracción se calcula una extracción ficticia ( $\Delta T.tap.tot$ ) i se la guarda, que representa la totalidad de las extracciones que se encuentran en el mismo intervalo y un tiempo ficticio correspondiente ( $\Delta.t.fict$ ) del inicio de dicha extracción ficticia;

15

15. Método para aprender el patrón de extracciones según la reivindicación anterior, **caracterizado por que** dicha extracción ficticia ( $\Delta T.tap.tot$ ) se establece igual a la suma de las reducciones de la temperatura de acumulación ( $\Delta T.tap.i$ ) de todas las  $k$  extracciones y dicho tiempo ficticio ( $\Delta.t.fict$ ) es igual

20

- al valor promedio ponderado de los tiempos reales ( $\Delta.ti$ ) en los que se registró cada una de dichas extracciones ( $\Delta T.tap.i$ ) si hubo extracciones,
- a la mitad de la duración de dicho intervalo de tiempo ( $\Delta.t.int.$ ) si no hubo extracciones.

25

16. Método para aprender el patrón de extracciones según cualquiera de las reivindicaciones anteriores **caracterizado por que** dicho aprendizaje de dichas extracciones continúa durante uno o más ciclos posteriores a un primer ciclo.

30

17. Método para aprender el patrón de extracciones según al menos la reivindicación anterior, **caracterizado por que** los datos de dichas extracciones verificados en el ciclo en curso se guardan tomando en cuenta también los datos encontrados en los intervalos homólogos de ciclos previos por los promedios ponderados u operaciones de filtrado entre los datos de dicho ciclo en curso y los correspondientes de dichos uno o más ciclos anteriores.

35

18. Método para aprender el patrón de extracciones según cualquiera de las reivindicaciones 14 a 15, **caracterizado por que**

40

- se proporciona un número  $n.cyc.prec$  de memorias anteriores (M.cyc.prec) donde se guardan los datos de dichas extracciones relacionadas con  $n.cyc.prec$  ciclos consecutivos que preceden al que está en curso;
- si alguna de dichas extracciones ficticias ( $\Delta T.tap.tot$ ) calculadas es

45

- mayor que la presente en la memoria en el momento (M.cyc.corr) en el intervalo homólogo Int, tanto la extracción ficticia  $\Delta T.tap.tot$  como la sincronización ficticia  $\Delta.t.fict$  reemplazan los valores homólogos presentes en la memoria en el tiempo (M.cyc.corr):

50

- si en cambio dicha extracción ficticia  $\Delta T.tap.tot$  es menor que la de la memoria del ciclo anterior, se registra en la memoria:
  - como tamaño de la extracción, el valor ficticio  $\Delta.tot$  pero filtrado con los valores almacenados en los intervalos homólogos Int de los ciclos más recientes  $n.cyc$ ,
  - como un tiempo ficticio  $\Delta.t.fict$ , el promedio ponderado entre el nuevo tiempo ficticio  $\Delta.t.fict$  y que se encontró en la memoria del ciclo inmediatamente anterior;
- mientras que la cantidad  $n.cyc$  de ciclos utilizados en el filtro es igual a 0 si el ciclo en cuestión es el primero después del encendido y aumenta en una unidad para cada ciclo subsiguiente hasta el valor máximo  $n.cyc.prec$ .

55

19. Método para aprender el patrón de extracciones según cualquiera de las reivindicaciones anteriores **caracterizado por que** por cada una de dichas extracciones se registra al menos el valor de dicho tiempo de extracción  $t.in.tap$  y la correspondiente caída de temperatura de dicha extracción  $\Delta.tap$ .

60

20. Método para aprender el patrón de extracciones según la reivindicación anterior **caracterizado por que** el valor de dicho tiempo de fin de extracción  $t.fin.tap$  además es memorizado respecto de cada una de dichas extracciones detectadas.

