



19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 273 516**

51 Int. Cl.:  
**A23L 3/00** (2006.01)  
**A23L 3/10** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Número de solicitud europea: **99960219 .6**  
86 Fecha de presentación : **04.11.1999**  
87 Número de publicación de la solicitud: **1124447**  
87 Fecha de publicación de la solicitud: **22.08.2001**

54 Título: **Controlador y procedimiento para administrar y proporcionar una corrección en línea de un proceso de esterilización por lotes.**

30 Prioridad: **06.11.1998 US 187333**

73 Titular/es: **FMC Technologies, Inc.**  
**200 East Randolph Drive**  
**Chicago, Illinois 60601, US**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**01.05.2007**

72 Inventor/es: **Weng, Zhijun**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**01.05.2007**

74 Agente: **Curell Suñol, Marcelino**

**ES 2 273 516 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

Controlador y procedimiento para administrar y proporcionar una corrección en línea de un proceso de esterilización por lotes.

5 **Campo de la invención**

La presente invención se refiere de manera general a un sistema, a un procedimiento y a un controlador para administrar unos procesos de esterilización por lotes. En particular, pertenece a un sistema, un procedimiento y un controlador del tipo que proporciona corrección en línea de un proceso de esterilización por lotes cuando se produce una desviación de la temperatura durante el proceso.

10 **Antecedentes de la invención**

Los sistemas de esterilización por lotes son ampliamente utilizados para esterilizar productos alimenticios no perecederos envasados en recipientes. En un sistema de esterilización por lotes típico, se dispone un lote de estos recipientes dentro del esterilizador por lotes del sistema. A continuación, el controlador del sistema administra el proceso de esterilización por lotes realizado por el esterilizador por lotes sobre el lote de recipientes.

El proceso de esterilización por lotes presenta unas fases de puesta en marcha, de tratamiento y de enfriamiento. Estas fases suministran una letalidad total  $F$  al lote de recipientes durante un intervalo total de tiempo  $[t_0, t_c]$  que cubre estas fases, en el que  $t_0$  es el instante inicial de la fase de puesta en marcha y  $t_c$  es el instante final de la fase de enfriamiento. En este documento, un corchete  $[\delta]$  indica que el instante correspondiente está incluido en el intervalo de tiempo, mientras que un paréntesis  $(\delta)$  indica que el instante correspondiente no está incluido en el intervalo de tiempo. Con el fin de que el producto alimenticio del lote quede comercialmente esterilizado, la letalidad total suministrada realmente debe cumplir una letalidad total objetivo  $F_{\text{targetot}}$  predefinida para el producto alimenticio. La letalidad total objetivo puede ser establecida por el USDA (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos), la FDA (Administración de Alimentación y Farmacología), y/o una autoridad de tratamiento alimentario adecuada. Adicionalmente, algunos sistemas de esterilización por lotes incluyen además el requisito opcional de que las fases de puesta en marcha y de tratamiento deben suministrar una letalidad por calentamiento  $F$  al lote durante un intervalo de tiempo de calentamiento  $[t_0, t_p]$  que cumpla con una letalidad por calentamiento objetivo predefinida  $F_{\text{targh}}$  para el producto alimenticio, en el que  $t_p$  es el instante final de la fase de tratamiento. En tal caso, el operario establece la letalidad por calentamiento objetivo según un criterio propio para cada proceso de esterilización por lotes.

Tal como es bien conocido, la letalidad  $F$  suministrada al lote durante un intervalo de tiempo particular  $[t_m, t_k]$  viene dada mediante la ecuación de letalidad:

$$40 \quad F_0 = \int_{t_m}^{t_k} 10^{(T_{CS}(t) - T_{REF})/z} dt$$

en la que  $t_m$  y  $t_k$  son respectivamente los instantes iniciales y finales del intervalo de tiempo  $[t_m, t_k]$ ,  $T_{CS}(t)$  es el perfil de tiempo-temperatura del punto frío del producto de un recipiente en el lote,  $z$  es la característica térmica de un microorganismo particular que se debe eliminar en el proceso de esterilización, y  $T_{REF}$  es una temperatura de referencia para eliminar el organismo. De esta manera, la letalidad por calentamiento  $F$  suministrada durante el intervalo de tiempo de calentamiento  $[t_0, t_p]$  viene dada mediante esta ecuación de letalidad, en la que  $t_m = t_0$  y  $t_k = t_p$ . De manera similar, la letalidad total  $F$  suministrada en el punto frío del producto durante el intervalo de tiempo total  $[t_0, t_c]$  también viene dada mediante la ecuación de letalidad pero en la que  $t_k = t_c$ .

Los intervalos de tiempo  $[t_0, t_p]$  y  $[t_0, t_c]$  y el perfil de tiempo-temperatura del punto frío del producto  $T_{CS}(t)$  deben ser tales que las letalidades objetivo  $F_{\text{targh}}$  y  $F_{\text{targetot}}$  son alcanzadas por las letalidades de calentamiento y total  $F$  durante  $[t_0, t_p]$  y  $F$  durante  $[t_0, t_c]$ . Con el fin de asegurar que esto se produce, se han desarrollado diferentes modelos matemáticos de simulación para simular el perfil de tiempo-temperatura del punto frío del producto  $T_{CS}(t)$  durante las fases de puesta en marcha, de tratamiento y de enfriamiento.

Estos modelos comprenden aquellos descritos en "Sterilization in Food Technology; Theory, Practice and Calculations", de Ball, C.O. y Olson, F.C.W., McGraw-Hill Book Company, Inc., 1957; en "Experimental Formulas for Accurate Estimation of Transient Temperature of Food and Their Application to thermal Process Evaluation", de Hayakawa, K., *Food Technology*, volumen 24, número 12, páginas 89 a 99, 1970; en "Thermobacteriology in Food Processing", Academic Press, New York, 1965; en "Innovative Heat Transfer Models: From Research Lab to On-Line Implementation", de Teixeira, A.A., en *Food Processing Automation II*, ASAE, páginas 177 a 184, 1992; en "Predicting Internal Temperatures of Canned Foods During Thermal Processing Using a Linear Recursive Model", de Lanoiselle, J.L., Candau, Y., y Debray E., *J. Food Sci.*, volumen 60, número 4, 1995; en "Computer Optimization of Nutrient Retention in Thermal Processing of Conduction Heated Foods", de Teixeira, A.A., Dixon, J.R., Zahradnik, J.W., y Zinsmeister, G.E., *Food Technology*, 23:137-142, 1969; en "Estimating Food Temperatures During Various Processing or Handling Treatments", de Kan-Ichi Hayakawa, *J. Of Food Science*, 36:378-385, 1971; en "Evaluation of Lethality and Nutrient Retentions of Conduction-Heating Foods in Rectangular Containers", de Manson, J.E., Zahradnik, J.W., y Stumbo, C.R., *Food Technology*, 24(11):109-113, 1970; en "New Semi-empirical Approach to Handle

## ES 2 273 516 T3

Time-Variable Boundary Conditions During Sterilization of Non-Conductive Heating Foods”, de Noronha, J., Hendrickx, M., Van Loeg, A., y Tobback, P., J. *Food Eng.* 24:249-268, 1995; y en el modelo NumeriCAL desarrollado por el Dr. John Manson de CALWEST Technologies, cuya licencia fue otorgada a FMC Corporation, y utilizado en el controlador LOG-TEC de FMC Corporation. Se han desarrollado varios enfoques para utilizar estos modelos para

5 alcanzar las letalidades  $F_{\text{targh}}$  y  $F_{\text{targtot}}$ .

En relación a la figura 1, un enfoque convencional es utilizar un modelo de simulación de este tipo únicamente para una definición fuera de línea (es decir, antes de administrar el proceso de esterilización por lotes) de un perfil total de tiempo-temperatura planificado  $T_{\text{sRT}}(t)^0$  para el proceso de esterilización por lotes. En este enfoque, el controlador del sistema de esterilización por lotes utiliza el modelo de simulación para simular un perfil planificado de tiempo-temperatura del punto frío del producto  $T_{\text{CS}}(t)^0$  previsto para tener lugar durante las fases de puesta en marcha, de tratamiento y de enfriamiento. Esta simulación se basa en un gradiente de tiempo-temperatura de la puesta en marcha predefinido  $T_{\text{uRT}}(t)$ , una temperatura de retorta de tratamiento planificada  $T_{\text{pRT}}^0$ , y un gradiente de tiempo-temperatura de enfriamiento predefinido  $T_{\text{cRT}}(t)$ . Los gradientes  $T_{\text{uRT}}(t)$  y  $T_{\text{cRT}}(t)$  se basan en exámenes de distribución de temperatura de calentamiento y enfriamiento realizados en el esterilizador por lotes y pueden comprender segmentos definidos mediante puntos finales de temperatura y de duraciones de tiempo.

A continuación, se utiliza la ecuación de letalidad descrita anteriormente, en la que  $t_m = t_0$  y  $t_k = t_p^0$ ,  $F = F^0$ , y  $T_{\text{CS}}(t) = T_{\text{CS}}(t)^0$ , para calcular una letalidad por calentamiento  $F^0$  prevista para su suministro durante un intervalo de tiempo de calentamiento planificado  $[t_0, t_p^0]$  y que se basa en el perfil planificado de tiempo-temperatura del punto frío del producto  $T_{\text{CS}}(t)^0$ . De manera similar, se calcula una letalidad total  $F^0$  que está prevista para su suministro durante un intervalo de tiempo total planificado  $[t_0, t_c^0]$  en base al perfil  $T_{\text{CS}}(t)^0$  que utiliza la ecuación de letalidad, excepto para  $t_k = t_c^0$ . Tal como se ha citado anteriormente, esto se lleva a cabo de manera que las letalidades de calentamiento y total alcanzarán las letalidades objetivo  $F_{\text{targh}}$  y  $F_{\text{targtot}}$ .

Mediante la simulación del perfil planificado de tiempo-temperatura del punto frío del producto  $T_{\text{CS}}(t)^0$  y calculando las letalidades planificadas de calentamiento y total  $F^0$  durante  $[t_0, t_p^0]$  y  $F^0$  durante  $[t_0, t_c^0]$  de esta manera, el controlador define el perfil total de tiempo-temperatura planificado  $T_{\text{sRT}}(t)^0$  para el cual se cumplen las letalidades objetivo  $F_{\text{targh}}$  y  $F_{\text{targtot}}$ . Este perfil  $T_{\text{sRT}}(t)^0$  comprende unas partes de puesta en marcha, tratamiento y enfriamiento durante los intervalos de tiempo planificados de puesta en marcha, tratamiento y enfriamiento  $[t_0, t_u^0]$ ,  $(t_p^0, t_c^0]$ ,  $(t_p^0, t_c^0]$ , respectivamente. Las partes de puesta en marcha y de enfriamiento comprenden las partes de los gradientes  $T_{\text{uRT}}(t)$  y  $T_{\text{cRT}}(t)$  durante los correspondientes intervalos de tiempo planificados de puesta en marcha y enfriamiento  $[t_0, t_u^0]$  y  $(t_p^0, t_c^0]$ , respectivamente. De manera similar, la parte de tratamiento comprende la temperatura de retorta de tratamiento planificada  $T_{\text{pRT}}^0$  constante durante el intervalo de tiempo planificado de tratamiento  $(t_u^0, t_p^0]$ .

Además, algunos de los modelos de simulación, tales como el modelo mencionado anteriormente NumeriCAL y los modelos descritos en las referencias de Teixeira *et al.* de 1969 y Manson *et al.* de 1970, utilizan diferencias finitas. En tal caso, el perfil planificado de tiempo-temperatura del punto frío del producto  $T_{\text{CS}}(t)^0$  y las letalidades previstas de calentamiento y total  $F^0$  durante  $[t_0, t_p^0]$  y  $F^0$  durante  $[t_0, t_c^0]$  son simuladas y calculadas de manera incremental e iterativa.

El controlador administra a continuación el proceso de esterilización por lotes para que sea realizado por parte del esterilizador por lotes según el perfil total de tiempo-temperatura planificado  $T_{\text{sRT}}(t)^0$ . Sin embargo, se puede producir una desviación de la temperatura durante la fase de tratamiento. Esto se produce cuando la temperatura de retorta real  $T_{\text{aRT}}(t_r)$  en cada instante de muestreo real  $t_r$  durante un intervalo de tiempo de desviación  $[t_d, t_c]$  está por debajo de la temperatura de tratamiento planificada  $T_{\text{pRT}}^0$ . En tal caso, las letalidades de calentamiento y total  $F^0$  durante  $[t_0, t_p^0]$  y  $F^0$  durante  $[t_0, t_c^0]$  serán, de hecho, inferiores a las letalidades objetivo  $F_{\text{targh}}$  y  $F_{\text{targtot}}$ .

Según un enfoque de planificación fuera de línea convencional, el controlador no presenta medios para la corrección en línea de la planificación si se produce una desviación de la temperatura. De esta manera, cuando se produce una desviación de este tipo, se le plantean al operario varias opciones indeseables. La primera opción es descartar el lote en su totalidad. Sin embargo, esta opción es un desperdicio y no es necesaria. La segunda opción es tratar de nuevo el lote. Sin embargo, esta opción resultará en un tratamiento excesivo del producto alimenticio. Y, la tercera opción es tratar posteriormente el perfil de tiempo-temperatura de retorta real registrado  $T_{\text{aRT}}(t)$  para determinar si las letalidades objetivo  $F_{\text{targh}}$  y  $F_{\text{targtot}}$  han sido cumplidas. Si no han sido cumplidas, entonces el lote será descartado o vuelto a tratar. Si han sido cumplidas, entonces el lote puede quedar disponible para su distribución. Sin embargo, esto requiere mucho tiempo y, al igual que en las otras opciones, es un desperdicio y perjudicial para el producto alimenticio.

En otro enfoque, el controlador del sistema de esterilización por lotes está dotado de medios para la corrección en línea de la planificación prudente. Un ejemplo de un enfoque de este tipo se encuentra en el controlador LOG-TEC de FMC Corporation, que utiliza el modelo NumeriCAL mencionado anteriormente. En relación a la figura 2, este controlador calcula un perfil total de tiempo-temperatura planificado  $T_{\text{sRT}}(t)^0$  fuera de línea, utilizando el modelo de la manera que se acaba de describir. Y, mientras permanece fuera de línea, el controlador utiliza además el modelo para generar una tabla de corrección de los perfiles de tiempo-temperatura restantes replanificados  $T_{\text{sRT}}(t)^1$ ,  $T_{\text{sRT}}(t)^2$ , etcétera. Esta tabla se utiliza a continuación para una corrección en línea del perfil total de tiempo-temperatura planificado  $T_{\text{sRT}}(t)^0$  en el caso de que se produzca una desviación de la temperatura durante la fase de tratamiento.

## ES 2 273 516 T3

Al generar la tabla de corrección, el controlador escoge una temperatura de retorta de tratamiento replanificada  $T_{pRT}^1$  que está por debajo de la temperatura de retorta de tratamiento planificada  $T_{pRT}^0$ . El controlador define a continuación un perfil de tiempo-temperatura restante replanificado  $T_{sRT}(t)^1$  durante un intervalo de tiempo restante replanificado  $[t_u^1, t_c^1]$ . El intervalo de tiempo restante replanificado comprende unos intervalos de tiempo de calentamiento y de enfriamiento replanificados  $[t_0, t_p^1]$  y  $[t_0, t_c^1]$ . Esto se lleva a cabo de una forma similar a la que se acaba de describir. De esta manera, se simula un perfil de tiempo-temperatura del punto frío del producto  $T_{CS}(t)^1$  que se basa en la temperatura de retorta de tratamiento replanificada  $T_{pRT}^1$ . A partir de este perfil de tiempo-temperatura del punto frío del producto, se calculan unas letalidades de calentamiento y enfriamiento  $F^1$  durante  $[t_0, t_p^1]$  y  $F^1$  durante  $[t_0, t_c^1]$  que cumplen las letalidades objetivo totales  $F_{larch}$  y  $F_{larchtot}$  y que están previstas para su suministro durante los intervalos de tiempo de calentamiento y de enfriamiento replanificados. A continuación, se repite este proceso en su totalidad para otra temperatura de retorta de tratamiento replanificada  $T_{pRT}^2$ , etcétera, para completar la tabla de corrección.

