



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 319 312**

51 Int. Cl.:
F25D 29/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **05108205 .5**

96 Fecha de presentación : **07.09.2005**

97 Número de publicación de la solicitud: **1762801**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **14.03.2007**

54 Título: **Método para estimar la temperatura de los alimentos dentro de una cavidad de un frigorífico y frigorífico que utiliza dicho método.**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
06.05.2009

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
06.05.2009

73 Titular/es: **WHIRLPOOL CORPORATION**
2000 M-63
Benton Harbor, Michigan 49022, US

72 Inventor/es: **Boer, Alessandro;**
Paganini, Raffaele;
Petrigliano, Rocco;
Sicher, Paolo;
Toniolo, Paolo y
Suardi, Alessandra

74 Agente: **Elzaburu Márquez, Alberto**

ES 2 319 312 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).

ES 2 319 312 T3

DESCRIPCIÓN

Método para estimar la temperatura de los alimentos dentro de una cavidad de un frigorífico y frigorífico que utiliza dicho método.

5 La presente invención está relacionada con un método para controlar la temperatura dentro de una cavidad de un aparato de refrigeración provisto con un sensor de temperatura dentro de la mencionada cavidad, y con medios de un accionador para ajustar la capacidad de refrigeración del aparato. Con el término de “medios de accionador” se intenta abarcar a todos los accionadores del aparato de refrigeración (compresores, reguladores, válvulas, ventiladores, etc.) que se utilicen por el sistema de control del aparato, para el mantenimiento de ciertas condiciones en la cavidad tal como se ajusten por el usuario, es decir, mediante el ajuste de la capacidad de refrigeración del aparato.

10 El documento US-A-588491 expone un aparato de control de la temperatura para regular la temperatura en una pluralidad de posiciones del compartimento refrigerado, y que requiere dos sensores de temperatura situados dentro de la cavidad.

15 Tradicionalmente, la temperatura dentro de una cavidad de un frigorífico o refrigerador se controla mediante la comparación de la temperatura fijada por el usuario con una temperatura medida que procede de un sensor dedicado. En general, la temperatura fijada por el usuario se convierte a una temperatura de desconexión y conexión, y en donde la temperatura medida se compara con estos dos valores, con el fin de decidir el estado del compresor (conexión/desconexión o la velocidad del mismo en el caso de un compresor de velocidad variable), se acuerdo con la denominada técnica de histéresis. Se utiliza también una solución similar para generar mensajes de alarma de sobretemperatura: la temperatura medida de la sonda (y algunas magnitudes relacionadas tales como su derivada con respecto al tiempo) se compara con un conjunto de valores predeterminados, y basándose en la comparación, se genera un mensaje de aviso o alarma. Los inconvenientes de dicha clase de soluciones conocidas están relacionados con el hecho de que las tablas de consulta y los valores predeterminados son el resultado de un compromiso entre todas las condiciones de trabajo posibles. El resultado es una temperatura no bien controlada de los alimentos, en respuesta a diferentes temperaturas externas, a distintas condiciones de carga y posibles indicaciones de alarma no coherentes (falsas alarmas o bien alarmas no señalizadas).

20 Un objeto de la presente invención es proporcionar una estimación de la temperatura promedio de los alimentos dentro de un congelador o de una cavidad de un frigorífico, con el uso de un único sensor de temperatura dentro de dicha cavidad. Dicha estimación tiene dos fines distintos principales. El primero es contribuir a los rendimientos de la conservación de los alimentos del frigorífico, proporcionando el algoritmo de control del aparato con una temperatura que sea más próxima a la temperatura en curso de los alimentos que la temperatura ambiente aproximada que proceda desde el sensor interior de la cavidad. El segundo fin es minimizar el riesgo de mensajes falsos de aviso de sobretemperatura, o de condiciones no detectadas de sobretemperatura.

25 El objeto anterior se obtiene de acuerdo con un método y un aparato de refrigeración de alimentos, cuyas características están listadas en las reivindicaciones adjuntas.

30 La presente invención comprende básicamente en un algoritmo de estimación que es capaz de estimar la temperatura promedio de los alimentos dentro de una cavidad de un frigorífico o en una parte especial de dicha cavidad (cajón, estante, etc.). Esto se realiza con el uso de un único sensor de temperatura dentro de la cavidad. De acuerdo con la invención, la temperatura que procede de este sensor está correlacionada con las tendencias del estado de los accionadores, en donde tales accionadores corresponden por ejemplo al compresor, el atenuador de regulación que modula el flujo de aire entre el congelador y los compartimentos del frigorífico (en el caso de los frigoríficos sin escarcha), el ventilador, el calefactor para la descongelación de la escarcha del evaporador o una combinación de los mismos. Esta correlación permite la conversión de la temperatura medida de la sonda en el valor más probable de la temperatura de los alimentos.

35 En la siguiente descripción se hace referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

• la figura 1 muestra una representación eléctrica del principio del flujo térmico que es la base del algoritmo de acuerdo con la presente invención;

• la figura 2 muestra una representación esquemática de un aparato de refrigeración en donde está implementada la presente invención;

• la figura 3 muestra un diagrama de bloques de estimación de la estimación de la temperatura de los alimentos utilizada en la presente invención;

• la figura 4 muestra un diagrama de bloques, en donde se utiliza la temperatura estimada de los alimentos para proporcionar un control de la temperatura de los alimentos más preciso en el compartimento del frigorífico;

• la figura 5 muestra el efecto de la temperatura de estimación de los alimentos de acuerdo con la figura 4, en presencia de distintas temperaturas externas: la temperatura medida (MT) varía con el fin de mantener una temperatura constante de los alimentos;

ES 2 319 312 T3

• la figura 6 muestra la representación del diagrama de bloques de un sistema de control tradicional, en donde la temperatura medida MT es la temperatura en curso controlada;

5 • la figura 7 muestra las tendencias de la temperatura cuando se utiliza la solución tradicional de acuerdo con la figura 6, y en donde la temperatura medida promedio MT se mantiene constante, aunque la temperatura de los alimentos se desvíe con los cambios de la temperatura externa,

10 • la figura 8 muestra un diagrama de bloques en donde se utiliza el estimador de alimentos de acuerdo con la invención, para generar una alarma coherente de la temperatura de aviso de alimentos calientes;

15 • la figura 9 muestra las tendencias de la temperatura y la señal de sobrettemperatura, cuando se utiliza el sistema de control mostrado en la figura 8, y en donde la temperatura de los alimentos se desvíe con la temperatura externa (debido a que la temperatura del frigorífico controlado es suministrada por la temperatura medida y no por la temperatura estimada de los alimentos) aunque la señal de sobrettemperatura es coherente con la temperatura en curso de los alimentos. En este caso, se supone que el algoritmo de estimación se utiliza para informar al cliente sobre los posibles riesgos de la proliferación de bacterias de Listeria, y por esta razón se ha seleccionado un umbral de temperatura de 4°C,

20 • la figura 10 muestra un diagrama de bloques en donde se utiliza la temperatura estimada de los alimentos de acuerdo con la invención, tanto para garantizar un control preciso de la temperatura de los alimentos, como para proporcionar una alarma coherente de sobrettemperatura,

25 • la figura 11 es un diagrama que muestra los resultados de cuarenta y cuatro horas de pruebas en un aparato real controlado de acuerdo con el diagrama de bloques de la figura 10, en donde se reprodujeron las condiciones domésticas (apertura de la puerta, cambios de la temperatura externa, cambios de la fijación de temperaturas y descongelaciones del congelador).