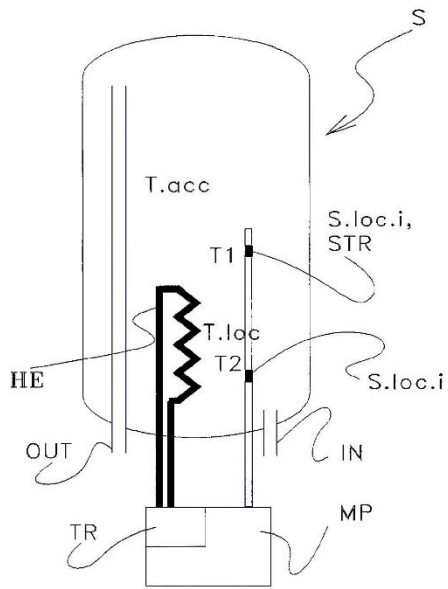


Fig. 1.a

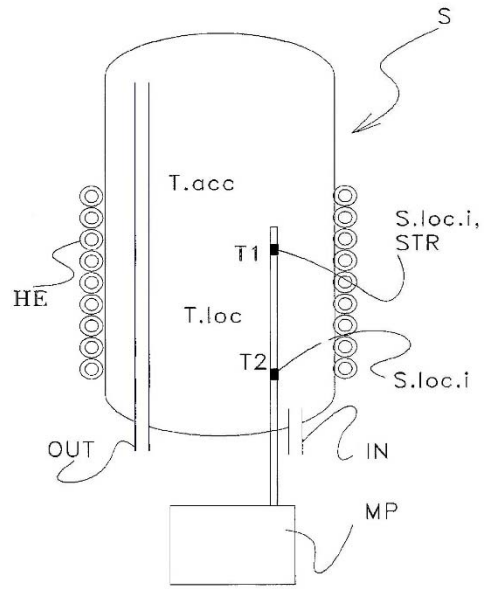


Fig. 1.b