A continuación, si se produce una desviación de la temperatura durante la fase de tratamiento, el controlador registra la temperatura de retorta real mínima  $T_{aRT}(t_{min})$  para un instante de muestreo particular  $t_{min}$  durante el intervalo de tiempo de desviación  $[t_d, t_c]$ . A continuación, el controlador determina la temperatura de retorta de tratamiento replanificada  $T_{pRT}^1$  más próxima en la tabla de corrección que sea igual a o que esté justo por debajo de la temperatura de retorta  $T_{aRT}(t_{min})$ . El resto de la fase de tratamiento se administra según el perfil de tiempo-temperatura restante replanificado  $T_{sRT}(t)^1$  durante el intervalo de tiempo restante replanificado  $[t_u^1, t_c^1]$ .

Sin embargo, este enfoque todavía puede hacer que el producto alimenticio sea tratado en exceso, debido al uso de la temperatura de retorta real mínima  $T_{aRT}(t_{min})$  durante la desviación de la temperatura para simular el perfil de tiempo-temperatura del punto frío del producto  $T_{CS}(t)^1$ . Esta simulación es demasiado prudente en cuanto no considera el hecho de que el perfil de tiempo-temperatura de retorta real  $T_{aRT}(t)$  era antes la temperatura de retorta de tratamiento planificada  $T_{pRT}$  durante el intervalo de tiempo  $[t_0, t_d)$  antes de que se produzca la desviación de la temperatura. Es decir, la parte de este perfil de tiempo-temperatura del punto frío del producto durante este intervalo de tiempo es demasiado prudente.

Esto significa que, en el cálculo de las letalidades de calentamiento y total  $F^1$  durante  $[t_0, t_p^1]$  y  $F^1$  a lo largo de  $[t_0, t_c^1]$ , no se le da credibilidad total a la letalidad  $F$  que se suministra realmente en el punto frío del producto del lote durante el intervalo de tiempo  $[t_0, t_d)$  antes de la desviación de la temperatura. Como resultado, los intervalos de tiempo de calentamiento y total replanificados  $[t_0, t_p^1]$  y  $[t_0, t_c^1]$  son demasiado prudentes debido a que se basan en el perfil demasiado prudente de tiempo-temperatura del punto frío del producto  $T_{CS}(t)^1$ . El producto alimenticio en el lote será por lo tanto tratado en exceso debido a que las letalidades de calentamiento y total suministradas realmente al lote excederán sustancialmente las letalidades objetivo  $F_{larch}$  y  $F_{larchtot}$  respectivamente.

Otra desventaja de este enfoque es que la temperatura de retorta real mínima  $T_{aRT}(t_{min})$  durante la desviación de la temperatura puede ser inferior a cualquiera de las temperaturas de retorta de tratamiento replanificadas  $T_{pRT}^1$  y  $T_{pRT}^2$ , etcétera, de la tabla de corrección. En tal caso, la corrección en línea de la planificación que se acaba de describir no estará disponible. Por tanto, al operario del sistema de esterilización por lotes se le plantearán únicamente las opciones descritas anteriormente para el enfoque de planificación fuera de línea.

A la vista de esto, se ha desarrollado recientemente un nuevo enfoque para la definición en línea de los intervalos de tiempo de calentamiento y total  $[t_0, t_p]$  y  $(t_p, t_c]$  utilizando un modelo de simulación de diferencias finitas. Este enfoque se describe en "On-Line Retort Control in Thermal Sterilization of Canned Foods", de Teixeira, A.A. y Tucker, G.S., *Food Control*, 8(3):13-20, 1997; en "Computer Control of Batch Retort Process Operations", de Simpson, R., Almonacid S., y Torres, J.A., *Food Processing Automation I*, ASAE, 1991; en "Computer Control of Batch Retort Operations with On-Line Correction of Process Deviations", de Teixeira, A.A. y Manson, J.E., *Food Technology*, páginas 85 a 90, abril 1982; y en "Computer-based Retort Control Logic for On-Line Correction of Process Deviations", de Datta, A.K., Teixeira A.A., y Manson, J.E., *J. Food Sci.*, 51(2):480-483 y 507, 1986. Este enfoque será discutido también a continuación para proporcionar una mejor comprensión de las diferencias entre este enfoque y el enfoque utilizado en la invención que se da a conocer en este caso.

En relación a la figura 3, en el enfoque de la definición en línea, el controlador hace que el proceso de esterilización por lotes comience sin definir un perfil total de tiempo-temperatura planificado  $T_{sRT}(t)^0$  o una tabla de corrección. Las fases de puesta en marcha y de tratamiento se administran según el gradiente de tiempo-temperatura de la puesta en marcha predefinido  $T_{aRT}(t)$  y la temperatura de retorta de tratamiento planificada  $T_{pRT}$ . Mientras se están administrando estas fases, el controlador simula para cada instante de muestreo real actual  $t_r$  la parte de un perfil de tiempo-temperatura del punto frío del producto  $T_{CS}(t)$  que se ha producido realmente durante el intervalo de tiempo  $[t_0, t_r]$ . Esto se lleva a cabo en base a la temperatura de retorta real  $T_{aRT}(t_r)$  medida para cada instante de muestreo real  $t_r$  de la fase de tratamiento. A partir de esta parte del perfil de tiempo-temperatura del punto frío, el controlador calcula la letalidad por calentamiento  $F$  suministrada realmente al lote durante el intervalo de tiempo  $[t_0, t_r]$ . Esto se hace en línea para cada instante de muestreo real  $t_r$  de las fases de puesta en marcha y de tratamiento, según la ecuación de letalidad descrita anteriormente, en la que  $t_m = t_0$  y  $t_k = t_r$ . A continuación, el controlador determina si esta letalidad por calentamiento cumple la letalidad por calentamiento objetivo  $F_{larch}$ . En caso negativo, a continuación se repite el proceso para el siguiente instante de muestreo real  $t_r + \Delta t_r$ , en el que  $\Delta t_r$  es un periodo de muestreo predefinido.

Si se cumple la letalidad por calentamiento objetivo  $F_{larch}$ , a continuación el controlador utiliza el modelo de simulación para simular la parte del perfil de tiempo-temperatura del punto frío del producto  $T_{CS}(t)$  que se ha previsto

## ES 2 273 516 T3

que tenga lugar durante el inicio de la fase de enfriamiento en el instante de muestreo real actual  $t_r$ . Esto se lleva a cabo mientras el controlador está todavía en línea en el instante  $t_r$ . Al hacer esto, el controlador define en primer lugar un perfil de tiempo-temperatura de enfriamiento previsto  $T_{sRT}(t)$  desplazando el gradiente de tiempo-temperatura de enfriamiento  $T_{cRT}(t)$  de manera que comience desde la temperatura de retorta real  $T_{aRT}(t_r)$  en el instante  $t_r$  y se produce durante un intervalo de tiempo de enfriamiento previsto  $[t_r, t_r+\Delta t_c]$ , en el que  $\Delta t_c$  es la duración del perfil de tiempo-temperatura de enfriamiento previsto.

Además, mientras sigue en línea en el instante de muestreo real actual  $t_r$ , el controlador calcula la letalidad total  $F$  prevista para su suministro durante un intervalo de tiempo total previsto  $[t_0, t_r+\Delta t_c]$ . Esto se lleva a cabo calculando la letalidad de enfriamiento  $F$  prevista para su suministro al lote durante el intervalo de tiempo de enfriamiento previsto  $[t_r, t_r+\Delta t_c]$  y sumándola a la letalidad por calentamiento  $F$  suministrada durante  $[t_0, -t_r]$ . La letalidad de enfriamiento prevista se calcula según la ecuación de letalidad, en la que  $t_m = t_r$  y  $t_k = t_r+\Delta t_c$ , utilizando la parte del perfil de tiempo-temperatura del punto frío del producto  $T_{CS}(t)$  que se ha previsto que tenga lugar durante el intervalo de tiempo  $[t_r, t_r+\Delta t_c]$ . Si la letalidad total prevista no cumple la letalidad total objetivo  $F_{targetot}$ , a continuación el controlador repite el proceso en su totalidad para el siguiente instante de muestreo real  $t_r+\Delta t_r$ .

Si se cumple la letalidad total objetivo  $F_{targetot}$ , a continuación el controlador define el instante  $t_r$  como el instante final real del tratamiento  $t_p$  y el instante  $t_r+\Delta t_c$  como el instante final planificado del enfriamiento  $t_c$ . Esto significa que la fase de tratamiento fue administrada durante el intervalo de tiempo de tratamiento real  $(t_u, t_p]$ . A continuación, el controlador administra la fase de enfriamiento según el perfil de tiempo-temperatura de enfriamiento recién planificado  $T_{sRT}(t)$  durante el intervalo de tiempo de enfriamiento planificado  $(t_p, t_c]$  correspondiente.

Tal como se ha discutido anteriormente, el enfoque de definición fuera de línea que se acaba de describir requiere la utilización de un modelo de simulación de diferencias finitas. Se requiere un modelo de este tipo para simular con precisión la parte del perfil de tiempo-temperatura del punto frío del producto  $T_{CS}(t)$  que se produce realmente durante cada incremento del instante real  $[t_r-\Delta t_c, t_r]$  de la fase de tratamiento utilizando la temperatura de retorta real  $T_{aRT}(t_r)$  medida en el instante de muestreo real  $t_r$ . Y, de manera similar a los otros enfoques ya descritos, este modelo se puede utilizar también para simular con precisión la parte del perfil de tiempo-temperatura del punto frío del producto  $T_{CS}(t)$  que se ha previsto que tenga lugar durante cada incremento de tiempo de simulación  $[t_s-\Delta t_r, t_s]$  de la fase de enfriamiento utilizando la temperatura de retorta de enfriamiento  $T_{cRT}(t_s)$  en el instante de muestreo de la simulación  $t_s$ .

Una desventaja de este enfoque de definición en línea es que la definición de los instantes finales de tratamiento y enfriamiento  $t_p$  y  $t_c$  está abierta por los extremos finales. Es decir, que el operario y el controlador no conocen los instantes finales  $t_p$  y  $t_c$  por adelantado. Esto dificulta que un operario cumpla los requisitos normativos actuales de la FDA y/o de la USDA al registrar el proceso de esterilización por lotes con la FDA y/o la USDA.

Otra desventaja de este enfoque es que se debe simular el perfil de temperatura del punto frío del producto  $T_{CS}(t)$  durante cada incremento del instante real  $[t_r-\Delta t_r, t_r]$  y que se debe calcular la letalidad por calentamiento  $F$  durante el  $[t_0, t_r]$  para cada instante de muestreo  $t_r$  de la fase de tratamiento. Esto hace que este enfoque sea muy intenso a nivel de cálculo y difícil de implementar.

### Sumario de la invención

En resumen, la presente invención comprende un sistema de esterilización por lotes tal como se define en la reivindicación independiente 1, un controlador para su utilización en un sistema de esterilización por lotes tal como se define en la reivindicación independiente 17, y un procedimiento para administrar y proporcionar corrección en línea de un proceso de esterilización por lotes realizado sobre un lote de recipientes tal como se define en la reivindicación independiente 9. En las reivindicaciones dependientes se reivindican unas formas de realización ventajosas.

### Breve descripción de los dibujos

Las figuras 1 a 3 son diagramas de temporización de unos enfoques de la técnica anterior para controlar y proporcionar corrección en línea de un proceso de esterilización por lotes.

La figura 4 es un diagrama de bloques de un sistema de esterilización por lotes según la presente invención.

La figura 5 es un diagrama de bloques de un controlador del sistema de esterilización por lotes de la figura 4.

La figura 6 es un diagrama de flujo del proceso completo para una forma de realización del controlador de la figura 5 para controlar y proporcionar corrección en línea de un proceso de esterilización por lotes.

Las figuras 7 y 8 son diagramas de temporización para el flujo del proceso completo de la figura 6.

Las figuras 9 a 12 son diagramas de flujo detallados del proceso para varias etapas del diagrama de flujo del proceso completo de la figura 6.

La figura 13 es un diagrama de temporización para otra forma de realización del controlador de la figura 5.

## Descripción detallada de la invención

En relación a la figura 4, se representa un sistema de esterilización por lotes 100 para realizar un proceso de este-  
 5 rilización por lotes sobre un lote 101 de recipientes que contienen un producto alimenticio. El sistema comprende un  
 esterilizador por lotes 102, un detector de temperatura de retorta 103, un controlador programado 104, y un ordenador  
 principal 105. El controlador controla y proporciona corrección en línea del proceso mediante el control del esteriliza-  
 dor por lotes. Esto se realiza en respuesta al perfil de tiempo-temperatura de retorta real  $T_{\text{aRT}}(t)$  en el esterilizador por  
 lotes que se detecta mediante el detector de temperatura de retorta 103 y se compila por el controlador. Se utiliza el  
 10 ordenador principal para proporcionar una información de entrada, especialmente software y parámetros de entrada,  
 utilizados por el controlador para controlar el proceso. El ordenador principal se utiliza además para recibir, procesar  
 y visualizar una información de salida acerca del proceso generado por el controlador.

### 1. Configuración del Hardware y del Software del Controlador 104

15 En relación a la figura 5, el controlador 104 comprende un ordenador de control central 106 que comprende un  
 microprocesador (es decir, CPU) 107, una memoria primaria 113, y una memoria secundaria 118. El microprocesador  
 ejecuta un sistema operativo 108, un programa de control de proceso 109, un programa de planificación del proceso  
 110, y un programa de desviación de la temperatura 111 del controlador. El sistema operativo y los programas son  
 cargados desde la memoria secundaria en la memoria primaria durante la ejecución.

20 El sistema operativo 108 y los programas 109 a 111 son ejecutados por el microprocesador 107 en respuesta a las  
 órdenes enviadas por el operario. Se pueden enviar estas órdenes mediante una interfaz de usuario 114 del ordenador de  
 control central 106 y/o el ordenador principal 105 a través de una interfaz del ordenador principal 115 del controlador  
 104. El sistema operativo controla y coordina la ejecución de los programas 109 a 111. Los datos 116 generados por el  
 sistema operativo y los programas durante la ejecución y los datos 116 introducidos por el operario son almacenados  
 25 en la memoria principal 113. Estos datos comprenden una información de entrada proporcionados por el operario  
 mediante la interfaz de usuario y/o el ordenador principal a través de la interfaz del ordenador principal. Además  
 comprenden una información de salida que debe ser mostrada al operario y suministrada a la interfaz de usuario o al  
 ordenador principal a través de la interfaz del ordenador principal.

30 El controlador 104 comprende además unos circuitos eléctricos de control 117. Los circuitos eléctricos de control  
 comprenden circuitos, microprocesadores, memorias y software para controlar el proceso de esterilización por lotes  
 mediante la generación de unas señales de control que controlan el funcionamiento secuencial del esterilizador por  
 lotes 102. Tal como se ha citado anteriormente, se puede descargar el software desde el ordenador principal 105 y  
 35 suministrarlo a los circuitos eléctricos de control mediante el programa de control de proceso 109. Se generan las  
 señales de control en respuesta a las órdenes generadas por el programa de control de proceso y se envían a los  
 circuitos eléctricos de control desde el microprocesador 107 a través de la interfaz de los circuitos eléctricos de control  
 122.