30 De acuerdo con la presente invención, la anterior correlación o conversión a partir de la temperatura medida (dentro de la cavidad) y la temperatura estimada de los alimentos, se realiza de acuerdo con el principio del “flujo térmico”. En general, la diferencia de temperaturas o gradiente ΔT entre dos puntos dentro de una cavidad depende del coeficiente G de transferencia de calor, entre estos dos puntos y la tasa Q de flujo de calor (flujo térmico) que pasa desde un punto al otro. Una descripción aproximada de la descripción de este fenómeno puede proporcionarse mediante la siguiente fórmula:

35

$$\Delta T = \frac{1}{G} \cdot Q \quad \text{(Ecuación 1)}$$

40

45 El algoritmo de estimación de acuerdo con la presente invención está basado en la fórmula anterior. En particular, se define la diferencia de temperaturas ΔT como la diferencia de las temperaturas entre dos puntos en particular dentro de la cavidad: PS y PF.

50 PS es el punto interior en la cavidad en donde se coloca el sensor de temperatura S. PF puede seleccionarse como el punto dentro del frigorífico que tiene una temperatura igual a la temperatura promedio total de los alimentos, o la temperatura de los alimentos que tengan que monitorizarse o controlarse. Si se indica la temperatura en correspondencia con los puntos PS como MT (Temperatura Medida) y la temperatura en el punto PF como FT (Temperatura del Alimento), obtendremos:

55

$$MT - FT = \frac{1}{G} \cdot Q \quad \text{(Ecuación 2)}$$

60 La figura 1 muestra una representación eléctrica de este fenómeno.

De acuerdo con la Ecuación 2, puede obtenerse una estimación de la temperatura de los alimentos de acuerdo con la siguiente fórmula:

65

$$FT = MT - \frac{1}{G} \cdot Q \quad \text{(Ecuación 3)}$$

ES 2 319 312 T3

El sensor S mide directamente MT, 1/G es un parámetro que depende del aparato y de la condición de la carga considerada (tipo y posición de los alimentos). Cada condición de la carga y cada muestra del aparato proporcionan un valor específico de G. El valor promedio de este parámetro tiene que encontrarse durante la fase de diseño.

La tasa del flujo depende estrictamente de la temperatura de la fuente fría de la cavidad (es decir, el evaporador). Si dicha temperatura no puede ser medida (una situación típica en que puede utilizarse esta invención), el valor de Q puede ser estimado mediante el procesamiento de las tendencias de los accionadores (ventiladores, compresor, regulador). La cantidad $\frac{1}{G} \cdot Q$ se define como la Temperatura de Desplazamiento OT:

$$OT = \frac{1}{G} \cdot Q \quad (\text{Ecuación 4})$$

De acuerdo con esta estimación, la temperatura de los alimentos puede describirse como:

$$FT = MT - OT \quad (\text{Ecuación 5})$$

Uno de los fines de esta invención es proporcionar un método de determinación de la magnitud OT, de forma que pueda obtenerse de acuerdo con la Ecuación 5 una estimación de la temperatura FT de los alimentos.

Con el fin de describir el método utilizado para la estimación de la temperatura de los alimentos, se considerará un prototipo experimental de un frigorífico/congelador de montaje inferior del tipo sin escarcha. La representación esquemática del este frigorífico/congelador es la mostrada en la figura 2. Los accionadores principales en este caso son el compresor, el ventilador y el regulador. El compresor enfría el evaporador dentro de la célula del congelador (en el fondo). El ventilador hace soplar el aire frío dentro de la cavidad del congelador y en la cavidad superior del frigorífico (si el atenuador está abierto). La descripción del método de acuerdo con la invención se enfocará solamente sobre la cavidad del frigorífico. De acuerdo con la Ecuación 1, la temperatura de desplazamiento OT es proporcional al flujo térmico Q. El flujo térmico está relacionado principalmente con la temperatura del evaporador (es decir, la fuente fría): cuanto más fría es la temperatura del evaporador, el valor de OT tenderá a ser más alto. La solicitud de la patente EP-1450230 describe con detalle un método posible para estimar la temperatura de desplazamiento, cuando un sensor dedicado de temperatura sobre el sensor del evaporador se coloca sobre el evaporador adicionalmente al sensor S de la temperatura mencionado. Un objeto de la presente invención es estimar la temperatura de desplazamiento sin ningún sensor adicional dedicado. La temperatura del evaporador está afectada indirectamente por la acción de los accionadores. Cuanto más alta sea la carga de trabajo de los accionadores, más fría será la temperatura del evaporador. Esto puede resumirse suponiendo que la temperatura de desplazamiento puede considerarse como una función de las tendencias de los accionadores:

$$OT = f(\text{Accionadores}(t)).$$

En el caso específico esta función puede re-escribirse como:

$$OT(t) = f(\text{Compresor}(t, t_0), \text{Regulador}(t, t_0))$$

Los términos Compresor(t,t₀) y Regulador(t, t₀) representan la tendencia promedio del estado del compresor y el regulador con respecto al tiempo. Una de las formas más comunes para calcular este valor es el uso de los filtros IIR (respuesta al impulso infinito). De acuerdo con esta solución, estas dos cantidades se obtendrán con las siguientes fórmulas:

$$\text{Compresor}(t, t_0) = (1 - \alpha) \cdot \text{Compresor}(t - Dt, t_0) + \alpha \cdot C(t) \quad (\text{Ecuación 6})$$

$$\text{Regulador}(t, t_0) = (1 - \beta) \cdot \text{Regulador}(t - Dt, t_0) + \beta \cdot D(t) \quad (\text{Ecuación 7})$$

C(t) y D(t) representan el estado del compresor y del regulador en el instante t. D = 0 significa el regulador cerrado, D=1 significa el regulador abierto. C=0 significa el compresor "desconectado", C=1 significa el compresor "conectado". Es importante remarcar que el caso específico utilizado para describir la invención toma en consideración un compresor CONECTADO/DESCONECTADO y un regulador CONECTADO/DESCONECTADO. Por supuesto, los conceptos y las soluciones técnicas de acuerdo con la invención pueden ampliarse al caso de los accionadores "continuos" sin limitaciones. Los parámetros α y β (dentro del rango de 0-1) determinan la "velocidad" de los filtros para poder alcanzar el valor promedio. Cuanto más cerca de 1 sea el valor, más rápido será el filtro, y esto está bien, pero hace que el filtro sea más sensible a las perturbaciones (apertura de la puerta, introducciones de alimentos,

ES 2 319 312 T3

descongelación, etc.). Además de ello, el valor de estos parámetros deberá ser lo suficientemente pequeño para poder filtrar los efectos del ciclado de los accionadores configurados por el control de la temperatura.

Como un ejemplo se puede considerar que la función f es lineal. En este caso se tendrá:

$$OT(t) = a \cdot \text{Compresor}(t, t_0) + b \cdot \text{Regulador}(t, t_0) + c \quad (\text{Ecuación 8})$$

En la fase de diseño, el valor de a , b , c puede obtenerse a través de un conjunto bien definido de pruebas experimentales en el aparato de refrigeración específico. Dichas pruebas tienen que ejecutarse mediante la medición de las magnitudes $OT(t)$, $\text{Compresor}(t, t_0)$ y $\text{Regulador}(t, t_0)$ en las condiciones de trabajo más significativas, considerando distintas temperaturas externas, distintas cantidades de carga dentro del frigorífico y distintas posiciones de la carga. Los parámetros a , b , c pueden obtenerse a partir de los datos experimentales con las técnicas comunes de identificación, siendo por ejemplo el método de los mínimos cuadrados el adecuado para este propósito.