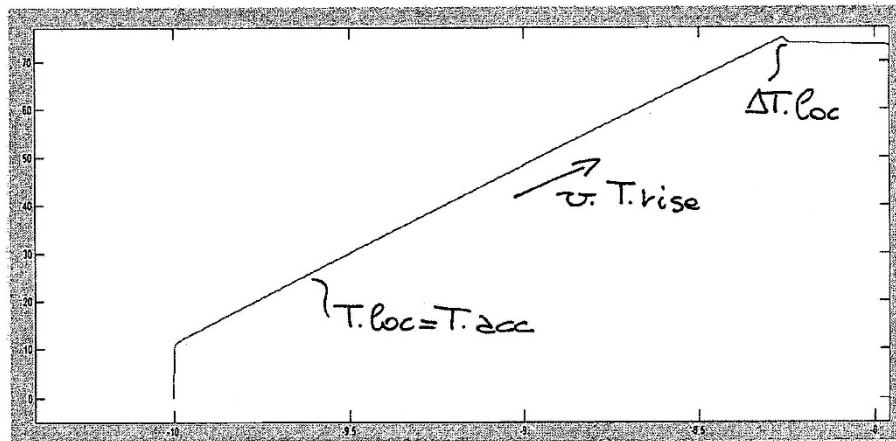


FIG. 2

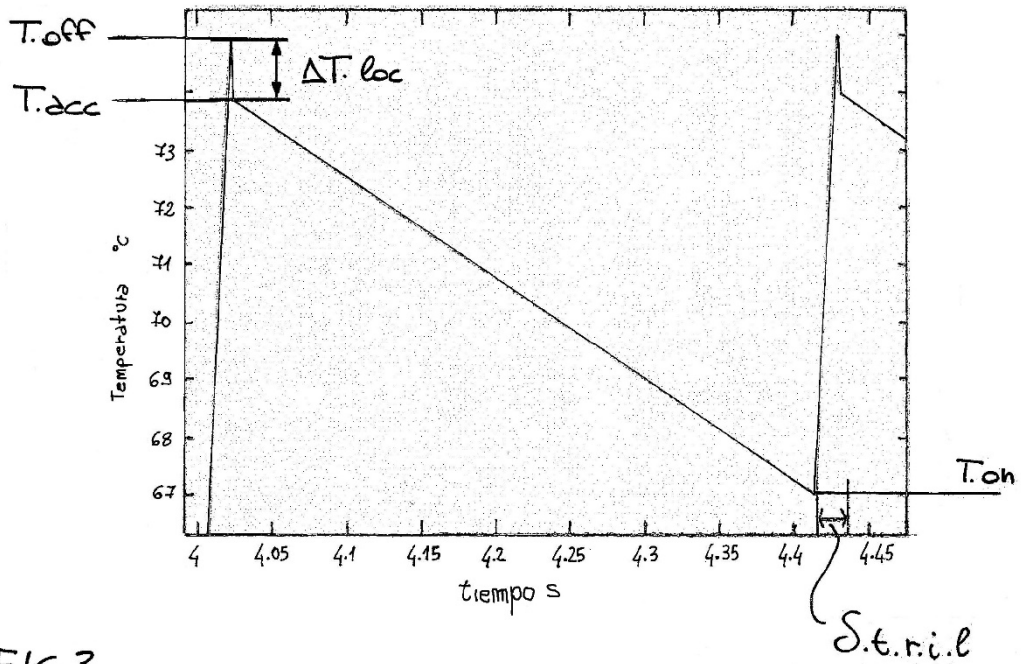


FIG. 3

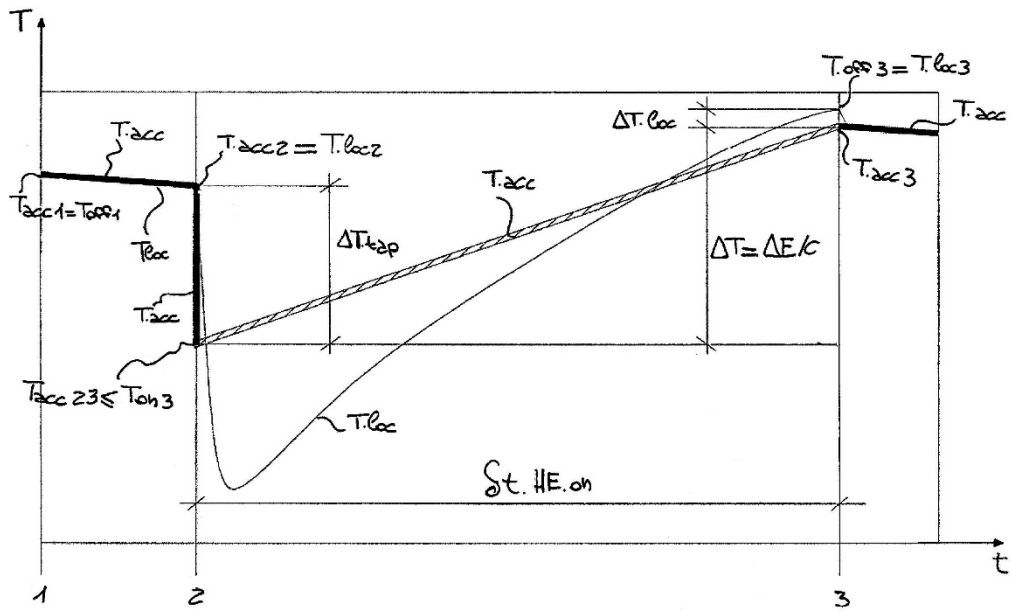