40 Adicionalmente, para cada instante de muestreo real  $t_r$  del proceso de esterilización por lotes, los circuitos eléctricos  
 de control 117 reciben unas señales de detección desde el detector de temperatura de retorta 103 que representan a la  
 temperatura de retorta real  $T_{\text{aRT}}(t_r)$  detectada por este detector. Los circuitos eléctricos de control generan las señales  
 de control para controlar el esterilizador por lotes 102 en respuesta a la temperatura de retorta real detectada. Se  
 proporciona además esta temperatura de retorta real detectada al microprocesador 107 a través de la interfaz de los  
 45 circuitos eléctricos de control 122 y se registra mediante el programa de control de proceso 109 como unos datos 116  
 en la memoria principal 113. De esta manera, el programa de control de proceso compila y registra el perfil de tiempo-  
 temperatura de retorta real  $T_{\text{aRT}}(t)$  en la memoria primaria. Se utiliza este perfil según la manera descrita posteriormente  
 para proporcionar corrección en línea del proceso de esterilización por lotes.

50 El detector 103 está dispuesto preferentemente en la zona de calentamiento más lento del esterilizador por lotes  
 102 para proporcionar una estimación prudente de la temperatura de retorta real  $T_{\text{aRT}}(t_r)$ . Sin embargo, si no es posible,  
 el programa de control de proceso 109 puede ajustar la temperatura dada por el detector para estimar la temperatura  
 de retorta real en la zona de calentamiento más lento. Este ajuste se realizaría según los datos de distribución de  
 temperatura 116 de la memoria principal 113 generados a partir de los exámenes de distribución de temperatura de  
 55 calentamiento y enfriamiento realizados en el esterilizador por lotes.

Tal como se ha mencionado anteriormente, el sistema operativo 108 y los programas 109 a 111 están almacenados  
 normalmente en la memoria secundaria 118 y cargados a continuación en la memoria principal 113 durante la ejecu-  
 ción. La memoria secundaria comprende una memoria legible por ordenador 124 que es legible mediante el ordenador  
 60 de control central 106 del controlador 104. Esta memoria legible por ordenador se utiliza por lo tanto para gobernar  
 al controlador para controlar y proporcionar corrección en línea del proceso de esterilización por lotes. La memoria  
 legible por ordenador puede comprender una memoria PROM (memoria de sólo lectura programable) que almacena  
 el sistema operativo y/o los programas. Además, o de manera alternativa, la memoria legible por ordenador puede  
 comprender un disco de almacenamiento de tipo CD-ROM o magnético que almacena el sistema operativo y/o los  
 65 programas. La memoria legible por ordenador, en tal caso, puede ser leída por el ordenador de control central me-  
 diante una unidad de disco de almacenamiento de tipo CD-ROM o magnético de la memoria secundaria. Además, se  
 podría descargar también el sistema operativo y/o los programas en la memoria legible por ordenador o en la memoria  
 primaria desde el ordenador principal 105 a través de la interfaz del ordenador principal 115.

## ES 2 273 516 T3

### 2. Forma de realización indicada a título de ejemplo

En una forma de realización indicada a título de ejemplo, el controlador 104 controla el proceso de esterilización por lotes según los diagramas de flujo y de temporización de las figuras 6 a 12. Al hacer esto, se utiliza un modelo de simulación de diferencias finitas por parte de los programas de planificación del proceso y de desviación de la temperatura 110 y 111 para simular el perfil de tiempo-temperatura del punto frío del producto  $T_{CS}(t)$  del lote 101 de recipientes que se está tratando. Este modelo puede ser el modelo NumeriCAL mencionado anteriormente y utilizado tanto para productos alimenticios calentados por conducción como para productos alimenticios calentados por convección. O, puede ser uno de los modelos descritos en las referencias de Teixeira *et al.*, 1969 y Manson *et al.*, 1970, y utilizado para productos alimenticios calentados por conducción. Tal como se pondrá claramente de manifiesto a partir de la discusión precedente, la novedad de la invención descrita en este caso no es qué modelo se utiliza, sino la forma en la que se utiliza según los diagramas de flujo y de temporización de las figuras 6 a 12.

#### 2.a. Flujo del Proceso Completo

En la primera etapa 126 del flujo del proceso completo de la figura 6, se definen los parámetros de entrada del proceso de esterilización por lotes y se suministran al controlador 104. Los parámetros de entrada incluyen un periodo de tiempo de muestreo predefinido  $\Delta t_r$  (por ejemplo, de 0,1 a 1 segundos) para cada incremento del instante real  $[t_r - \Delta t_r, t_r]$  desde el instante de muestreo real anterior  $t_r - \Delta t_r$  hasta el instante de muestreo real actual  $t_r$  durante el proceso. Estos parámetros de entrada incluyen además la temperatura inicial de producto  $T_{IP}$  para el producto alimenticio en los recipientes del lote 101 que se está tratando. El operador mide manualmente la temperatura inicial de producto  $T_{IP}$  utilizando uno de los recipientes del lote como muestra. Los parámetros de entrada incluyen además los factores de calentamiento y enfriamiento tradicionales  $j_h, f_h, x_{bh}, f_2, j_c$  y  $f_c$  para ser utilizados en el modelo de simulación. Los factores de calentamiento  $j_h, f_h, x_{bh}$  y  $f_2$  son, respectivamente, el factor de lapso de tiempo de calentamiento, el factor de pendiente de la curva de calentamiento, el factor de tiempo de calentamiento de ruptura y el factor de pendiente de la curva de calentamiento de ruptura que están predefinidos para el producto alimenticio. De manera similar, los factores de enfriamiento  $j_c$  y  $f_c$  son, respectivamente, el factor de lapso de tiempo de enfriamiento y el factor de pendiente de la curva de enfriamiento que también están predefinidos para el producto alimenticio. Los parámetros de entrada incluyen además las características térmicas  $z$  discutidas anteriormente para eliminar un microorganismo particular en el producto alimenticio, y la temperatura de referencia asociada  $T_{REF}$ . También se incluyen en los parámetros de entrada las letalidades objetivo  $F_{targh}$  y  $F_{targot}$  discutidas anteriormente. Finalmente, los parámetros de entrada incluyen la temperatura de retorta de tratamiento planificada  $T_{pRT}$  discutida anteriormente y los gradientes de tiempo-temperatura de enfriamiento y de puesta en marcha  $T_{uRT}(t)$  y  $T_{cRT}(t)$  discutidos anteriormente para el esterilizador por lotes 102.

Con el fin de realizar la etapa 126, el operador envía unas órdenes con la interfaz de usuario 114 y/o el ordenador principal 105 para invocar el programa de control de proceso 109. A continuación, el operario introduce los parámetros de entrada  $T_{IP}, j_h, f_h, x_{bh}, f_2, j_c, f_c, T_{uRT}(t), T_{cRT}(t)$  y  $T_{pRT}^0$  mediante la interfaz de usuario y/o el ordenador principal. El programa de control de proceso carga los parámetros de entrada introducidos en la memoria principal 113 para su utilización por parte de los programas 109 a 111. La ejecución de estos programas está controlada y coordinada por el programa de control de proceso de la manera discutida a continuación.

El programa de control de proceso 109 invoca en primer lugar al programa de planificación del proceso 110. En la etapa 127, el programa de planificación del proceso simula el proceso de esterilización por lotes completo para definir un perfil total de tiempo-temperatura planificado  $T_{sRT}(t)^0$  durante un intervalo de tiempo total planificado  $[t_0, t_c]$ . Esta simulación cubre las fases de puesta en marcha, de tratamiento y de enfriamiento del proceso. Por lo tanto, el perfil  $T_{sRT}(t)^0$  tiene unas partes de puesta en marcha, de tratamiento y de enfriamiento que se han previsto que tengan lugar respectivamente durante unos intervalos de tiempo planificados de puesta en marcha, de tratamiento y de enfriamiento  $(t_0, t_u^0], (t_u^0, t_p^0]$  y  $(t_p^0, t_c^0]$ . La parte de puesta en marcha comprende la parte del gradiente de tiempo-temperatura de la puesta en marcha  $T_{uRT}(t)$  durante el intervalo de tiempo  $(t_0, t_u^0]$  y entre la temperatura inicial de retorta  $T_{iRT}$  y la temperatura de retorta de tratamiento planificada  $T_{pRT}^0$ . La parte de tratamiento comprende la temperatura  $T_{pRT}^0$  durante el intervalo de tiempo  $(t_u^0, t_p^0]$ . Y, la parte de enfriamiento comprende la parte del gradiente de tiempo-temperatura de enfriamiento  $T_{cRT}(t)$  durante el intervalo de tiempo  $(t_p^0, t_c^0]$  y entre la temperatura  $T_{pRT}^0$  y una temperatura de retorta final  $T_{cRT}$ . La manera exacta en la que se realiza la etapa 127 se discute con mayor detalle en la sección 2.b, pero se discutirá brevemente a continuación.

El perfil total de tiempo-temperatura planificado  $T_{sRT}(t)^0$  se define mediante la utilización del modelo de simulación mencionado anteriormente. Específicamente, se utiliza el modelo del programa de planificación del proceso 110 para simular de manera incremental e iterativa un perfil planificado de tiempo-temperatura del punto frío del producto  $T_{CS}(t)^0$  que se ha previsto que tenga lugar durante el proceso de esterilización por lotes. Esta simulación se basa en los parámetros de entrada  $T_{IP}, j_h, f_h, x_{bh}, f_2, j_c, f_c, T_{uRT}(t), T_{pRT}^0$  y  $T_{cRT}(t)$ .

El programa de planificación del proceso 110 también calcula de manera incremental e iterativa una letalidad  $F^0$  prevista para su suministro al lote 101 durante el proceso de esterilización por lotes. Al hacer esto, el programa 110 calcula una letalidad por calentamiento  $F^0$  que cumple la letalidad por calentamiento objetivo  $F_{targh}$  y que está prevista para su suministro durante un intervalo de tiempo de calentamiento planificado  $[t_0, t_p^0]$  que cubre sólo las fases de puesta en marcha y de tratamiento. Este cálculo se realiza en base a la parte del perfil de tiempo-temperatura del punto frío del producto  $T_{CS}(t)^0$  durante el intervalo de tiempo  $[t_0, t_p^0]$  y los parámetros de entrada  $z$  y  $T_{REF}$ . Adicionalmente, se utiliza la ecuación de letalidad descrita anteriormente para realizar este cálculo, en la que  $t_m = t_0, t_k = t_p^0, T_{CS}(t) =$

## ES 2 273 516 T3

$T_{CS}(t)^0$  y  $F = F^0$ . Las partes de puesta en marcha y de tratamiento del perfil total de tiempo-temperatura planificado  $T_{SRT}(t)^0$  sobre el que se basa la parte del perfil  $T_{CS}(t)^0$  durante el intervalo de tiempo  $[t_0, t_p^0]$  se definen como resultado.

De manera similar, el programa de planificación del proceso 110 calcula además de manera incremental e iterativa una letalidad total  $F^0$  que cumple la letalidad total objetivo  $F_{targetot}$  y que está prevista para su suministro durante un intervalo de tiempo total planificado  $[t_0, t_c^0]$  cubriendo el proceso de esterilización por lotes en su totalidad. La ecuación de letalidad se utiliza además en este cálculo, pero en la que  $t_k = t_c^0$ . La letalidad total prevista se calcula en base a la parte del perfil de tiempo-temperatura del punto frío del producto  $T_{CS}(t)^0$  durante un intervalo de tiempo de enfriamiento planificado  $(t_p^0, t_c^0]$ , la letalidad de calentamiento prevista  $F^0$  durante  $[t_0, t_p^0]$ , y los parámetros de entrada  $z$  y  $T_{REF}$ . La letalidad total prevista  $F^0$  durante  $[t_0, t_c^0]$  es, de hecho, la suma de la letalidad de calentamiento prevista  $F^0$  durante  $[t_0, t_p^0]$  y una letalidad de enfriamiento  $F^0$  prevista para su suministro al lote 101 durante un intervalo de tiempo de enfriamiento planificado  $(t_p^0, t_c^0]$ . De esta manera, se define también la parte de enfriamiento del perfil total de tiempo-temperatura planificado  $T_{SRT}(t)^0$  sobre la que se basa el perfil  $T_{CS}(t)^0$  durante el intervalo de tiempo  $(t_p^0, t_c^0]$ .

En relación ahora a ambas figuras 6 y 7, el programa de control de procesos 109, a continuación, hace que la fase de puesta en marcha en la etapa 128 sea administrada por los circuitos eléctricos de control 117. Los circuitos eléctricos de control realizan esto según la parte de puesta en marcha del perfil total de tiempo-temperatura planificado  $T_{SRT}(t)^0$  mediante el control adecuado del esterilizador por lotes 102. Esto significa que el perfil de tiempo-temperatura de retorta real  $T_{aRT}(t)$  es conducido hacia arriba a lo largo de la parte de puesta en marcha del perfil  $T_{SRT}(t)^0$  durante el intervalo de tiempo de puesta en marcha planificado  $[t_0, t_u^0]$ . Más específicamente, los circuitos eléctricos de control controlan el esterilizador por lotes y supervisan la temperatura de retorta real detectada  $T_{aRT}(t_r)$  para cada instante de muestreo real  $t_r$  para asegurarse de que esta temperatura permanece, por lo menos, igual a la temperatura de retorta de la puesta en marcha planificada  $T_{SRT}(t_r)^0$  para ese instante. Se obtiene la temperatura  $T_{SRT}(t_r)^0$  a partir del perfil  $T_{SRT}(t)^0$ .

Después de la administración de la parte de puesta en marcha, el programa de control de proceso 109 controla la administración de la fase de tratamiento en las etapas 130 a 149 de la figura 6. Al hacer esto, en primer lugar desactiva un indicador de desviación y establece un contador de desviación  $n$  a cero en la etapa 129 del diagrama de flujo. Se utiliza el indicador para indicar si se está produciendo o no una desviación de la temperatura, y el contador  $n$  se utiliza para identificar cada desviación de la temperatura que se produce.

A continuación, en el instante de muestreo real actual  $t_r$ , hace que los circuitos eléctricos de control 117 en la etapa 130 administren la fase de tratamiento para la temperatura de retorta de tratamiento planificada  $T_{pRT}^0$ . Al administrar la fase de tratamiento en el instante  $t_r$ , los circuitos eléctricos de control controlan adecuadamente el esterilizador por lotes 102 y supervisan el perfil de tiempo-temperatura de retorta real  $T_{aRT}(t)$  para verificar que es, por lo menos, igual a la temperatura  $T_{pRT}^0$ . En esta forma de realización del controlador 104, la temperatura de retorta de tratamiento planificada  $T_{pRT}^0$  permanecerá igual en toda la fase de tratamiento a pesar de que se produzca una desviación de la temperatura.

A continuación, el programa de control de proceso 109 espera al siguiente instante de muestreo real  $t_r = t_r + \Delta t_r$  en la etapa 131. En la etapa 132, el programa de control de proceso determina si la fase de tratamiento ha finalizado. Debido a que el contador de desviación  $n$  ha sido establecido inicialmente a cero en la etapa 129, esto se realiza inicialmente, hasta que tiene lugar la primera desviación de la temperatura, determinando si el instante de muestreo real actual  $t_r$  es el instante final planificado del tratamiento  $t_p^0$ . En esta forma de realización del controlador 104, se vuelve a planificar el instante final del tratamiento  $t_p^n$  planificado en respuesta a la  $n$ -ésima desviación de la temperatura (es decir, se define de nuevo) siempre que se produzca la  $(n+1)$ -ésima desviación de la temperatura. Esto se explicará con mayor detalle más adelante.