La estimación de la temperatura de los alimentos puede obtenerse a partir de la temperatura OT de desplazamiento, de acuerdo con la Ecuación 5. La mayoría de las veces la medida de la temperatura MT medida tiene que ser pre-filtrada con un filtro pasabajos a utilizar para este propósito. Esto tiene que realizarse porque en general la temperatura MT medida es una medida de la temperatura del aire cercana al sensor S . Esto hace que la dinámica de MT sea “rápida” a tener en cuenta tal como en la Ecuación 5. Por esta razón, puede utilizarse un filtro LPF pasabajos antes de añadir la temperatura medida MT a la temperatura de desplazamiento en la Ecuación 5. La figura 3 resume una representación del diagrama de bloques del algoritmo descrito de estimación.

Tal como se ha mencionado en el comienzo de la descripción, la estimación de OT puede utilizarse principalmente con dos propósitos:

1. Proporcionar un control de temperatura más preciso de los alimentos.
2. Proporcionar un mensaje de la alarma de sobretemperatura más fiable.

La figura 4 muestra un diagrama de bloques en donde, de acuerdo con la presente invención, la estimación de la temperatura de los alimentos se utiliza para proporcionar un control preciso de la temperatura de los alimentos en el compartimento del frigorífico. Puede observarse la forma en que el control de la temperatura del frigorífico es suministrado por la temperatura FT estimada de los alimentos, y no directamente por la temperatura medida MT . Las ventajas de esta solución son evidentes, por ejemplo, en presencia de cambios de la temperatura externa. Esto se muestra en la figura 5 que informa de los resultados de las pruebas del prototipo considerado controlado de acuerdo con el diagrama de bloques de la figura 4. Gracias al uso del algoritmo de la invención, el promedio de la temperatura de los alimentos no cambia con la variación de la temperatura externa. Por el contrario, la temperatura MT medida cambia su valor promedio con la temperatura externa. Este aspecto se hace más claro al observar la figura 7, en donde se configuran las mismas condiciones de trabajo sin utilizar el bloque del estimador de los alimentos (diagrama de la figura 6). Tal como se ha hecho tradicionalmente, la temperatura medida está “bien controlada” en todas las condiciones (su valor promedio es constante), pero la temperatura de los alimentos se desplaza con los cambios de la temperatura externa (puede apreciarse como en el caso considerado, un incremento de la temperatura externa proporciona una disminución de la temperatura promedio de los alimentos, siendo constante la temperatura de la sonda. Este comportamiento es específico del ejemplo considerado. En general, un incremento de la temperatura externa podría proporcionar un incremento o una reducción de la temperatura promedio de los alimentos, dependiendo principalmente de la posición de la temperatura de la sonda).

Un segundo propósito de la presente invención es la generación de alarmas o avisos de sobretemperatura coherentes. La figura 8 muestra un diagrama de bloques que describe una implementación posible de esta realización adicional. La temperatura estimada de los alimentos se compara con un conjunto de umbrales predeterminados (por ejemplo de acuerdo con un método de histéresis), y basándose en la comparación, se envía una señal de aviso al cliente. Un ejemplo de aplicación de este concepto es el mostrado en la figura 9. En este caso, se genera una señal de aviso en cada instante en que la temperatura estimada de los alimentos es mayor de 4°C (porque en esta condición no se garantiza la no proliferación de algunas bacterias, por ejemplo las bacterias de “Listeria”). Se puede observar la coherencia de la señal de alarma con la temperatura en curso de los alimentos. Para hacer resaltar el efecto del bloque de estimación de la temperatura de los alimentos en la generación del mensaje de aviso, se ha utilizado el esquema de control de la figura 8. La temperatura medida MT se mantiene constante en su valor promedio con respecto a los cambios de la temperatura externa (por el algoritmo de control), pero cambia el mensaje de aviso, de acuerdo con la temperatura en curso de los alimentos. Una realización adicional de la presente invención reside en el uso del estimador de la temperatura de los alimentos, para proporcionar una temperatura de realimentación más precisa (de acuerdo con la figura 4), y para generar una alarma de sobretemperatura coherente (tal como se indica en la figura 8). Esta clase de solución se describe en la figura 10. Los ejemplos considerados en la presente descripción se han seleccionado como un medio para exponer la presente solución, y no tienen que ser confundidos con el cuerpo del concepto de la invención global de un método para estimar y controlar la temperatura promedio de los alimentos en una cavidad del frigorífico (o congelador). De acuerdo con este concepto, esto se realiza por la correlación de la medida de un sensor de temperatura dentro de dicha cavidad con las tendencias de los accionadores. El estimador considerado (Ecuaciones 5, 6, 7, 8 y figura 3) representan un posible método para implementar este concepto. Para este propósito es importante

ES 2 319 312 T3

remarcar que pueden utilizarse unas técnicas de estimación bien conocidas y clásicas para soportar la implementación del concepto. Se menciona por ejemplo el uso del filtro Kalman, y técnicas de cálculo mediante software, tales como los algoritmos de lógica difusa neuronal.

5 A la vista de la anterior descripción, está claro que la presente invención proporciona un control de la temperatura mas preciso de los alimentos, y un mensaje de aviso de sobretemperatura más fiable. Esto se realiza mediante la conversión de la temperatura sin procesar que procede del sensor de temperatura en la cavidad del frigorífico o congelador, en una estimación de la temperatura promedio de los alimentos almacenados en dicha cavidad. Una de las ventajas principales en la utilización de esta solución técnica procede del hecho de que no precisa el uso de sensores
10 de temperatura en particular. La conversión puede realizarse mediante la utilización del sensor de temperatura que está presente tradicionalmente en la cavidad del frigorífico, y mediante la correlación de este valor medido con las tendencias de los accionadores sin la adición de sensores adicionales dedicados.