FIG. 4

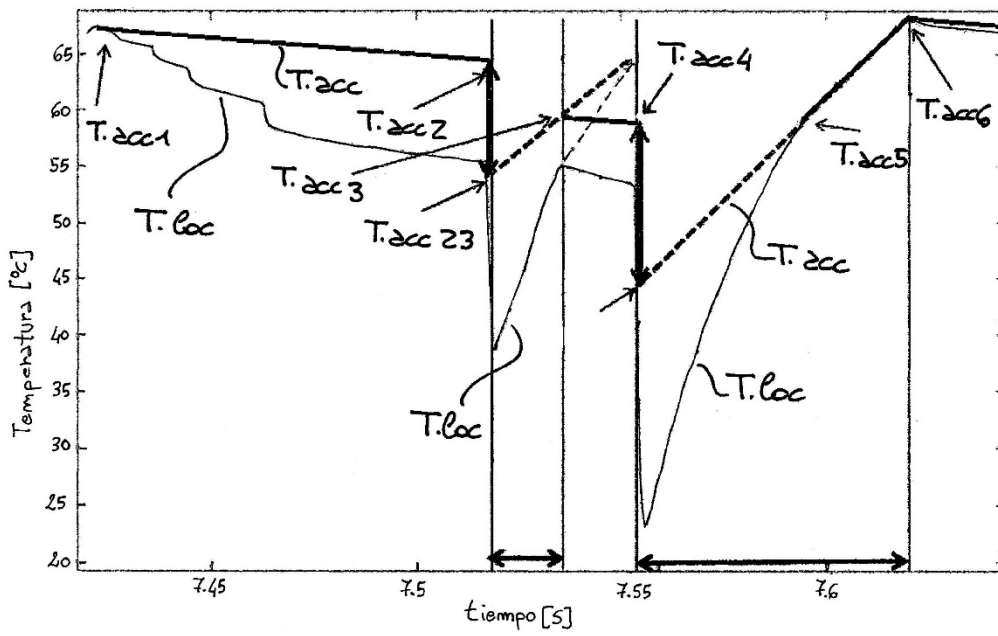


FIG.5

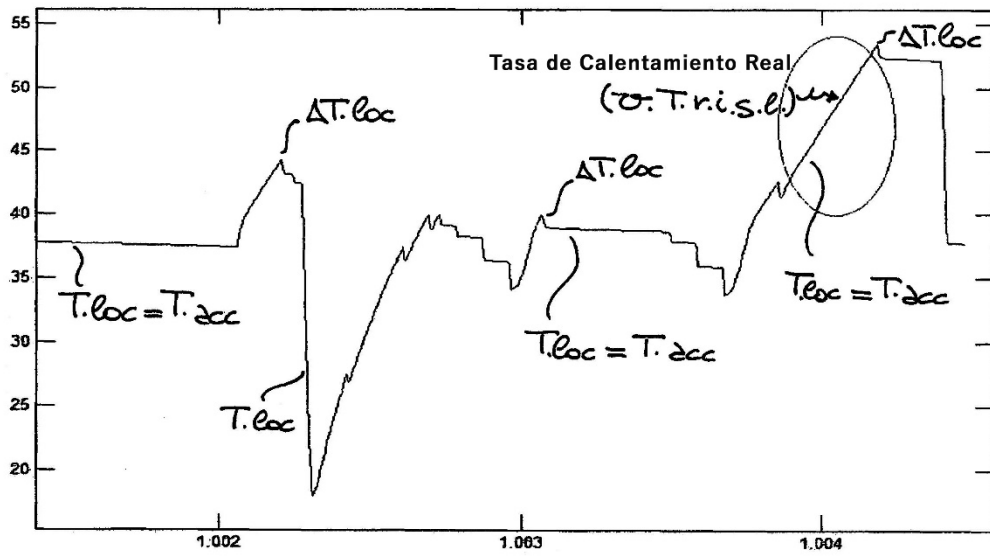


FIG.6