En la etapa 133, el programa de control de proceso 109 registra la temperatura de retorta real  $T_{aRT}(t_r)$  en el instante de muestreo real actual  $t_r$ . De esta manera, se compila el perfil de tiempo-temperatura de retorta real  $T_{aRT}(t)$ .

A continuación, en la etapa 134, el programa de control de proceso 109 determina si se está produciendo una desviación de la temperatura en el instante de muestreo real actual  $t_r$ . Al hacer esto, el programa supervisa el perfil de tiempo-temperatura de retorta real  $T_{aRT}(t)$  para determinar si la temperatura de retorta real  $T_{aRT}(t_r)$  en ese momento es inferior a la temperatura de retorta de tratamiento planificada  $T_{pRT}^0$ . Debido a que el contador de desviación  $n$  está establecido inicialmente a cero, el programa determina realmente si se ha producido una desviación entre el perfil de tiempo-temperatura de retorta real y la parte de tratamiento del perfil total de tiempo-temperatura planificado  $T_{SRT}(t)^0$ .

Si no se produce desviación y el programa de control de proceso 109 determina en la etapa 135 que el indicador de desviación está desactivado, regresa a continuación a la etapa 130. A continuación, se repiten las etapas 130 a 135 hasta que se determina en la etapa 132 que la fase de tratamiento ha finalizado o se determina en la etapa 134 que se está produciendo una desviación de la temperatura.

Si el programa de control de proceso 109 determina en la etapa 134 que se está produciendo una desviación de la temperatura, determinará a continuación en la etapa 136 si el indicador de desviación está activado. Si no lo está, esto significa que la desviación acaba justo de comenzar en el instante de muestreo real actual  $t_r$ . En tal caso, se incrementa el contador de desviación  $n$  a uno para identificar la primera desviación y se registra el instante  $t_r$  como el tiempo inicial de la desviación  $t_d^1$  en la etapa 137. Si el indicador de desviación está activado en la etapa 136, entonces la desviación

## ES 2 273 516 T3

ya había comenzado y fue detectada previamente en la etapa 134 antes del instante  $t_r$ . En tal caso, el programa pasa a la etapa 138.

5 Tal como se ha citado anteriormente, los circuitos eléctricos de control 117 supervisan la temperatura de retorta real  $T_{aRT}(t_r)$  en el instante de muestreo real actual  $t_r$ . Por lo tanto, en la etapa 138, los circuitos eléctricos de control administran en ese instante una corrección según la temperatura de retorta de tratamiento planificada  $T_{pRT}^0$ . Esto se lleva a cabo controlando adecuadamente el esterilizador por lotes 102 para llevar finalmente la temperatura de retorta real hasta, por lo menos, la temperatura  $T_{pRT}^0$ .

10 A continuación, el programa de control de proceso 109 invoca al programa de desviación de la temperatura 111. En la etapa 139, el programa invocado calcula una letalidad por calentamiento  $F^1$  suministrada realmente en el punto frío del producto del lote 101 durante el intervalo de tiempo expirado  $[t_0, t_r]$ . Esto se realiza simulando la parte del proceso de esterilización por lotes que fue realmente administrado durante este intervalo de tiempo. Esta parte comprende la fase de puesta en marcha y la parte de la fase de tratamiento realmente administrada antes del tiempo  $t_r$ .

15 Al realizar esta simulación, se utiliza el modelo de simulación mencionado anteriormente para simular de manera incremental e iterativa la parte de un perfil de tiempo-temperatura del punto frío del producto  $T_{CS}(t)^1$  que tuvo lugar realmente durante el intervalo de tiempo expirado  $[t_0, t_r]$ . Esta simulación se basa en los parámetros de entrada  $T_{IP}$ ,  $J_h$ ,  $f_h$ ,  $x_{bh}$  y  $f_2$  y en el perfil de tiempo-temperatura de retorta real  $T_{aRT}(t)$  durante el intervalo de tiempo  $[t_0, t_r]$ . A partir de esta parte del perfil  $T_{CS}(t)^1$  y los parámetros de entrada  $z$  y  $T_{REF}$ , el programa 110 calcula de manera incremental e iterativa la letalidad por calentamiento  $F^1$  suministrada realmente sobre el intervalo de tiempo  $[t_0, t_r]$ . Esto se realiza utilizando la ecuación de letalidad descrita anteriormente, en la que  $t_0 = t_m$ ,  $t_r = t_k$ ,  $T_{CS}(t)^1 = T_{CS}(t)$ , y  $F^1 = F$ . La manera exacta en la que se realiza la etapa 139 se discute con mayor detalle en la sección 2.c.

25 En la etapa 140, el programa de desviación de la temperatura 111 determina si la letalidad por calentamiento  $F^1$  real durante  $[t_0, t_r]$  cumple la letalidad por calentamiento objetivo  $F_{targh}$ . Si no la cumple, esto significa que la fase de tratamiento debe continuar con el fin de suministrar adecuadamente la letalidad por calentamiento objetivo  $F_{targh}$  al lote 101. Como resultado, el programa 111 devuelve el control al programa de control de proceso 109.

30 En la etapa 141, el programa de control de proceso 109 activa el indicador de desviación para indicar que se está produciendo una desviación en ese momento. A continuación, espera en la etapa 149 hasta el siguiente instante de muestreo real  $t_r = t_r + \Delta t_r$  para regresar a las etapas 133 y 134 para determinar si la desviación se sigue produciendo.

35 Sin embargo, si se determina en la etapa 140 que la letalidad por calentamiento  $F^1$  real durante  $[t_0, t_r]$  no cumple con la letalidad por calentamiento objetivo  $F_{targh}$ , el programa de desviación de la temperatura 111 pasa a continuación a la etapa 142. En la etapa 142, este programa simula la parte restante del proceso de esterilización por lotes prevista para su administración después del instante de muestreo real actual  $t_r$ , asumiendo que la fase de tratamiento finaliza en este instante. Esta parte es, por supuesto, la fase de enfriamiento. Se realiza la simulación para calcular una letalidad total  $F^1$  prevista para su suministro al lote durante un intervalo de tiempo total previsto  $[t_0, t_r + \Delta t_c^1]$ .

40 Al realizar esta simulación, se utiliza el modelo de simulación mencionado anteriormente para simular de manera iterativa la parte restante del perfil de tiempo-temperatura del punto frío del producto  $T_{CS}(t)^1$  que se ha previsto que tenga lugar durante el intervalo de tiempo total  $[t_0, t_r + \Delta t_c^1]$ . Esta simulación se basa en los parámetros de entrada  $j_c$ ,  $f_c$ ,  $T_{CRT}(t)$  y la temperatura real del punto frío del producto  $T_{CS}(t_r)^1$  para el instante de muestreo real actual  $t_r$ . Esta  $T_{CS}(t_r)^1$  se obtiene a partir de la parte real del perfil  $T_{CS}(t)^1$  que fue simulada en la etapa 139.

45 Debido a que se supone que la fase de tratamiento ha finalizado en el instante  $t_r$ , se desplaza el gradiente de tiempo-temperatura de enfriamiento  $T_{CRT}(t)$  para empezar en una temperatura de retorta de enfriamiento seleccionada  $T_{CRT}^1$  que está fuera de línea respecto de la temperatura de retorta real  $T_{aRT}(t_r)$  en el instante  $t_r$ . La duración  $\Delta t_c^1$  cubre por lo tanto la parte del gradiente de tiempo-temperatura de enfriamiento  $T_{CRT}(t)$  que está entre la temperatura  $T_{CRT}^1$  y la temperatura de retorta final  $T_{CRT}$ . Esto permite que el perfil de tiempo-temperatura de retorta real  $T_{aRT}(t)$  sea conducida hacia abajo a lo largo de esta parte del gradiente  $T_{CRT}(t)$ .

55 El programa 110 calcula de manera incremental e iterativa la letalidad total prevista  $F^1$  durante  $[t_0, t_r + \Delta t_c^1]$  en base al perfil de tiempo-temperatura del punto frío del producto  $T_{CS}(t)^1$ , la letalidad por calentamiento  $F^1$  suministrada realmente durante  $[t_0, t_r]$ , y los parámetros de entrada  $z$  y  $T_{REF}$ . Esto se realiza, utilizando la ecuación de letalidad descrita anteriormente, en la que  $t_0 = t_m$ ,  $t_r + \Delta t_c^1 = t_k$ ,  $T_{CS}(t)^1 = T_{CS}(t)$ , y  $F^1 = F$ . La manera exacta en la que se realiza la etapa 142 se discute con mayor detalle en la sección 2.d.

60 En la etapa 143, el programa de desviación de la temperatura 111 determina si la fase de tratamiento va a finalizar en el instante de muestreo real actual  $t_r$  mientras la desviación de la temperatura todavía se está produciendo. Esto se realiza determinando si la letalidad total prevista  $F^1$  durante  $[t_0, t_r + \Delta t_c^1]$  cumple la letalidad por calentamiento objetivo  $F_{targtot}$ . Si se determina que la fase de tratamiento ha finalizado, a continuación el programa pasa a la etapa 147 que se discutirá más adelante.

65 En el caso en el que se determina en la etapa 143 que la fase de tratamiento continúa, el programa de desviación de la temperatura 111 devuelve el control al programa de control de proceso 109. El programa de control de proceso activa a continuación el indicador de desviación en la etapa 141 para indicar que se está produciendo una desviación

## ES 2 273 516 T3

en ese momento. En la etapa 149, el programa de control de proceso espera al siguiente instante de muestreo real  $t_r = t_r + \Delta t_r$ . De esta manera, se repiten las etapas 133 a 143 para cada instante de muestreo real  $t_r$  empezando con el tiempo inicial de la desviación  $t_d^1$  hasta que en la etapa 134 se determina que la desviación de la temperatura a desaparecido o se determina en la etapa 143 que la fase de tratamiento ha finalizado.

5 En el caso en el que se determina en la etapa 134 que la desviación de la temperatura ha desaparecido, el programa de control de proceso 109 pasa a la etapa 144 después de determinar en la etapa 135 que el indicador de desviación está activado. En la etapa 144, el programa registra el instante de muestreo real actual  $t_r$  como el tiempo final de la desviación  $t_e^1$  de la desviación. El programa de control de proceso 109 a continuación invoca de nuevo al programa de desviación de la temperatura 111.

10 En la etapa 145, el programa de desviación de la temperatura 111 simula la parte restante del proceso de esterilización por lotes prevista para su administración comenzando en el tiempo final de la desviación  $t_e^1$ . Esta parte restante comprende la parte restante de la fase de tratamiento que comienza con el instante  $t_e^1$  y la fase de enfriamiento. Esto se realiza para definir un perfil de tiempo-temperatura restante replanificado  $T_{sRT}(t)^1$  durante un intervalo de tiempo restante replanificado  $[t_e^1, t_c^1]$ .

15 El perfil de tiempo-temperatura restante replanificado  $T_{pRT}(t)^1$  presenta una parte de tratamiento durante un intervalo de tiempo restante replanificado  $(t_e^1, t_p^1]$ . Esta parte comprende la temperatura de retorta de tratamiento planificada  $T_{pRT}^0$  como constante durante el intervalo de tiempo  $(t_e^1, t_p^1]$ . De esta manera, la primera desviación de la temperatura desaparece realmente entre el perfil de tiempo-temperatura de retorta real  $T_{aRT}(t)$  y esta parte del perfil de tiempo-temperatura de enfriamiento previsto  $T_{sRT}(t)^1$  en el tiempo final de la desviación  $t_e^1$ . El perfil  $T_{sRT}(t)^1$  presenta además una parte de enfriamiento durante un intervalo de tiempo de enfriamiento replanificado  $(t_p^1, t_c^1]$ . Esta parte comprende la parte del gradiente de tiempo-temperatura  $T_{cRT}(t)$  entre la temperatura  $T_{pRT}^0$  y la temperatura de retorta final  $T_{cRT}$  durante el intervalo de tiempo  $(t_p^1, t_c^1]$ .

20 La manera exacta en la que se realiza la etapa 145 se discute brevemente a continuación y se discutirá con mayor detalle en la sección 2.e. El modelo de simulación mencionado anteriormente es utilizado por el programa de desviación de la temperatura 111 en la etapa 145. El programa 111 utiliza el modelo para simular de manera incremental e iterativa la parte del perfil de tiempo-temperatura del punto frío del producto  $T_{CS}(t)^1$  que se ha previsto que tenga lugar durante la parte restante del proceso de esterilización por lotes. Esta simulación se realiza en base a los parámetros de entrada  $j_h, f_h, x_{bh}, f_2, j_c, f_c, T_{pRT}^0$  y  $T_{cRT}(t)$  y la temperatura del punto frío del producto  $T_{CS}(t_e - \Delta t_r)^1$  para el instante de muestreo real anterior  $t_e - \Delta t_r$ . Se obtiene la temperatura del punto frío del producto  $T_{CS}(t_e - \Delta t_r)^1$  a partir del perfil replanificado de tiempo-temperatura del punto frío del producto real  $T_{CS}(t)^1$  simulado en el instante  $t_e^1 - \Delta t_r$  en la etapa 139.

25 En la etapa 145, el programa 110 calcula también de manera incremental e iterativa una letalidad total  $F^1$  prevista para su suministro en el punto frío del producto del lote 101 durante la parte restante del proceso de esterilización por lotes. Al hacer esto, el programa 110 calcula una letalidad por calentamiento  $F^1$  que cumple la letalidad por calentamiento objetivo  $F_{targh}$  y que está prevista para su suministro durante un intervalo de tiempo de calentamiento replanificado  $[t_0, t_p^1]$ . Este cálculo se realiza en base a la parte del perfil replanificado de tiempo-temperatura del punto frío del producto  $T_{CS}(t)^1$  que se ha previsto que tenga lugar durante el intervalo de tiempo de tratamiento restante replanificado  $[t_e^1, t_p^1]$ , la letalidad por calentamiento  $F^1$  realmente suministrada durante  $[t_0, t_e^1)$  desde la etapa 139, y los parámetros de entrada  $z$  y  $T_{REF}$ . Adicionalmente, se utiliza la ecuación de letalidad descrita anteriormente para hacer este cálculo, en la que  $t_m = t_0$ ,  $t_k = t_p^1$ ,  $T_{CS}(t) = T_{CS}(t)^1$ , y  $F = F^1$ . La letalidad de calentamiento prevista  $F^1$  durante  $[t_0, t_p^1]$  es, por lo tanto, la suma de la letalidad por calentamiento  $F^1$  suministrada realmente durante  $[t_0, t_e^1)$  y una letalidad por calentamiento  $F^1$  prevista para su suministro durante el intervalo de tiempo  $[t_e^1, t_p^1]$ . La parte de tratamiento restante del perfil de tiempo-temperatura restante replanificado  $T_{sRT}(t)^1$  sobre el que se basa la parte del perfil  $T_{CS}(t)^1$  durante el intervalo de tiempo  $[t_e^1, t_p^1]$  se define como resultado.

30 De manera similar, el programa de desviación de la temperatura 111 calcula también de manera incremental e iterativa una letalidad total  $F^1$  que cumple la letalidad total objetivo  $F_{targtot}$  y que está prevista para su suministro durante un intervalo de tiempo total replanificado  $[t_0, t_c^1]$ . La ecuación de letalidad se utiliza además en este cálculo, pero en el que  $t_k = t_c^1$ . Además, la letalidad total prevista  $F^1$  durante  $[t_0, t_c^1]$  se basa en la parte del perfil de tiempo-temperatura del punto frío del producto  $T_{CS}(t)^1$  prevista para su suministro durante un intervalo de tiempo de enfriamiento replanificado  $(t_p^1, t_c^1]$ , la letalidad de calentamiento prevista  $F^1$  durante  $[t_0, t_p^1]$ , y los parámetros de entrada  $z$  y  $T_{REF}$ . De esta manera, la letalidad total prevista  $F^1$  durante  $[t_0, t_c^1]$  es la suma de la letalidad de calentamiento prevista  $F^1$  durante  $[t_0, t_p^1]$  y una letalidad de enfriamiento  $F^1$  prevista para su suministro durante el intervalo de tiempo  $(t_p^1, t_c^1]$ . La parte de enfriamiento del perfil de tiempo-temperatura restante replanificado  $T_{sRT}(t)^1$  sobre la que se basa la parte del perfil  $T_{CS}(t)^1$  durante el intervalo de tiempo  $(t_p^1, t_c^1]$  se define también de esta manera.