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

ES 2 319 312 T3

REIVINDICACIONES

- 5 1. Un método para controlar la temperatura dentro de una cavidad de un aparato de refrigeración de alimentos, provisto con un sensor de temperatura (S) dentro de la mencionada cavidad, para ajustar la capacidad de enfriamiento de aparato, **caracterizado** porque la temperatura de los alimentos (FT) se estima sobre la base del valor del mencionado sensor de temperatura (S) y sobre una función predeterminada del estado de los mencionados medios de los accionadores.
- 10 2. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado** porque los medios de los accionadores del aparato de enfriamiento se seleccionan en el grupo que comprende un compresor, regulador, ventilador o una combinación de los mismos.
- 15 3. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado** porque la temperatura de los alimentos (FT) se estima con el fin de mantenerla constante, a pesar de las variaciones de las condiciones externas, tal como la temperatura externa (S).
- 20 4. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado** porque la temperatura de los alimentos (FT) se estima con el fin de proporcionar una alarma fiable o una “señal de sobretemperatura”, cuando su valor está por encima de un valor fijado predeterminado.
- 25 5. Un método de acuerdo con la reivindicación 3 y 4, **caracterizado** porque la temperatura de los alimentos (FT) se estima mediante la conversión de la temperatura que procede del sensor (S) de temperatura de la cavidad, a través del uso de técnicas avanzadas de cálculo por software, tales como el filtraje Kalman o los algoritmos de lógica difusa neuronal.
- 30 6. Un método de acuerdo con la reivindicación 3, **caracterizado** porque se ajusta automáticamente una temperatura fijada del frigorífico de acuerdo con una temperatura de desplazamiento estimada (OT), con el fin de garantizar una temperatura constante de los alimentos, a pesar de los cambios de la temperatura externa.
- 35 7. Un método de acuerdo con la reivindicación 6, **caracterizado** porque la temperatura externa puede medirse mediante un sensor dedicado.
- 40 8. Un método de acuerdo con la reivindicación 6, **caracterizado** porque la temperatura externa es estimada con el uso de técnicas de estimación, en donde la temperatura de los alimentos tiene por base el valor del mencionado sensor (S) de la temperatura, y sobre una función predeterminada del estado de los mencionados medios de los accionadores.
- 45 9. Un aparato de enfriamiento de los alimentos que comprende una cavidad, un sensor de temperatura (S) dentro de dicha cavidad y medios de accionadores para ajustar la capacidad de enfriamiento del aparato, **caracterizado** porque comprende un controlador electrónico adaptado para la estimación.
- 50 10. Un aparato de enfriamiento de los alimentos, de acuerdo con la reivindicación 8, **caracterizado** porque los medios de los accionadores se seleccionan en el grupo que comprende un compresor, un regulador, un ventilador o una combinación de los mismos.