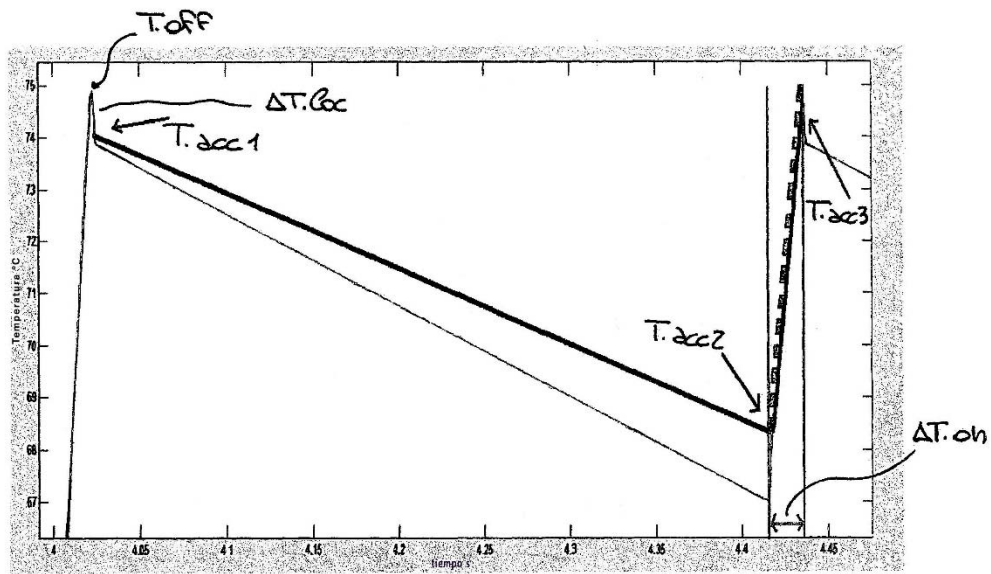


FIG.7

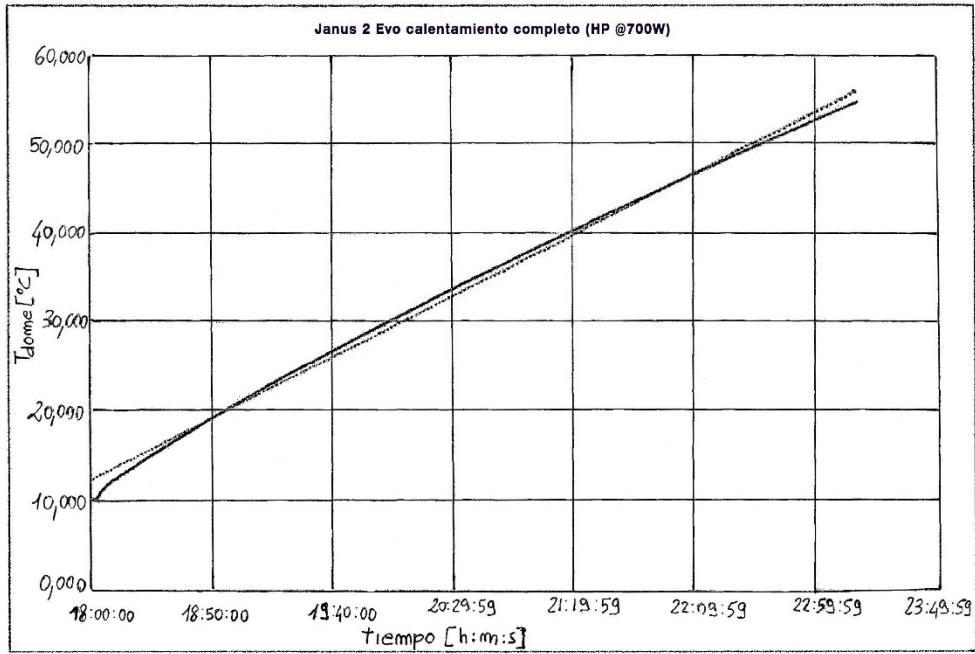


Fig. 8

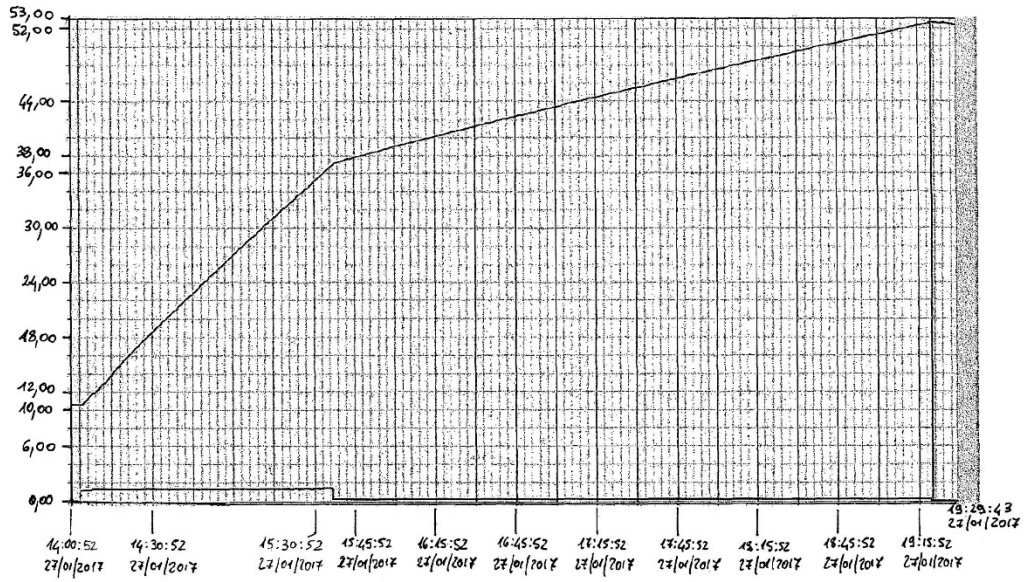