35 En la etapa 146, el programa de control de proceso 109 desactiva el indicador de desviación debido a que se ha determinado en la etapa 134 que la primera desviación de la temperatura ha sido eliminada. El programa regresa a continuación a la etapa 130. Debido a que se ha incrementado el contador de desviación  $n$  a uno, a continuación se utiliza el instante final del tratamiento replanificado  $t_p^1$  en la etapa 132. Por lo tanto, se repetirán las etapas 130 a 135 hasta que se determine en la etapa 132 que el instante de muestreo real actual  $t_r$  es el instante final  $t_p^1$  o hasta que se detecte una segunda desviación de la temperatura en la etapa 134.

## ES 2 273 516 T3

A partir de lo anterior, debería quedar claro que únicamente la parte inicial del proceso de esterilización por lotes durante el intervalo de tiempo inicial  $[t_0, t_d^1]$ , antes de que comience la desviación de la temperatura, será administrado según el perfil total de tiempo-temperatura planificado  $T_{sRT}(t)^0$ . A continuación, cuando la desviación desaparece, la parte restante del proceso durante el intervalo de tiempo restante  $[t_c^1, t_c^1]$  será administrado según el perfil de tiempo-temperatura restante replanificado  $T_{sRT}(t)^1$  si no tiene lugar una segunda desviación de la temperatura.

El programa de control de proceso 109 a continuación hace que la fase de enfriamiento en la etapa 148 sea administrada por los circuitos eléctricos de control 117. Los circuitos eléctricos de control lo hacen según el perfil de tiempo-temperatura restante replanificado  $T_{sRT}(t)^1$  controlando apropiadamente el esterilizador por lotes 102. De esta manera, el perfil de tiempo-temperatura de retorta real  $T_{aRT}(t)$  es conducido hacia abajo a lo largo de la parte de enfriamiento del perfil  $T_{sRT}(t)^1$  durante el intervalo de tiempo de enfriamiento replanificado  $(t_p^1, t_c^1]$ . Al hacer esto, los circuitos eléctricos de control controlan el esterilizador por lotes y supervisan la temperatura de retorta real  $T_{aRT}(t_r)$  detectada para cada instante de muestreo real  $t_r$  para asegurarse de que permanece igual, por lo menos, a la temperatura de retorta de enfriamiento replanificada  $T_{sRT}(t_r)^1$  para ese instante. La temperatura  $T_{sRT}(t_r)^1$  se obtiene a partir del perfil  $T_{sRT}(t)^1$ .

En relación ahora a las figuras 6 y 8, tal como se ha mencionado anteriormente, es posible que la fase de tratamiento finalizará realmente en un instante de muestreo real actual  $t_r$  mientras todavía tenga lugar que la desviación de la temperatura. Esto se determina en la etapa 143 cuando la letalidad total  $F^1$  prevista para su suministro durante el intervalo de tiempo total previsto  $[t_0, t_r + \Delta t_c^1]$  cumpla la letalidad por calentamiento objetivo  $F_{\text{target}}$ . En tal caso, el programa de desviación de la temperatura 111 define en la etapa 147 el instante final del tratamiento replanificado  $t_p^1$  como el instante  $t_r$ , y el instante final replanificado del enfriamiento  $t_c^1$  como el instante  $t_r + \Delta t_c^1$ . Además, el perfil de tiempo-temperatura restante replanificado  $T_{sRT}(t)^1$  sobre el que se basa el perfil de tiempo-temperatura del punto frío del producto  $T_{CS}(t)^1$  se define también en la etapa 147. Tal como se ha citado anteriormente, esto comprende la parte del gradiente de tiempo-temperatura de enfriamiento  $T_{cRT}(t)$  entre las temperaturas de retorta final y de enfriamiento seleccionada  $T_{cRT}^1$  y  $T_{eRT}$  durante el intervalo de tiempo de enfriamiento replanificado  $(t_p^1, t_c^1]$ .

El programa de control de proceso 109 a continuación hace que la fase de enfriamiento en la etapa 148 sea administrada por los circuitos eléctricos de control 117. Esto se realiza según el perfil de tiempo-temperatura restante replanificado  $T_{sRT}(t)^1$  durante el intervalo de tiempo restante replanificado  $(t_p^1, t_c^1]$  de la manera descrita anteriormente.

Es importante observar en este caso que el controlador 104 presenta la característica unívoca de manejar múltiples desviaciones de la temperatura durante la fase de tratamiento. De esta manera, tal como se ha mencionado anteriormente, es posible detectar una segunda desviación de la temperatura en la etapa 134 después de la primera desviación de la temperatura. En tal caso, si se determina finalmente en la etapa 134 que esta desviación ha desaparecido, se repiten las etapas 133 a 149 para definir otro perfil de tiempo-temperatura restante replanificado  $T_{pRT}(t)^2$  durante otro intervalo de tiempo restante replanificado  $(t_c^2, t_p^2]$ . Sin embargo, se puede determinar en la etapa 143 que de hecho la fase de tratamiento ha finalizado mientras que la desviación de la temperatura todavía se está produciendo. En tal caso, el perfil  $T_{sRT}(t)^2$  durante el intervalo de tiempo  $(t_p^2, t_c^2]$  se define en la etapa 147 y la fase de enfriamiento se administra en la etapa 148 según lo anterior.

### 2.b. Flujo Detallado del Proceso en la Etapa 127 de la Figura 6

La figura 9 muestra el flujo detallado del proceso que el programa de planificación del proceso 110 utiliza en las etapas 127 de la figura 6 para definir el perfil total de tiempo-temperatura planificado  $T_{sRT}(t)^0$ . El programa 109 realiza de manera iterativa en primer lugar una simulación de la fase de puesta en marcha en las subetapas 150 a 156 de la etapa 127.

En la etapa 150, se establece el instante de muestreo actual de la simulación  $t_s$  inicialmente al instante inicial de la puesta en marcha  $t_0$ . Se establece por lo tanto la temperatura del punto frío del producto  $T_{CS}(t_s)^0$  en el instante de muestreo actual de la simulación  $t_s$  en la etapa 150 a la temperatura inicial del producto  $T_{IP}$ . Y, la letalidad por calentamiento  $F^0$  prevista para su suministro en el punto frío del producto durante el intervalo de tiempo de simulación actual  $[t_0, t_s]$  es establecida inicialmente a cero en la etapa 150.

A continuación las etapas 151 a 155 son realizadas por el programa de planificación del proceso 110 para cada iteración de la simulación de la etapa de puesta en marcha. En la etapa 151 de cada iteración, se incrementa el instante de muestreo actual de la simulación  $t_s$  en la cantidad del periodo de muestreo  $\Delta t_r$ . Esto resulta en un instante de muestreo actual de la simulación  $t_s$  nuevo.

La parte del perfil de tiempo-temperatura del punto frío del producto  $T_{CS}(t)^0$  que se ha previsto que tenga lugar durante el incremento del instante de simulación actual  $[t_s - \Delta t_r, t_s]$ , se simula a continuación en la etapa 152 de cada iteración por el programa de planificación del proceso 110. Esto se realiza utilizando el modelo de simulación discutido anteriormente. Además, esta simulación se basa en los factores de calentamiento  $j_h, f_1, x_{bh}$  y  $f_2$ , en la temperatura del punto frío del producto  $T_{CS}(t_s - \Delta t_r)^0$  en el instante de muestreo de simulación anterior  $t_s - \Delta t_r$ , y en la temperatura de retorta de la puesta en marcha planificada  $T_{uRT}(t_s)$  correspondiente en el instante de simulación actual  $t_s$ . En la primera iteración, la temperatura del punto frío del producto  $T_{CS}(t_s - \Delta t_r)^0$  será la temperatura inicial del producto  $T_{IP}$  de la etapa 150. Sin embargo, en cada iteración siguiente, esta temperatura se obtiene a partir del perfil de tiempo-temperatura del punto frío del producto  $T_{CS}(t)^0$  durante el incremento de tiempo de simulación anterior  $[t_s - 2\Delta t_r, t_s - \Delta t_r]$  simulado

## ES 2 273 516 T3

en la etapa 152 de la iteración anterior. La temperatura  $T_{uRT}(t_s)$  se obtiene a partir del intervalo de tiempo de puesta en marcha planificado  $T_{uRT}(t)$ .

A continuación, en la etapa 153 de cada iteración, el programa de planificación del proceso 110 calcula la letalidad por calentamiento  $F^0$  prevista para su suministro durante el incremento del instante de simulación actual  $[t_s - \Delta t_r, t_s]$ . Esto se realiza en base a la parte del  $T_{CS}(t)^0$  durante el incremento de tiempo  $[t_s - \Delta t_r, t_s]$  y a los parámetros de entrada  $z$  y  $T_{REF}$ . Esto se lleva a cabo según la ecuación de letalidad descrita anteriormente, en la que  $t_s - \Delta t_r = t_m$ ,  $t_s = t_k$ ,  $T_{CS}(t)^0 = T_{CS}(t)$ , y  $F^0 = F$ .

En la etapa 154 de cada iteración, el programa de planificación del proceso 110 calcula la letalidad por calentamiento  $F^0$  prevista para su suministro durante el intervalo de tiempo de simulación actual  $[t_0, t_s]$ . Esto se lleva a cabo sumando la letalidad de calentamiento prevista  $F^0$  durante  $[t_s - \Delta t_r, t_s]$  de la etapa 153 a la letalidad por calentamiento  $F^0$  prevista durante el intervalo de tiempo de simulación anterior  $[t_0, t_s - \Delta t_r]$ . En la primera iteración, la letalidad  $F^0$  durante  $[t_0, t_s - \Delta t_r]$  es cero a partir de la etapa 150. En cada iteración siguiente, se calcula esta letalidad en la etapa 154 de la iteración anterior.

A continuación, en la etapa 155 de cada iteración, el programa de planificación del proceso 110 determina si la temperatura de retorta de la puesta en marcha planificada  $T_{uRT}(t_s)$  correspondiente en el instante de simulación actual  $t_s$  es la temperatura de retorta de tratamiento planificada  $T_{pRT}^0$ . Esta temperatura  $T_{uRT}(t_s)$  se obtiene a partir del gradiente de tiempo-temperatura de la puesta en marcha  $T_{uRT}(t)$ . Si las temperaturas  $T_{uRT}(t_s)$  y  $T_{pRT}^0$  no son iguales, a continuación el programa de planificación del proceso 110 regresa a la etapa 151 para la iteración siguiente. De esta manera, se repiten las etapas 151 a 155 en cada iteración siguiente hasta que se determina que las temperaturas  $T_{uRT}(t_s)$  y  $T_{pRT}^0$  son iguales. Cuando esto tiene lugar, el programa 110 define el instante final planificado de la puesta en marcha  $t_u^0$  como el instante de muestreo actual de la simulación  $t_s$  en la etapa 156. El programa 110 define también la parte de puesta en marcha del perfil total de tiempo-temperatura planificado  $T_{sRT}(t)^0$  como la parte del gradiente de tiempo-temperatura de la puesta en marcha  $T_{uRT}(t)$  entre las temperaturas de retorta de tratamiento planificadas  $T_{iRT}$  y  $T_{pRT}^0$  durante el intervalo de tiempo de puesta en marcha planificado  $[t_0, t_{u,0}]$ .

De manera alternativa, el instante final planificado de la puesta en marcha  $t_u^0$  puede estar definido directamente por el operario a partir del gradiente de tiempo-temperatura de la puesta en marcha  $T_{uRT}(t)$  utilizando la temperatura de retorta de tratamiento planificada  $T_{pRT}^0$ . El instante final planificado de la puesta en marcha  $t_u^0$  sería introducido como uno de los parámetros de entrada. A continuación, la determinación en la etapa 155 sería acerca de si este instante  $t_u^0$  y el instante de muestreo actual de la simulación  $t_s$  son iguales.

El programa de planificación del proceso 110 realiza de manera iterativa una simulación de la fase de tratamiento en las subetapas 157 a 162 de la etapa 127. Las etapas 157 a 161 son realizadas en cada iteración de la simulación de la fase de tratamiento. Además, las etapas 157 a 160 son respectivamente las mismas etapas 151 a 154, excepto en las diferencias que se describen a continuación.

En la etapa 158 de cada iteración, se simula la parte del perfil de tiempo-temperatura del punto frío del producto  $T_{CS}(t)^0$  que se ha previsto que tenga lugar durante el incremento del instante de simulación actual  $[t_s - \Delta t_r, t_s]$  en base a la temperatura de retorta de tratamiento planificada  $T_{pRT}^0$ . A continuación, se utiliza la temperatura  $T_{pRT}^0$  en la simulación en lugar de una temperatura de retorta de la puesta en marcha planificada  $T_{uRT}(t_s)$ . Debería observarse que, en la etapa 158 de la primera iteración, se obtiene la temperatura del punto frío del producto planificada  $T_{CS}(t_s - \Delta t_r)^0$  a partir del perfil  $T_{CS}(t)^0$  previsto durante el incremento de tiempo de simulación anterior  $[t_s - 2\Delta t_r, t_s - \Delta t_r]$  en la etapa 152 de la última iteración de la simulación de la fase de puesta en marcha. De manera similar, en la etapa 160 de la primera iteración, se calcula la letalidad por calentamiento  $F^0$  prevista durante el intervalo de tiempo de simulación anterior  $[t_0, t_s - \Delta t_r]$  en la etapa 154 de la última iteración de la simulación de la fase de puesta en marcha.

A continuación, en la etapa 161 de cada iteración, el programa de planificación del proceso 110 determina si la letalidad por calentamiento  $F^0$  prevista durante el intervalo de tiempo de simulación actual  $[t_0, t_s]$  es, por lo menos, igual a la letalidad por calentamiento objetivo  $F_{targh}$ . Si no lo es, a continuación el programa de planificación del proceso 110 regresa a la etapa 157 en la iteración siguiente. Como resultado, se repiten las etapas 157 a 161 en cada iteración siguiente hasta que se determina en la etapa 161 que la letalidad  $F^0$  durante el intervalo de tiempo de simulación actual  $[t_0, t_s]$  es, de hecho, por lo menos igual a la letalidad  $F_{targh}$ .

Cuando esto tiene lugar, el programa 110 define en la etapa 162 el instante final planificado del tratamiento  $t_p^0$  como el instante de muestreo actual de la simulación  $t_s$ . Como resultado, el programa 110 define además, en la etapa 162, la parte de tratamiento del perfil total de tiempo-temperatura planificado  $T_{sRT}(t)^0$  como la temperatura de retorta de tratamiento planificada  $T_{pRT}^0$  constante durante un intervalo de tiempo planificado de tratamiento  $(t_u^0, t_p^0]$ . El programa 110 define además, en la etapa 162, la letalidad por calentamiento  $F^0$  prevista durante el tiempo de calentamiento planificado  $[t_0, t_p^0]$  como la letalidad  $F^0$  prevista durante el intervalo de tiempo de simulación actual  $[t_0, t_s]$  en la etapa 160 de la última iteración. Finalmente, el programa 110 define en la etapa 162 la temperatura planificada del punto frío del producto  $T_{CS}(t_p^0)^0$  en el instante  $t_p^0$  como la temperatura del punto frío del producto  $T_{CS}(t_s)^0$  obtenida del perfil de tiempo-temperatura del punto frío del producto  $T_{CS}(t)^0$  simulado durante el incremento de tiempo  $[t_s - \Delta t_r, t_s]$  en la etapa 158 de la última iteración.