45

50

55

60

65

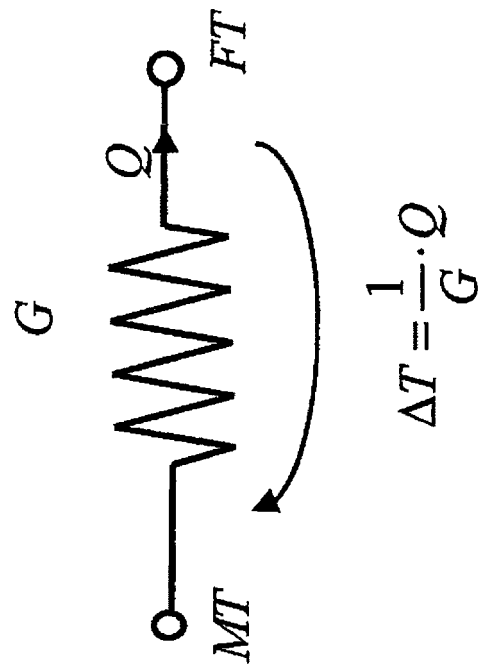


Fig. 1

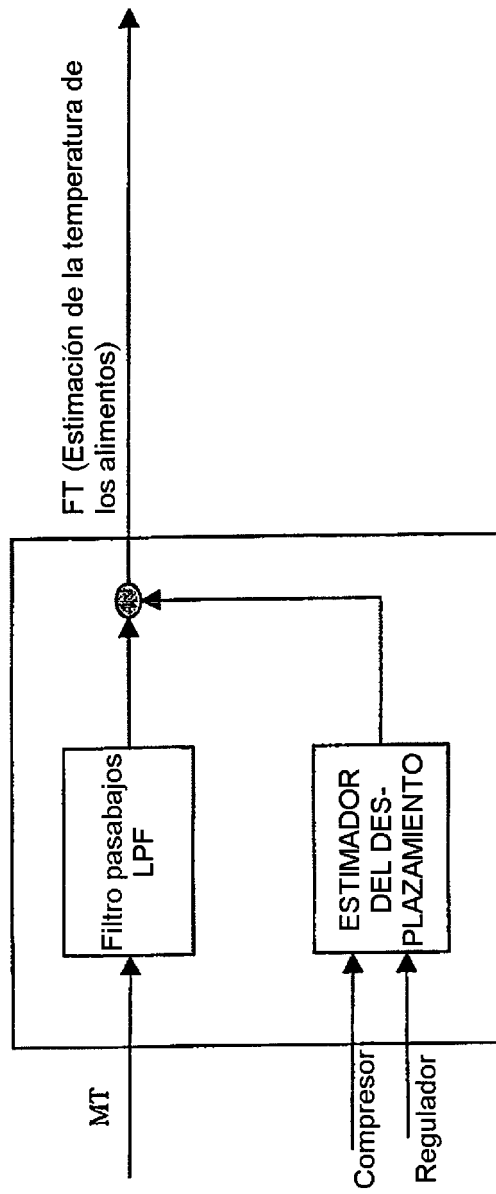


Fig. 3

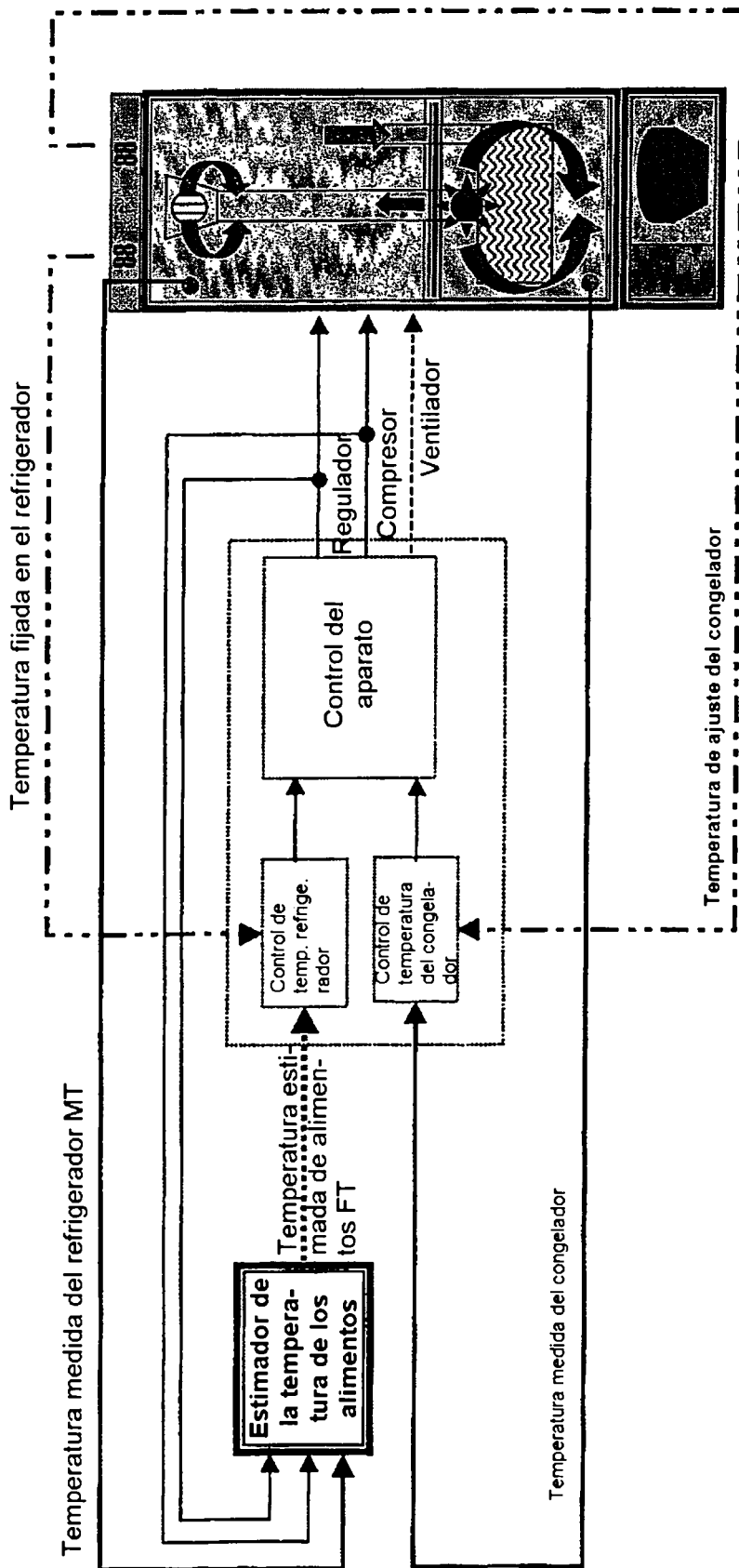


Fig. 4

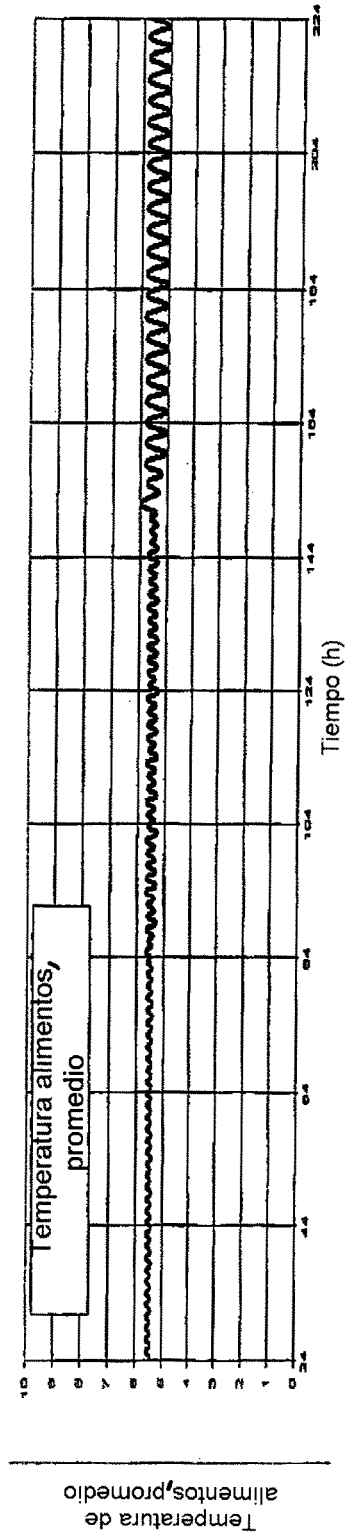
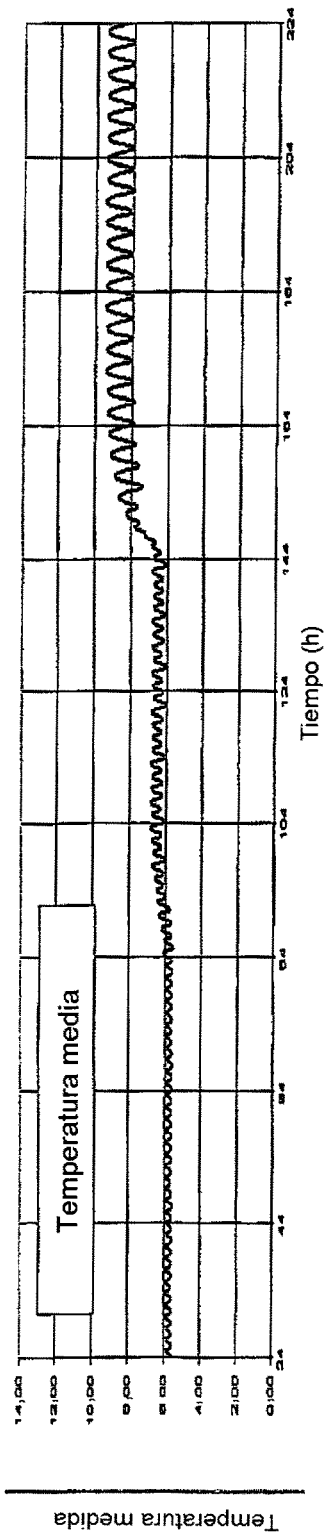
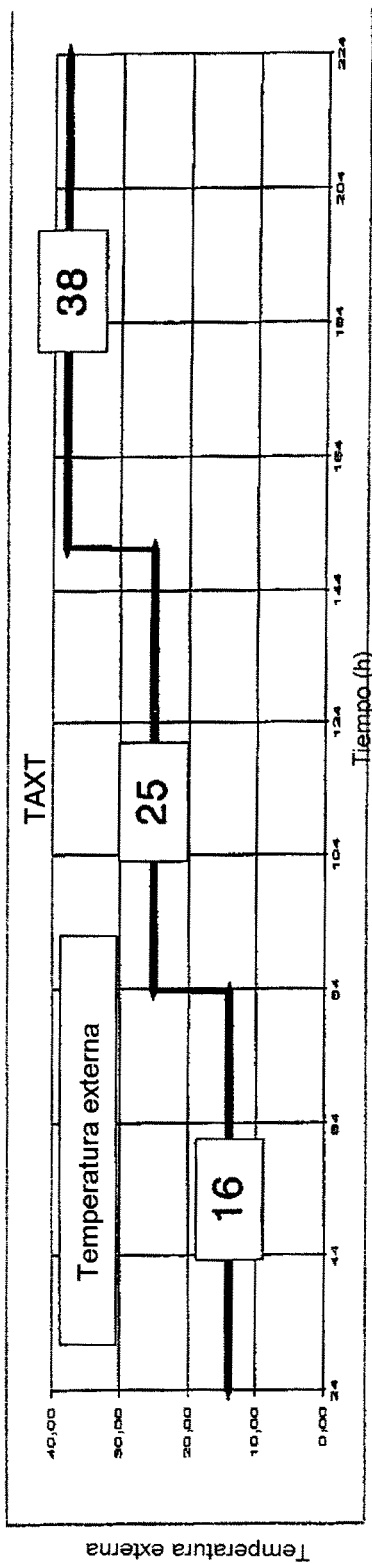