Fig. 9

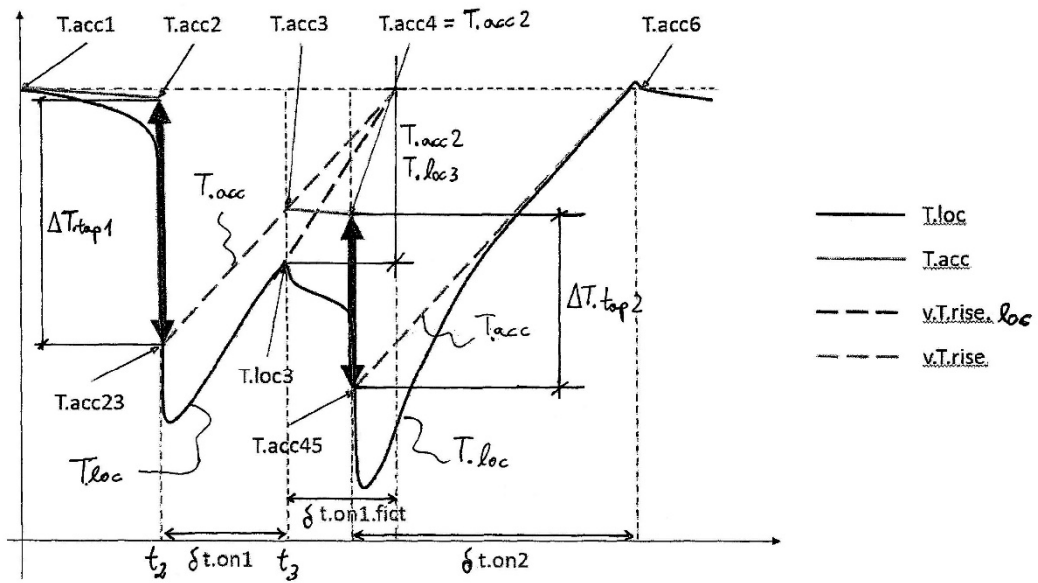


Fig. 10

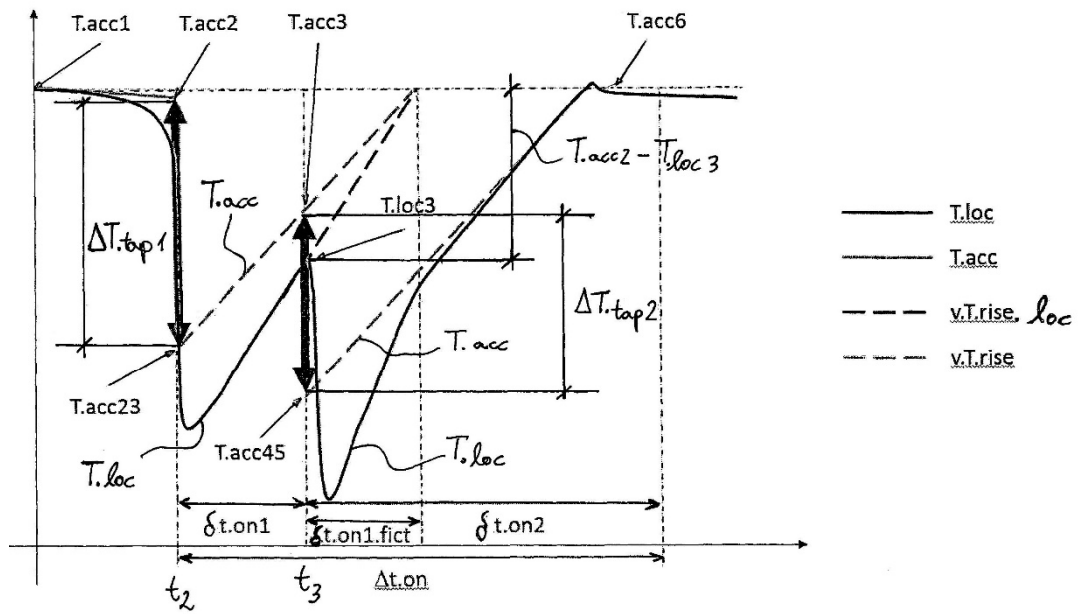


Fig. 11