## ES 2 273 516 T3

A continuación, el programa de planificación del proceso 110 realiza de manera iterativa una simulación de la fase de enfriamiento en las subetapas 163 a 170 de la etapa 127. Las etapas 163 a 167 se realizan en cada iteración de la simulación de la fase de enfriamiento. Adicionalmente, las etapas 163 a 166 son, respectivamente, las mismas etapas 151 a 154 descritas anteriormente, excepto en algunas diferencias que se discuten a continuación.

5

En la etapa 164 de cada iteración, el programa de planificación del proceso 110 simula la parte del perfil planificado de tiempo-temperatura del punto frío del producto  $T_{CS}(t)^0$  previsto durante el incremento del instante de simulación actual  $[t_s - \Delta t_r, t_s]$ . Esta simulación se basa en los factores de enfriamiento  $j_c$  y  $f_c$  y en la temperatura de retorta de enfriamiento planificada  $T_{CRT}(t_s)$  en el instante de muestreo actual de la simulación  $t_s$ . La temperatura  $T_{CRT}(t_s)$  se obtiene del gradiente de tiempo-temperatura de enfriamiento planificado  $T_{CRT}(t)$ . Además, para la primera iteración, la temperatura del punto frío del producto  $T_{CS}(t_s - \Delta t_r)^0$  se obtiene a partir del perfil  $T_{CS}(t)^0$  previsto durante el incremento de tiempo de simulación anterior  $[t_s - 2\Delta t_r, t_s - \Delta t_r]$  en la etapa 158 de la última iteración de la simulación de la fase de tratamiento. En cada iteración siguiente, se obtiene la temperatura del punto frío del producto  $T_{CS}(t_s - \Delta t_r)^0$  a partir del perfil  $T_{CS}(t)^0$  previsto durante el incremento de tiempo de simulación anterior  $[t_s - 2\Delta t_r, t_s - \Delta t_r]$  en la etapa 164 de la iteración anterior.

15

En la etapa 165 de cada iteración, se calcula una letalidad de enfriamiento  $F^0$  prevista para su suministro al lote 101 durante el incremento del instante de simulación actual  $[t_s - \Delta t_r, t_s]$  por parte del programa de planificación del proceso 110. A continuación, en la etapa 166 de cada iteración, se calcula la letalidad total  $F^0$  prevista para su suministro durante el intervalo de tiempo de simulación actual  $[t_0, t_s]$ . Esto se lleva a cabo sumando la letalidad  $F^0$  prevista durante el incremento del instante de simulación actual  $[t_s - \Delta t_r, t_s]$  en la etapa 165 de la iteración a la letalidad  $F^0$  prevista durante el intervalo de tiempo de simulación anterior  $[t_0, t_s - \Delta t_r]$ . Para la primera iteración, se calcula la letalidad  $F^0$  durante  $[t_0, t_s - \Delta t_r]$  en la etapa 160 de la última iteración de la simulación de la fase de tratamiento. Sin embargo, en cada iteración siguiente, se calcula esta letalidad en la etapa 166 de la iteración anterior.

25

A continuación, en la etapa 167 de cada iteración, el programa de planificación del proceso 110 determina si la temperatura de retorta de enfriamiento planificada  $T_{CRT}(t_s)$  correspondiente en el instante de simulación actual  $t_s$  es la temperatura de retorta final  $T_{CRT}$  del gradiente de tiempo-temperatura de retorta de enfriamiento  $T_{CRT}(t)$ . Si no lo es, a continuación el programa de planificación del proceso 110 regresa a la etapa 163 en la iteración siguiente. De esta manera, se repiten las etapas 163 a 167 en cada iteración siguiente hasta que en la etapa 167 se determina que las temperaturas  $T_{ucRT}(t_s)$  y  $T_{CRT}$  son iguales.

30

Cuando esto tiene lugar finalmente, el programa de planificación del proceso 110 determina en la etapa 168 si la letalidad total  $F^0$  prevista durante el intervalo de tiempo de simulación actual  $[t_0, t_s]$  es, por lo menos, igual a la letalidad total objetivo  $F_{targtot}$ . Si lo es, a continuación el programa 110 define el instante final planificado del enfriamiento  $t_c^0$  como el tiempo  $t_s$  en la etapa 169. El programa 110 define además en la etapa 169 la parte de enfriamiento del perfil total de tiempo-temperatura planificado  $T_{SRT}(t)^0$  como la parte del gradiente  $T_{CRT}(t)$  entre las temperaturas de tratamiento y final planificadas  $T_{pRT}^0$  y  $T_{CRT}$  durante el intervalo de tiempo de enfriamiento planificado  $[t_p^0, t_c^0]$ .

35

Sin embargo, se puede determinar en la etapa 168 que la letalidad total  $F^0$  prevista durante el intervalo de tiempo de simulación actual  $[t_0, t_s]$  es, por lo menos, igual a la letalidad total objetivo  $F_{targtot}$ . En tal caso, el programa de planificación del proceso 110 restablece el instante de muestreo actual de la simulación  $t_s$  en la etapa 170 al instante final planificado del tratamiento  $t_p^0$  definido en la etapa 162. A la vista de esto, el programa 110 restablece también la letalidad  $F^0$  prevista durante el intervalo de tiempo de simulación  $[t_0, t_s]$  a la letalidad por calentamiento  $F^0$  durante el intervalo de tiempo de calentamiento planificado  $[t_0, t_p^0]$  definido en la etapa 162. Adicionalmente, el programa 110 restablece la temperatura del punto frío del producto  $T_{CS}(t_s)^0$  a la temperatura del punto frío del producto  $T_{CS}(t_p^0)^0$  definida en la etapa 162.

40

45

El programa de planificación del proceso 110 regresa a continuación a la etapa 157. Como resultado, se realizarán las etapas 157 a 161 en otra iteración en la fase de tratamiento y se redefinirá el instante final planificado del tratamiento  $t_p^0$  en la etapa 162. El instante final planificado del tratamiento redefinido será el definido previamente aumentado en la cantidad del periodo de muestreo  $\Delta t_r$ . A continuación, se simulará de nuevo la fase de enfriamiento completa de manera iterativa en las etapas 163 a 167, y se determinará en la etapa 168 si la letalidad  $F$  durante el intervalo de tiempo de simulación actual  $[t_0, t_s]$  es, por lo menos, igual a la letalidad total objetivo  $F_{targtot}$ . Si este no es el caso, a continuación el programa 110 regresa de nuevo a la etapa 157 y se repiten las etapas 157 a 168 hasta que se determina finalmente en la etapa 168 que la letalidad  $F$  prevista durante el intervalo de tiempo  $[t_0, t_s]$  no cumple la letalidad total objetivo  $F_{targtot}$ . Cuando esto tiene lugar, el programa 110 define la parte de enfriamiento del perfil total de tiempo-temperatura planificado  $T_{SRT}(t)^0$ , previsto durante el intervalo de tiempo de enfriamiento planificado  $[t_p^0, t_c^0]$  en la etapa 169 de la manera descrita anteriormente.

55

60

A continuación se utiliza el perfil total de tiempo-temperatura planificado  $T_{SRT}(t)^0$  para administrar el proceso de esterilización por lotes. Esto se realiza de la manera descrita anteriormente en la sección 2.a discutiendo el flujo del proceso completo del controlador 104.

65

### 2.c. Flujo Detallado del Proceso en la Etapa 139 de la Figura 6

La figura 10 muestra el flujo detallado del proceso que utiliza el programa de desviación de la temperatura 111 en la etapa 139 de la figura 6 en el instante de muestreo real actual  $t_r$  durante la  $n$ -ésima desviación de la temperatura. Tal

## ES 2 273 516 T3

como se ha indicado anteriormente, este programa calcula en la etapa 139 la letalidad replanificada  $F^1$  suministrada realmente durante el intervalo de tiempo expirado  $[t_0, t_r]$ .

En la subetapa 172 de la etapa 139, el programa 111 determina si el indicador de desviación está activado. Si no lo está, entonces esto significa que el instante de muestreo real actual  $t_r$  es el tiempo inicial de la desviación  $t_d^1$  de la primera desviación de la temperatura debido a que el contador de desviación está establecido en ese momento a uno. En tal caso, el programa 111 pasa a la etapa 173 y realiza de manera iterativa, en las subetapas 173 a 179 de la etapa 139, una simulación de la fase de puesta en marcha y de la parte de la fase de tratamiento administradas realmente hasta el instante  $t_r$ . Se realizan las etapas 174 a 178 en cada iteración de la simulación. Adicionalmente, las etapas 173 a 178 son, respectivamente, las mismas que las etapas 150 a 154 de la figura 9 y se discuten en la sección 2.b, excepto en las importantes diferencias que se describen a continuación.

En la etapa 173 y en las etapas 174 y 175 de cada iteración, se simulan y se utilizan la parte del perfil de tiempo-temperatura del punto frío del producto  $T_{CS}(t)^1$  que se ha producido realmente durante el incremento del instante de simulación actual  $[t_s - \Delta t_r, t_s]$  y una temperatura del punto frío del producto real  $T_{CS}(t_s - \Delta t_r)^1$  en el instante de muestreo de simulación anterior  $t_s - \Delta t_r$ . Se simula esta parte del perfil  $T_{CS}(t)^1$  durante el incremento de tiempo  $[t_s - \Delta t_r, t_s]$  en base a la temperatura de retorta real  $T_{aRT}(t_s)$  registrada en el instante de muestreo actual de la simulación  $t_s$ . Se obtiene la temperatura  $T_{aRT}(t_s)$  a partir del perfil de tiempo-temperatura de retorta real compilado  $T_{aRT}(t)$ . Adicionalmente, en las etapas 176 a 178 de cada iteración, se calculan y se utilizan las letalidades suministradas realmente  $F^0$  durante  $[t_s - \Delta t_r, t_s]$ ,  $F^0$  durante  $[t_0, t_s]$ , y  $F^0$  durante  $[t_0, t_s - \Delta t_r]$ .

En la etapa 178 de cada iteración, el programa de desviación de la temperatura 111 determina si el instante de muestreo actual de la simulación  $t_s$  ha alcanzado el instante de muestreo real actual  $t_r$ . Si no lo ha hecho, a continuación el programa regresa a la etapa 174 en la iteración siguiente. De esta manera, se repiten las etapas 174 a 178 en cada iteración siguiente hasta que se determina que los instantes  $t_s$  y  $t_r$  son iguales.

Cuando esto tiene lugar finalmente, el programa de desviación de la temperatura 111 define en la etapa 179 la letalidad por calentamiento  $F^1$  suministrada realmente durante el intervalo de tiempo expirado real  $[t_0, t_r]$  como la letalidad  $F^1$  calculada durante el intervalo de tiempo de simulación actual  $[t_0, t_s]$  en la etapa 177 de la última iteración. De manera similar, el programa define la temperatura real del punto frío del producto  $T_{CS}(t_r)^1$  en el instante  $t_r$  como la temperatura del punto frío del producto  $T_{CS}(t_s)^1$ . La temperatura  $T_{CS}(t_s)^1$  se obtiene de la parte del perfil de tiempo-temperatura del punto frío del producto  $T_{CS}(t)^1$  simulado durante el incremento de tiempo  $[t_s - \Delta t_r, t_s]$  en la etapa 175.

Sin embargo, se puede determinar en la etapa 172 que el indicador de desviación está activado. En tal caso, el instante de muestreo real actual  $t_r$  no es el tiempo inicial de la desviación  $t_d$  debido a que la desviación de la temperatura ya había comenzado. El programa de desviación de la temperatura 111 pasa a continuación a la etapa 180 donde establece el instante de muestreo actual de la simulación  $t_s$  al instante  $t_r$ . En la etapa 180, el programa establece además la letalidad  $F^1$  durante el intervalo de tiempo de simulación anterior  $[t_0, t_s - \Delta t_r]$  a la letalidad por calentamiento  $F^1$  suministrada realmente durante el intervalo de tiempo expirado real  $[t_0, t_r - \Delta t_r]$  definido en el instante de muestreo real anterior  $t_r - \Delta t_r$  en la etapa 179. A continuación, se realizan las etapas 175 a 179 de la manera que se acaba de discutir para definir la letalidad por calentamiento  $F^1$  suministrada realmente durante  $[t_0, t_r]$  y la temperatura real del punto frío del producto  $T_{CS}(t_r)^1$  en el instante  $t_r$ .

### 2.d. Flujo Detallado del Proceso en la Etapa 142 de la Figura 6

La figura 11 muestra el flujo detallado del proceso que utiliza el programa de desviación de la temperatura 111 en la etapa 142 de la figura 6 en el instante de muestreo real actual  $t_r$  durante la primera desviación de la temperatura. Tal como se ha indicado anteriormente, el programa 111 calcula en la etapa 142 la letalidad total  $F^1$  prevista para su suministro durante el intervalo de tiempo total replanificado  $[t_0, -t_r + \Delta t_c^1]$ .

Al hacer esto, el programa 111 realiza de manera iterativa en las subetapas 182 a 186 de la etapa 142 una simulación del inicio de la fase de enfriamiento en el instante  $t_r$  suponiendo que la fase de tratamiento ha finalizado. Las etapas 182 a 185 se realizan en cada iteración de la simulación de la fase de enfriamiento. Y, las etapas 182 a 186 son respectivamente las mismas que las etapas 163 a 167 de la figura 9 y se discuten en la sección 2.b, excepto en las notables diferencias que se describen a continuación.

En las etapas 182 y 183 de cada iteración, se simulan y se utilizan la parte del perfil de tiempo-temperatura del punto frío del producto  $T_{CS}(t)^1$  que se ha previsto que tenga lugar durante el incremento del instante de simulación actual  $[t_s - \Delta t_r, t_s]$  y una temperatura del punto frío del producto  $T_{CS}(t_s - \Delta t_r)^1$  prevista en el instante de muestreo de simulación anterior  $t_s - \Delta t_r$ . El perfil  $T_{CS}(t)^1$  durante el incremento de tiempo  $[t_s - \Delta t_r, t_s]$  se simula en base a la temperatura de retorta de enfriamiento replanificada  $T_{cRT}(t_s)$  en el instante de muestreo actual de la simulación  $t_s$ . La temperatura  $T_{cRT}(t_s)$  se obtiene del gradiente de tiempo-temperatura de enfriamiento planificado  $T_{cRT}(t)$ . Debido a que se supone que la fase de tratamiento ha finalizado en el instante  $t_r$ , el gradiente  $T_{cRT}(t)$  es desplazado para empezar en la temperatura de retorta de enfriamiento seleccionada  $T_{cRT}^1$  que está decalada respecto a la temperatura de retorta real  $T_{aRT}(t_r)$  en el instante  $t_r$ .

Adicionalmente, se calcula y se utiliza una letalidad de enfriamiento  $F^0$  prevista durante el incremento del instante de simulación actual  $[t_s - \Delta t_r, t_s]$  en las etapas 183 y 184 de cada iteración. Además, se calculan y se utilizan las

## ES 2 273 516 T3

letalidades previstas  $F^0$  durante  $[t_s - \Delta t_r, t_s]$ ,  $F^0$  durante  $[t_0, t_s]$  y  $F^0$  durante  $[t_0, t_s - \Delta t_r]$  en las etapas 182 a 184 de cada iteración.