Fig. 5

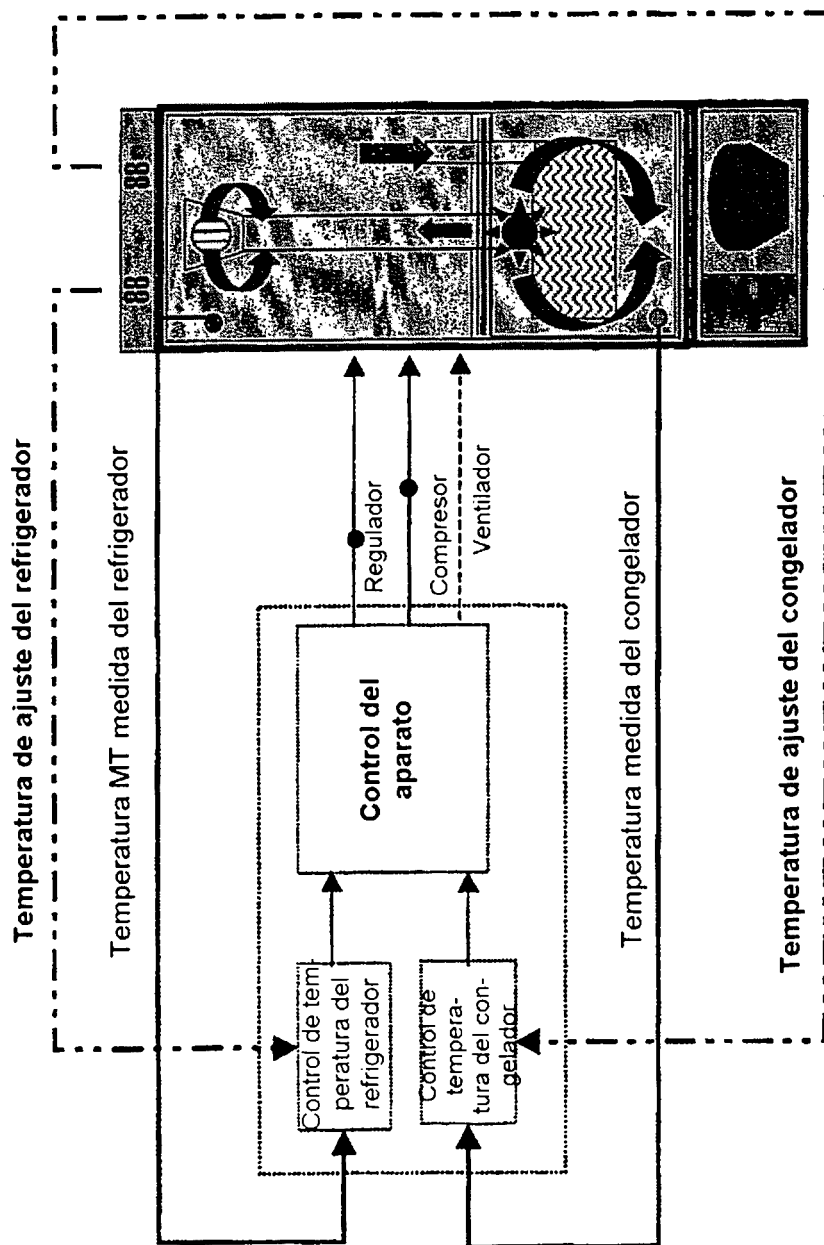


Fig. 6

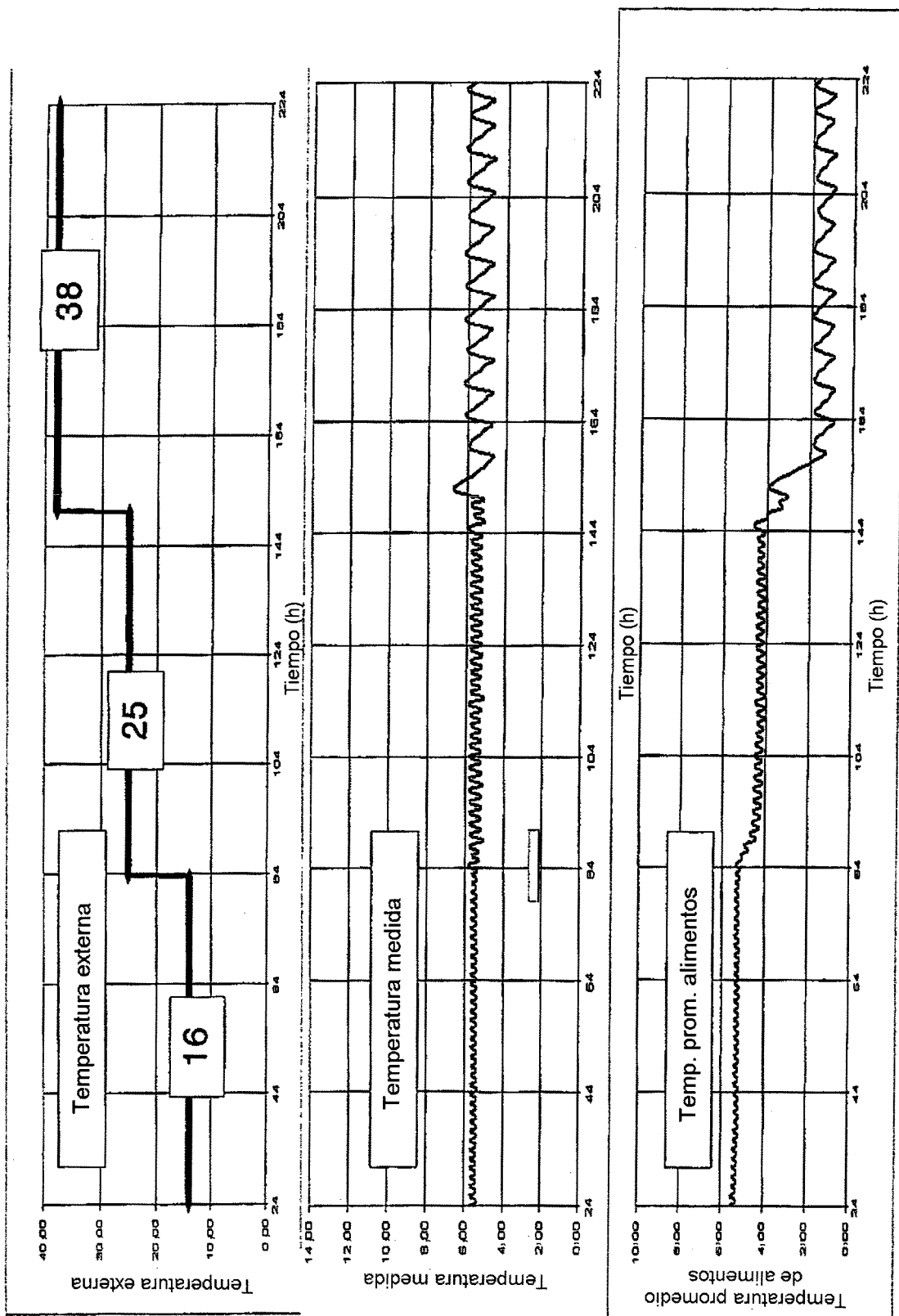


Fig. 7

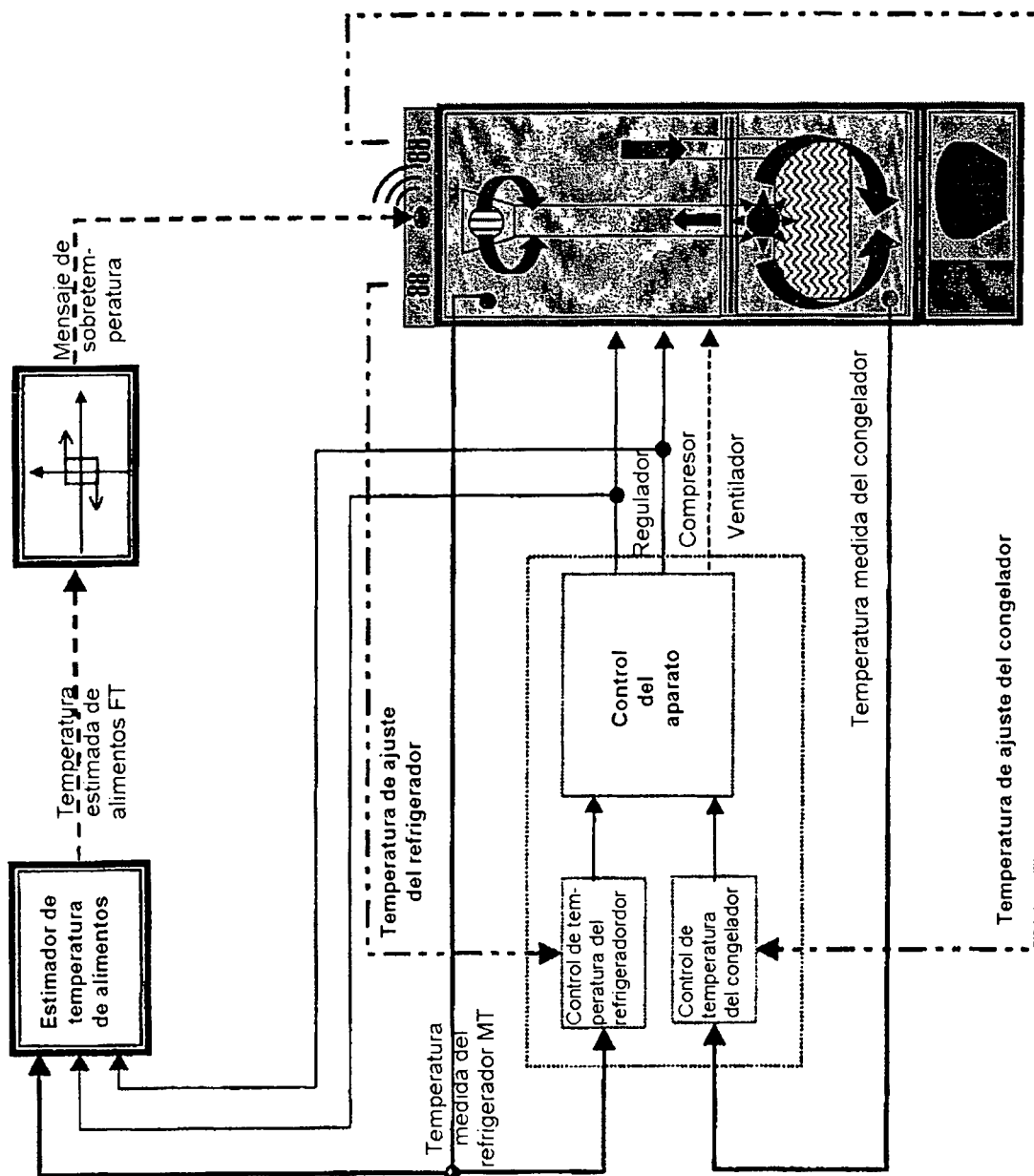


Fig. 8

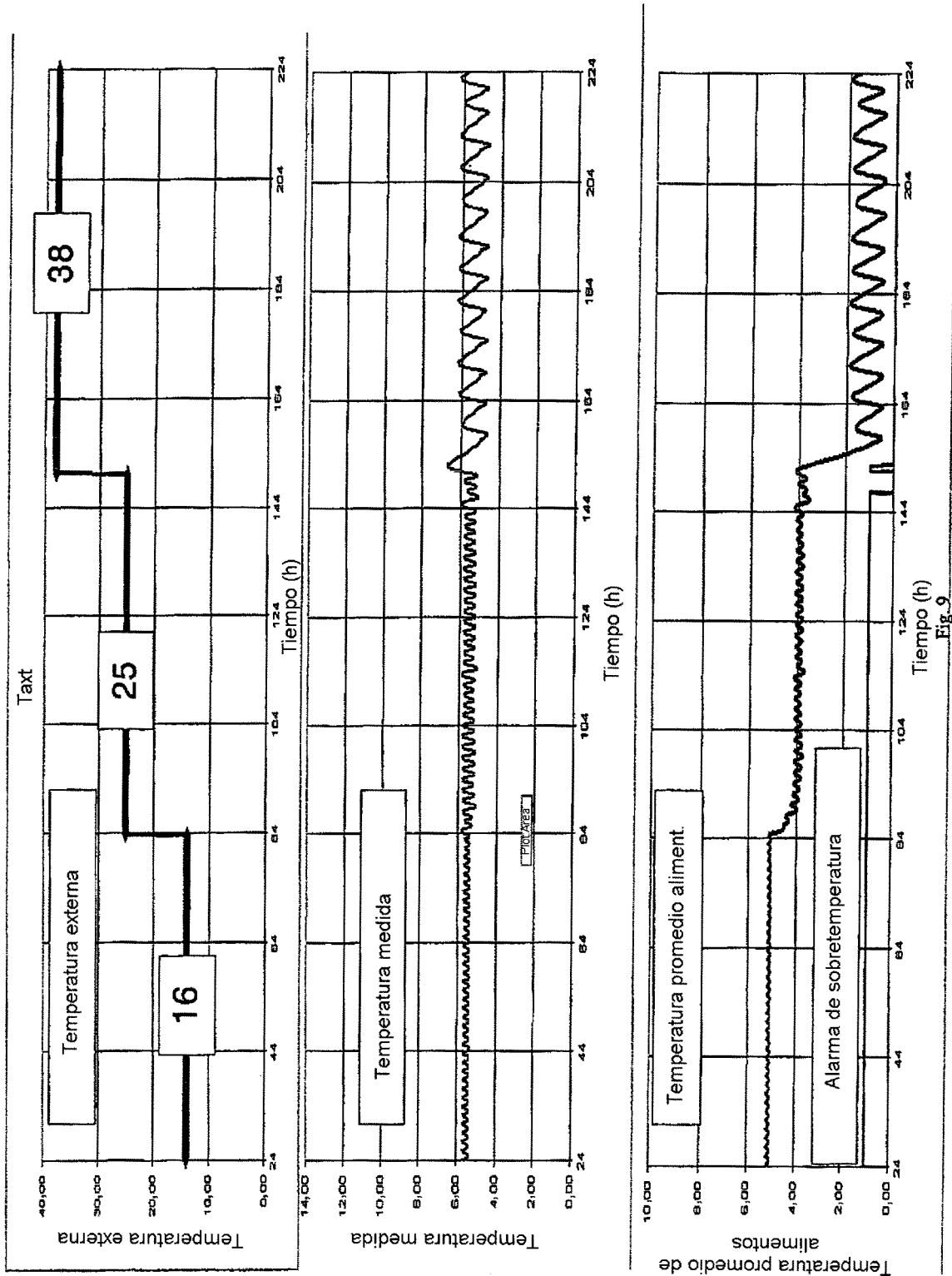


Fig.9