En la etapa 185 de la última iteración, el programa de desviación de la temperatura 111 determina que la temperatura de retorta de enfriamiento planificada  $T_{cRT}(t_s)$  correspondiente en el instante de simulación actual  $t_s$  es la temperatura de retorta final  $T_{cRT}$ . A continuación, el programa establece, en la etapa 186, la letalidad total  $F^1$  prevista para su suministro durante el intervalo de tiempo total replanificado  $[t_0, -t_r + \Delta t_c^1]$  a la letalidad  $F^1$  calculada durante el intervalo de tiempo de simulación actual  $[t_0, t_s]$  en la etapa 184 de la última iteración. Tal como se ha mencionado anteriormente, la duración  $\Delta t_c^1$  cubre la parte del gradiente de tiempo-temperatura de enfriamiento  $T_{cRT}(t)$  que está entre las temperaturas de retorta final y de enfriamiento seleccionada  $T_{cRT}^3$  y  $T_{cRT}$ .

### 2.d. Flujo Detallado del Proceso en la Etapa 145 de la Figura 6

La figura 12 muestra el flujo detallado del proceso que utiliza el programa de desviación de la temperatura 111 en la etapa 145 de la figura 6, cuando el instante de muestreo real actual  $t_r$  es el tiempo final de la desviación  $t_c^1$  para la primera desviación de la temperatura. Tal como se ha indicado anteriormente, esto se realiza para definir el perfil de tiempo-temperatura restante replanificado  $T_{sRT}(t)^1$ .

El programa 109 realiza de manera iterativa en primer lugar una simulación de la parte restante de la fase de tratamiento en las subetapas 190 a 196 de la etapa 145 cuando la primera desviación de la temperatura desaparece en el tiempo final de la desviación  $t_c^1$ . En la etapa 190, el programa de desviación de la temperatura 111 establece el instante de muestreo actual de la simulación  $t_s$  al instante de muestreo real actual  $t_r$ . Además, el programa establece en la etapa 190 la letalidad  $F^1$  durante el intervalo de tiempo de simulación actual  $[t_0, t_s]$  a la letalidad por calentamiento  $F^1$  suministrada realmente durante el intervalo de tiempo expirado real  $[t_0, t_r]$ . La letalidad por calentamiento  $F^1$  durante  $[t_0, t_r]$  se define en la etapa 179 de la figura 10 y se discuten en la sección 2.c. De manera similar, el programa establece además, en la etapa 190, la temperatura del punto frío del producto  $T_{CS}(t_s)^1$  en el tiempo  $t_s$  a la temperatura real del punto frío del producto  $T_{CS}(t_r)^1$  en el instante  $t_r$ . Del mismo modo, la temperatura del punto frío del producto  $T_{CS}(t_r)^1$  se define en la etapa 179.

Se realizan las etapas 191 a 195 en cada iteración de la simulación de la parte restante de la fase de tratamiento. Además, las etapas 191 a 196 son respectivamente las mismas que las etapas 157 a 162 de la figura 9 y que se discuten en la sección 2.b, excepto en las diferencias que se indican a continuación.

En las etapas 192 a 193 de cada iteración, se calculan y se utilizan la parte del perfil de tiempo-temperatura del punto frío del producto  $T_{CS}(t)^1$  que se ha previsto que tenga lugar durante el incremento del instante de simulación actual  $[t_s - \Delta t_r, t_s]$  y una temperatura del punto frío del producto  $T_{CS}(t_s - \Delta t_r)^1$  prevista en el instante de muestreo de simulación anterior  $t_s - \Delta t_r$ . Adicionalmente, se calculan y se utilizan las letalidades previstas  $F^0$  durante  $[t_s - \Delta t_r, t_s]$ ,  $F^0$  durante  $[t_0, t_s]$  y  $F^0$  durante  $[t_0, t_s - \Delta t_r]$  en las etapas 193 a 195 de cada iteración.

En la etapa 195 de la última iteración, el programa de desviación de la temperatura 111 determina que la letalidad  $F^0$  prevista durante el intervalo de tiempo de simulación actual  $[t_0, t_s]$  cumple la letalidad por calentamiento objetivo  $F_{targh}$ . Cuando esto tiene lugar, el programa 111 define, en la etapa 196, el instante final del tratamiento replanificado  $t_p^1$ , la parte de tratamiento restante del perfil de tiempo-temperatura restante replanificado  $T_{sRT}(t)^1$  durante el intervalo de tiempo de tratamiento restante replanificado  $(t_c^1, t_p^1]$ , la letalidad por calentamiento  $F^0$  prevista para su suministro durante el intervalo de tiempo de calentamiento replanificado  $[t_0, t_p^1]$ , y la temperatura del punto frío del producto  $T_{CS}(t_p^1)^1$  prevista en el instante  $t_p^1$ . El perfil  $T_{sRT}(t)^1$  comprende una temperatura de retorta de tratamiento planificada  $T_{pRT}^0$  constante durante el intervalo de tiempo  $(t_c^1, t_p^1]$ .

El programa de desviación de la temperatura 111 realiza a continuación de manera iterativa una simulación de la fase de enfriamiento en las subetapas 197 a 204 de la etapa 145. Las etapas 197 a 201 se realizan en cada iteración de la simulación de la fase de enfriamiento. Y, las etapas 197 a 204 son respectivamente las mismas que las etapas 163 a 170 de la figura 9 y que se discuten en la sección 2.b, excepto en algunas diferencias que se indican a continuación.

En las etapas 198 y 199 de cada iteración, se simulan y se utilizan la parte del perfil de tiempo-temperatura del punto frío del producto  $T_{CS}(t)^1$  que se ha previsto que tenga lugar durante el incremento del instante de simulación actual  $[t_s - \Delta t_r, t_s]$  y una temperatura del punto frío del producto  $T_{CS}(t_s - \Delta t_r)^1$  prevista en el instante de muestreo de simulación anterior  $t_s - \Delta t_r$ . Adicionalmente, se calcula y se utiliza una letalidad de enfriamiento  $F^0$  prevista para su suministro durante el incremento del instante de simulación actual  $[t_s - \Delta t_r, t_s]$  en las etapas 199 y 200 de cada iteración. Adicionalmente, se calculan y se utilizan las letalidades previstas  $F^0$  durante  $[t_s - \Delta t_r, t_s]$ ,  $F^0$  durante  $[t_0, t_s]$  y  $F^0$  durante  $[t_0, t_s - \Delta t_r]$  en las etapas 198 a 200 de cada iteración.

Después de la etapa 201 de la última iteración, el programa de desviación de la temperatura 111 pasará a la etapa 203 si se determina en la etapa 202 que la letalidad total  $F^0$  prevista durante el intervalo de tiempo de simulación actual  $[t_0, t_s]$  no cumple la letalidad total objetivo  $F_{targtot}$ . A continuación, en la etapa 203, el programa define la parte de enfriamiento del perfil de tiempo-temperatura restante replanificado  $T_{sRT}(t)^1$  durante el intervalo de tiempo de enfriamiento replanificado  $[t_p^1, t_c^1]$ .

## ES 2 273 516 T3

Sin embargo, el programa de desviación de la temperatura 111 pasará a la etapa 204 si se determina en la etapa 202 que la letalidad total prevista  $F^0$  durante  $[t_0, t_s]$  no cumple la letalidad total objetivo  $F_{\text{targetot}}$ . En tal caso, el programa restablece, en la etapa 204, el instante de muestreo actual de la simulación  $t_s$  al instante final del tratamiento replanificado  $t_p^1$  definido en la etapa 195. El programa 111 restablece además en la etapa 204 la letalidad  $F^1$  durante  $[t_0, t_s]$  a la letalidad de calentamiento prevista  $F^1$  durante  $[t_0, t_p]$  definida en la etapa 195. Y, el programa restablece en la etapa 204 la temperatura del punto frío del producto  $T_{\text{CS}}(t_s)^1$  a la temperatura del punto frío del producto  $T_{\text{CS}}(t_p^1)^1$  definida en la etapa 195. A continuación, se repiten las etapas 191 a 204 hasta que el programa redefine la parte de tratamiento restante del perfil de tiempo-temperatura restante replanificado  $T_{\text{sRT}}(t)^1$  en la etapa 196 y define la parte de enfriamiento del perfil  $T_{\text{eRT}}^1$  en la etapa 203.

10

### 3. Formas de realización alternativas

Tal como se ha indicado anteriormente, la forma de realización del controlador 104 asociado a las figuras 6 a 12 y descrita en la sección 2 es únicamente una forma de realización indicada a título de ejemplo. Existen unas formas de realización alternativas que utilizan los principios y conceptos desarrollados en las figuras 6 a 12 y en la sección 2.

15

#### 3.a. Instante Final Planificado del Tratamiento $t_p^0$ Mantenido Constante

Por ejemplo, en una forma de realización, el instante final planificado del tratamiento  $t_p^0$  se mantiene constante, tal como se muestra en la figura 13. De esta manera, en esta forma de realización, la temperatura de retorta de tratamiento  $T_{\text{pRT}}^n$  planificada en respuesta a la n-ésima desviación de la temperatura será replanificada siempre que se produzca la (n+1)-ésima desviación de la temperatura mientras el intervalo de tiempo de tratamiento restante planificado  $[t_c^1, t_p^0]$  se mantiene igual.

20

Más específicamente, la parte de tratamiento restante del perfil de tiempo-temperatura restante replanificado  $T_{\text{pRT}}(t)^1$  se definirá como una temperatura de retorta de tratamiento replanificada  $T_{\text{pRT}}^1$  constante durante el intervalo de tiempo  $[t_c^1, t_p^0]$  para la primera desviación de la temperatura. El programa de control de proceso 109 detecta la primera desviación de la temperatura cuando la temperatura de retorta real  $T_{\text{aRT}}(t_d^1)$  en el tiempo inicial de la desviación  $t_d^1$  está por debajo de la temperatura de retorta de tratamiento planificada  $T_{\text{pRT}}^0$ . De manera similar a la etapa 138 de la figura 6, el programa de control de proceso 109 hará que los circuitos eléctricos de control 117 administren una corrección de la desviación de la temperatura para cada instante de muestreo real  $t_r$  durante la desviación. Sin embargo, en tal caso, la temperatura de retorta real  $T_{\text{aRT}}(t_r)$  es conducida hacia arriba hasta que desaparece la desviación entre el perfil  $T_{\text{aRT}}(t_r)$  y la parte de tratamiento restante del perfil  $T_{\text{pRT}}(t)^1$ . Esto se produce cuando la temperatura de retorta real  $T_{\text{aRT}}(t_c)$  en el instante final de la desviación  $t_c$  es, por lo menos, igual a la temperatura  $T_{\text{pRT}}^1$ .

25

Con el fin de definir la temperatura de retorta de tratamiento replanificada  $T_{\text{pRT}}^1$ , el programa de desviación de la temperatura 111 calcula, para cada instante  $t_r$  durante la desviación de la temperatura, la letalidad por calentamiento  $F^1$  prevista para su suministro durante el intervalo de tiempo de calentamiento planificado  $[t_0, t_p^0]$ . Esta es la suma de la letalidad por calentamiento  $F^1$  suministrada realmente durante el intervalo de tiempo expirado real  $[t_0, t_r]$  y la letalidad por calentamiento  $F^1$  prevista para su suministro durante el intervalo de tiempo de tratamiento restante planificado  $[t_r, t_p^0]$ . Además, este cálculo se realiza simulando la fase de tratamiento durante el intervalo de tiempo  $[t_0, t_p^0]$  de una manera similar a la descrita anteriormente para el intervalo de tiempo  $[t_0, t_p]$  en la etapa 145 de la figura 6. Sin embargo, en este caso, la letalidad  $F^1$  prevista durante el intervalo de tiempo  $[t_r, t_p^0]$  se calcula en base a la parte del perfil de tiempo-temperatura del punto frío del producto  $T_{\text{CS}}(t)^1$  que se prevé durante el intervalo de tiempo  $[t_r, t_p^0]$ . Esta simulación se realiza estableciendo la temperatura  $T_{\text{pRT}}^1$  a la  $T_{\text{aRT}}(t_r)$  en el instante  $t_r$ .

30

35

El cálculo que se acaba de describir se repite para cada instante de muestreo real  $t_r$  después del tiempo inicial de la desviación  $t_d^1$  hasta que la letalidad por calentamiento  $F^1$  prevista para su suministro durante el intervalo de tiempo  $[t_0, t_p^0]$  cumple la letalidad por calentamiento objetivo  $F_{\text{targetot}}$ . Cuando esto tiene lugar finalmente, el programa 111 calcula la letalidad total  $F^1$  prevista para su suministro durante el intervalo de tiempo total replanificado  $[t_0, t_c^1]$ . En este caso, la letalidad total prevista  $F^1$  durante  $[t_0, t_c^1]$  será la suma de la letalidad de calentamiento prevista  $F^1$  durante  $[t_0, t_p^0]$  y una letalidad de enfriamiento  $F^1$  prevista para su suministro durante un intervalo de tiempo de enfriamiento replanificado  $[t_p^0, t_c^1]$ . Este cálculo se realiza simulando la fase de enfriamiento durante el intervalo de tiempo  $[t_p^0, t_c^1]$  de una manera similar a la descrita anteriormente para la etapa 145 de la figura 6. En este caso, sin embargo, el gradiente de tiempo-temperatura de enfriamiento  $T_{\text{eRT}}(t)$  será desplazado para empezar en la temperatura de retorta de tratamiento restante replanificada  $T_{\text{pRT}}^1$ . Como resultado, la parte del perfil de tiempo-temperatura del punto frío del producto  $T_{\text{CS}}(t)^1$  que se ha previsto que tenga lugar durante el intervalo de tiempo  $[t_p^0, t_c^1]$  se basará en la parte del gradiente  $T_{\text{eRT}}(t)$  que está entre la temperatura  $T_{\text{pRT}}^1$  y la temperatura de retorta final  $T_{\text{eRT}}$  durante el intervalo de tiempo  $[t_p^0, t_c^1]$ .

40

45

50

55

60

65

Si la letalidad total prevista  $F^1$  durante  $[t_0, t_c^1]$  cumple la letalidad total objetivo  $F_{\text{targetot}}$ , a continuación se elimina la desviación de la temperatura. Sin embargo, si no es así, a continuación el programa de desviación de la temperatura 111 repite el proceso completo que se acaba de describir para el siguiente instante de muestreo real  $t_r + \Delta t_r$  hasta que la letalidad total objetivo  $F_{\text{targetot}}$  se cumple finalmente y se elimina la desviación. Cuando esto tiene lugar, el programa define la parte de tratamiento restante del perfil de tiempo-temperatura restante replanificado  $T_{\text{sRT}}(t)^1$  como la temperatura de retorta de tratamiento replanificada  $T_{\text{pRT}}^1$  durante el intervalo de tiempo de tratamiento restante planificado  $[t_c^1, t_p^0]$ . De manera similar, el programa define la parte de enfriamiento del perfil de tiempo-temperatura

## ES 2 273 516 T3

restante replanificado  $T_{sRT}(t)^1$  como la parte del gradiente  $T_{cRT}(t)$  entre la temperatura  $T_{pRT}^1$  y la temperatura de retorta final planificada  $T_{eRT}$  durante el intervalo de tiempo de enfriamiento replanificado  $[t_p^0, t_c^1]$ .

5 En relación a la figura 8, es asimismo posible en esta forma de realización que la fase de tratamiento finalice realmente en un instante de muestreo real actual  $t_r$  mientras la desviación de la temperatura todavía se está produciendo. En tal caso, el perfil de tiempo-temperatura restante replanificado  $T_{cRT}(t)^1$  se define de la misma manera que se ha descrito para la etapa 147 de la figura 6.

10 Los diagramas de flujo de las figuras 6 y 9 a 12 y los descritos en la sección 2 tendrían que ser ajustados por supuesto a la discusión anterior. Sin embargo, la manera en la que esto se realiza resultará evidente para los expertos en la materia.