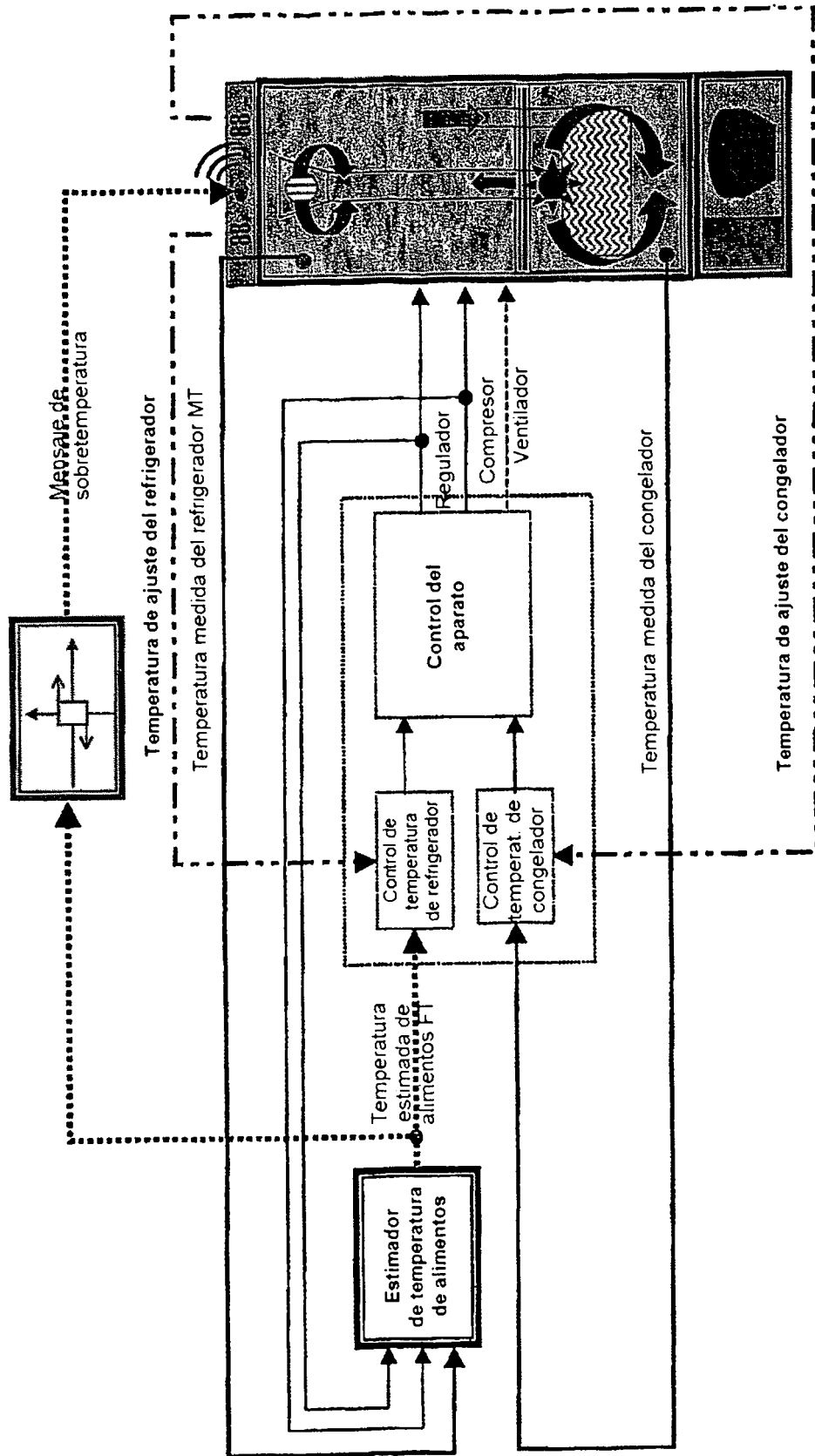


Fig. 10

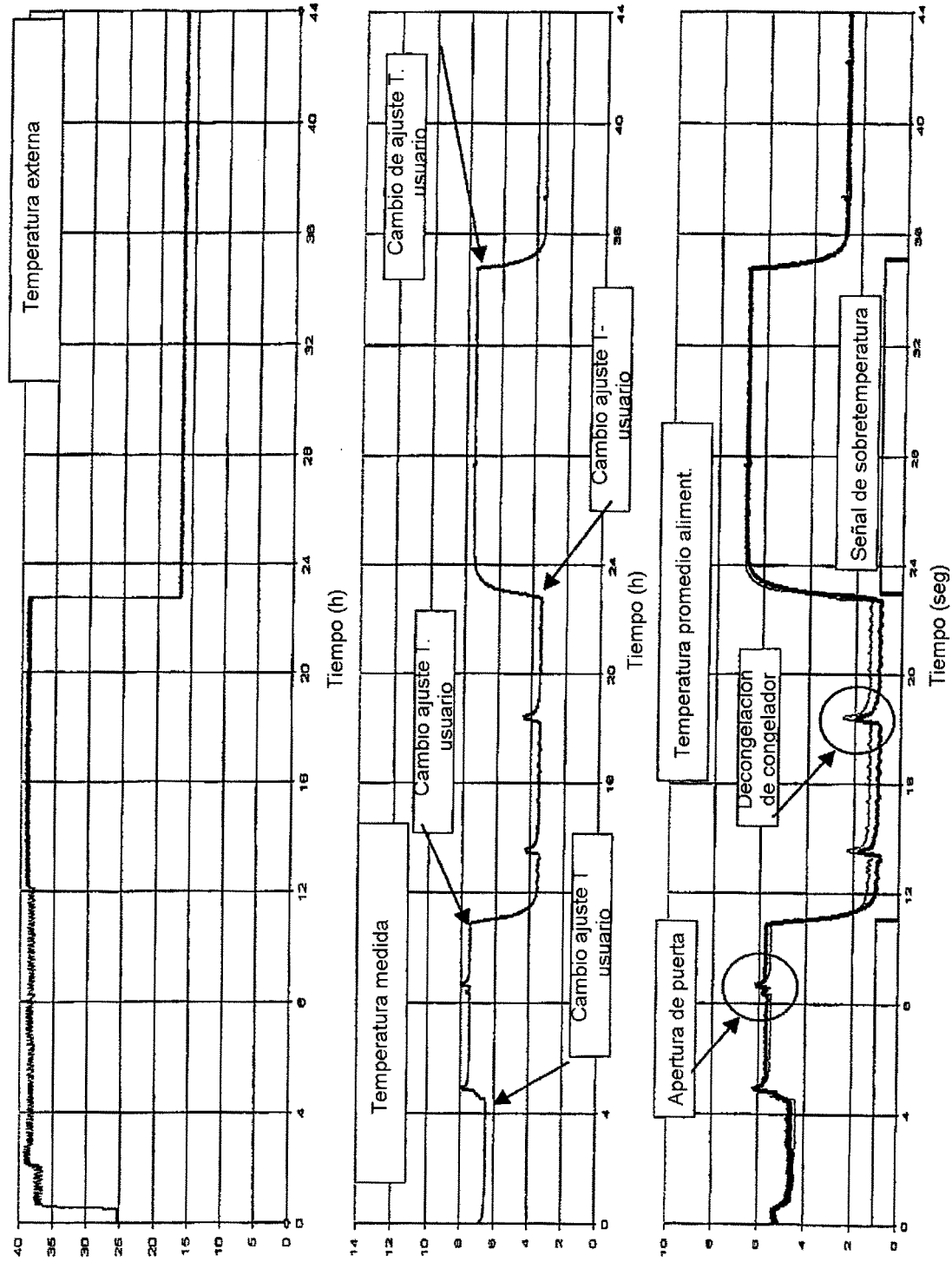


Fig. 11