### 3.b. Temperatura de Retorta de Tratamiento Restante Replanificada $T_{pRT}^1$ e Instante Final $t_p^1$

15 Como una variación de la forma de realización que se acaba de describir, la parte de tratamiento restante del perfil de tiempo-temperatura restante replanificado  $T_{pRT}(t)^1$  puede comprender una temperatura de retorta de tratamiento restante replanificada  $T_{pRT}^1$  durante un intervalo de tiempo de tratamiento restante replanificado  $[t_c^1, t_p^1]$ . Esta forma de realización sería por lo tanto una combinación de dos formas de realización descritas anteriormente. De esta manera, se pueden definir tanto un instante final del tratamiento replanificado  $t_p^1$  como una temperatura de retorta de tratamiento  
20 restante replanificada  $T_{pRT}^1$  cuando se produce la primera desviación de la temperatura. Lo mismo se cumpliría para cualquiera de las desviaciones posteriores.

### 3.c. Gestión de la Desviación de la Temperatura en la Fase de Puesta en Marcha

25 Es posible que se produzca una desviación de la temperatura durante la fase de puesta en marcha entre el perfil de tiempo-temperatura de retorta real  $T_{aRT}(t)$  y la parte de puesta en marcha del perfil total de tiempo-temperatura planificado  $T_{sRT}(t)^0$ . Existen numerosas técnicas bien conocidas para gestionar una desviación de la temperatura de este tipo. Sin embargo, tal como reconocerán los expertos en la materia, la técnica que se da a conocer en este caso para la gestión de una desviación de la temperatura durante la fase de tratamiento se puede utilizar en otra forma  
30 de realización del controlador 104 para gestionar también una desviación de la temperatura en la fase de puesta en marcha.

### 3.d. Utilizar una Parte del Perfil de Tiempo-Temperatura de Retorta Real $T_{aRT}(t)$

35 En la etapa 139 de la forma de realización descrita en la sección 2, la parte del perfil de tiempo-temperatura del punto frío del producto  $T_{CS}(t)^1$  que realmente se produce durante el intervalo de tiempo expirado real  $[t_0, t_r]$  se basa en el perfil de tiempo-temperatura de retorta real  $T_{aRT}(t)$  durante este mismo intervalo de tiempo. Sin embargo, se podría utilizar una forma de realización más prudente. Por ejemplo, la parte del perfil  $T_{CS}(t)^1$  durante el intervalo de tiempo  $[t_0, t_d^1]$  se puede basar en la parte del perfil total de tiempo-temperatura planificado  $T_{sRT}(t)$  durante el intervalo de  
40 tiempo planificado  $[t_0, t_d]$  antes de que comience la desviación. A continuación, la parte del perfil  $T_{CS}(t)^1$  durante el intervalo de tiempo  $[t_d^1, t_r]$  se puede basar en la parte del perfil  $T_{aRT}(t)$  durante este mismo intervalo de tiempo.

Esto significa que la parte del perfil replanificado de tiempo-temperatura del punto frío del producto  $T_{CS}(t)^1$  durante el intervalo de tiempo de desviación  $[t_d^1, t_c^1]$  se basará en la parte del perfil  $T_{aRT}(t)$  durante el mismo intervalo de  
45 tiempo. La parte restante del perfil  $T_{CS}(t)^1$  durante el intervalo de tiempo restante  $[t_c^1, t_r]$  será simulado de la manera descrita anteriormente para la etapa 145.

### 3.e. Sin Letalidad Objetivo de Calentamiento $F_{targh}$

50 Tal como se ha mencionado anteriormente, la letalidad objetivo de Calentamiento  $F_{targh}$  puede ser un requisito opcional en el sistema de esterilización por lotes 100. De esta manera, en otra forma de realización, únicamente se utilizaría la letalidad total objetivo  $F_{targtot}$  y los diagramas de flujo de las figuras 6 y 9 a 12 tendrían que ser ajustados según lo anterior.

55 3.f. Gradientes de Temperatura en las Partes de Tratamiento y Tratamiento Restante de los Perfiles de Tiempo-Temperatura Total Planificado y Restante Replanificado  $T_{sRT}(t)^0$  y  $T_{sRT}(t)^1$

Finalmente, los perfiles de tiempo-temperatura total planificado y restante replanificado  $T_{sRT}(t)^0$  y  $T_{sRT}(t)^1$  se definieron en las etapas 127 y 145 con unas temperaturas de retorta de tratamiento restantes replanificadas y planificadas  
60  $T_{pRT}(t)^0$  y  $T_{pRT}(t)^1$  que son constantes durante los intervalos de tiempo restantes planificado y replanificado  $[t_u^0, t_d^0]$  y  $[t_e^1, t_d^1]$ , respectivamente. Sin embargo, tal como reconocerán los expertos en la materia, los perfiles  $T_{sRT}(t)^0$  y  $T_{sRT}(t)^1$  se pueden definir también de una manera como para que no sean constantes durante los intervalos de tiempo  $[t_u^0, t_d^0]$  y  $[t_e^1, t_d^1]$ . Es decir, los perfiles  $T_{sRT}(t)^0$  y  $T_{sRT}(t)^1$  se pueden definir de una manera como para que sus partes de  
65 tratamiento y de tratamiento restantes respectivas presenten unos gradientes de temperatura durante los  $[t_u^0, t_d^0]$  y  $[t_e^1, t_d^1]$  como sus partes de puesta en marcha y de enfriamiento.

4. *Conclusión*

5 En relación a las figuras 7 y 13, es importante observar que la parte del perfil de tiempo-temperatura del punto frío del producto  $T_{CS}(t)^1$  que realmente se produce durante el intervalo de tiempo  $[t_0, t_e^1)$  se basa en, por lo menos, la parte del perfil de tiempo-temperatura de retorta real  $T_{aRT}(t)$  que se produce durante el intervalo de tiempo de desviación  $[t_d^1, t_e^1)$ . Esto significa que se le da credibilidad total a la letalidad por calentamiento  $F^1$  que se suministra realmente durante este intervalo de tiempo  $[t_0, t_e^1)$  al lote 101. Como resultado, el intervalo de tiempo de calentamiento replanificado  $[t_0, t_p^1]$  no será demasiado prudente y el producto alimenticio en el lote no será tratado en exceso.

10 Mientras que la presente invención se ha descrito en relación a algunas formas de realización específicas, la descripción es representativa de la invención y no debe ser tomada a título limitativo de la invención. Pueden tener lugar diferentes modificaciones según los expertos en la materia sin apartarse por ello de la verdadera esencia y del alcance de la invención tal como se define en las reivindicaciones adjuntas.

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

REIVINDICACIONES

1. Sistema de esterilización por lotes que comprende:

5 un esterilizador por lotes para realizar un proceso de esterilización por lotes sobre un lote de recipientes;

un detector para detectar unas temperaturas de retorta reales en el esterilizador por lotes durante el proceso de esterilización por lotes; y

10 un controlador para:

compilar un perfil de tiempo-temperatura de retorta real durante el proceso de esterilización por lotes a partir de las temperaturas de retorta reales detectadas por el detector;

15 hasta que una desviación de la temperatura entre el perfil de tiempo-temperatura de retorta real y un perfil de tiempo-temperatura planificado haya comenzado, controlar el esterilizador por lotes para administrar una parte inicial del proceso de esterilización por lotes antes de que la desviación de la temperatura haya comenzado según el perfil de tiempo-temperatura planificado;

20 en respuesta a la desviación de la temperatura, definir un perfil de tiempo-temperatura restante replanificado para una parte restante del proceso de esterilización por lotes que comienza cuando la desviación de la temperatura desaparece, mediante la simulación del proceso de esterilización por lotes en base a, por lo menos, la parte del perfil de tiempo-temperatura de retorta real compilada durante un intervalo de tiempo de desviación desde el momento en que comienza la desviación de la temperatura hasta el momento en que la desviación de la temperatura desaparece;

25 durante la desviación de la temperatura, controlar el esterilizador por lotes para administrar correcciones para eliminar la desviación de la temperatura entre los perfiles de tiempo-temperatura de tratamiento restantes de retorta real y replanificado;

30 cuando la desviación de la temperatura desaparece, administrar la parte restante del proceso de esterilización por lotes según el perfil de tiempo-temperatura restante replanificado.

35 2. Sistema de esterilización por lotes según la reivindicación 1, en el que la desviación de la temperatura se produce durante una fase de tratamiento del proceso de esterilización por lotes.

3. Sistema de esterilización por lotes según la reivindicación 1, en el que la desviación de la temperatura se produce durante una fase de puesta en marcha del proceso de esterilización por lotes.

40 4. Sistema de esterilización por lotes según la reivindicación 1, en el que el lote de recipientes presenta un punto frío del producto y el controlador define el perfil de tiempo-temperatura restante replanificado mediante:

45 el cálculo de una letalidad total prevista para su suministro en el punto frío del producto durante el proceso de esterilización por lotes que (a) se basa en un perfil de tiempo-temperatura del punto frío del producto, y (b) cumple una letalidad objetivo que se debe suministrar en el punto frío del producto;

la simulación del perfil de tiempo-temperatura del punto frío del producto en base a, por lo menos, la parte del perfil de temperatura de retorta real durante el intervalo de tiempo de desviación y el perfil de tiempo-temperatura restante replanificado.

50 5. Sistema de esterilización por lotes según la reivindicación 4, en el que el controlador utiliza un modelo de simulación de diferencias finitas para simular el perfil de tiempo-temperatura del punto frío del producto.

55 6. Sistema de esterilización por lotes según la reivindicación 4, en el que la letalidad total es la suma de (a) una letalidad realmente suministrada durante un intervalo de tiempo real desde el momento en que comienza el proceso de esterilización por lotes hasta el momento en que la desviación de la temperatura desaparece, y (b) una letalidad prevista para su suministro durante un intervalo de tiempo restante desde el momento en que la desviación de la temperatura desaparece hasta el momento en el que está previsto que finalice el proceso de esterilización por lotes.

60 7. Sistema de esterilización por lotes según la reivindicación 6, en el que:

la letalidad realmente suministrada durante el primer intervalo de tiempo se basa en la parte del perfil de tiempo-temperatura del punto frío del producto durante el intervalo de tiempo real;

65 la parte del perfil de tiempo-temperatura del punto frío del producto durante el intervalo de tiempo real se basa en la parte del perfil de temperatura de retorta real durante el intervalo de tiempo de desviación y la parte del perfil de tiempo-temperatura planificado durante un intervalo de tiempo previo a la desviación desde el momento en que comienza el proceso de esterilización por lotes y el momento en que comienza la desviación de la temperatura.

## ES 2 273 516 T3

8. Sistema de esterilización por lotes según la reivindicación 6, en el que:

la letalidad realmente suministrada durante el intervalo de tiempo real se basa en la parte del perfil de tiempo-temperatura del punto frío del producto durante el intervalo de tiempo real;

5

la parte del perfil de tiempo-temperatura del punto frío del producto durante el intervalo de tiempo real se basa en la parte del perfil de temperatura de retorta real durante el intervalo de tiempo real.

9. Procedimiento para administrar y proporcionar corrección en línea de un proceso de esterilización por lotes realizado sobre un lote de recipientes, comprendiendo el procedimiento las etapas siguientes:

10

compilar un perfil de tiempo-temperatura de retorta real durante el proceso de esterilización por lotes a partir de las temperaturas de retorta reales detectadas durante el proceso de esterilización por lotes;

15

hasta que haya comenzado una desviación de la temperatura entre el perfil de temperatura de retorta real y un perfil de tiempo-temperatura planificado, administrar una parte inicial del proceso de esterilización por lotes antes de haya comenzado la desviación de la temperatura según el perfil de tiempo-temperatura planificado;

20

en respuesta a la desviación de la temperatura, definir un perfil de tiempo-temperatura restante replanificado para una parte restante del proceso de esterilización por lotes que comienza en el momento en que la desviación de la temperatura desaparece simulando el proceso de esterilización por lotes en base a, por lo menos, una parte del perfil de tiempo-temperatura de retorta real compilada durante un intervalo de tiempo de desviación desde el momento en que comienza la desviación de la temperatura hasta el momento en que la desviación de la temperatura desaparece;

25

durante la desviación de la temperatura, administrar unas correcciones para eliminar la desviación de la temperatura entre los perfiles de tiempo-temperatura restantes de retorta real y replanificado;

en el momento en que la corrección de la desviación de la temperatura, administrar la parte restante del proceso de esterilización por lotes según el perfil de tiempo-temperatura restante replanificado.

30

10. Procedimiento según la reivindicación 9, en el que la desviación de la temperatura se produce durante una fase de tratamiento del proceso de esterilización por lotes.

35

11. Procedimiento según la reivindicación 9, en el que la desviación de la temperatura se produce durante una fase de puesta en marcha del proceso de esterilización por lotes.

12. Procedimiento según la reivindicación 9, en el que el lote de recipientes presenta un punto frío del producto y la etapa de definición del perfil de tiempo-temperatura restante replanificado comprende las etapas siguientes:

40

calcular una letalidad total prevista para su suministro en el punto frío del producto durante el proceso de esterilización por lotes que (a) se basa en un perfil de tiempo-temperatura del punto frío del producto, y (b) cumple una letalidad objetivo que se debe suministrar en el punto frío del producto; y

45

simular el perfil de tiempo-temperatura del punto frío del producto en base a, por lo menos, la parte del perfil de temperatura de retorta real durante el intervalo de tiempo de desviación y el perfil de tiempo-temperatura restante replanificado.

13. Procedimiento según la reivindicación 12, en el que se utiliza un modelo de simulación de diferencias finitas en la etapa de simulación del perfil de tiempo-temperatura del punto frío del producto.

50

14. Procedimiento según la reivindicación 12, en el que la letalidad total es la suma de (a) una letalidad realmente suministrada durante un intervalo de tiempo real desde el momento en que comienza el proceso de esterilización por lotes hasta el momento en que la desviación de la temperatura desaparece, y (b) una letalidad prevista para su suministro durante un intervalo de tiempo restante desde el momento en que la desviación de la temperatura desaparece hasta el momento en el que está previsto que finalice el proceso de esterilización por lotes.

55

15. Procedimiento según la reivindicación 14, en el que:

la letalidad realmente suministrada durante el intervalo de tiempo real se basa en la parte del perfil de tiempo-temperatura del punto frío del producto durante el intervalo de tiempo real;

60

la parte del perfil de tiempo-temperatura del punto frío del producto durante el intervalo de tiempo real se basa en la parte del perfil de temperatura de retorta real durante el intervalo de tiempo real y la parte del perfil de tiempo-temperatura planificado durante un intervalo de tiempo previo a la desviación, desde el momento en que comienza el proceso de esterilización por lotes y hasta el momento en que comienza la desviación de la temperatura.

65

16. Procedimiento según la reivindicación 14, en el que:

## ES 2 273 516 T3

la letalidad realmente suministrada durante el intervalo de tiempo real se basa en la parte del perfil de tiempo-temperatura del punto frío del producto durante el intervalo de tiempo real;

5 la parte del perfil de tiempo-temperatura del punto frío del producto durante el intervalo de tiempo real se basa en la parte del perfil de temperatura de retorta real durante el intervalo de tiempo real;

10 17. Controlador para su utilización en un sistema de esterilización por lotes, comprendiendo el sistema de esterilización por lotes un esterilizador por lotes para realizar un proceso de esterilización por lotes sobre un lote de recipientes y un detector para detectar unas temperaturas de retorta reales en el esterilizador por lotes durante el proceso de esterilización por lotes, comprendiendo el controlador:

unos circuitos eléctricos de control para administrar el proceso de esterilización por lotes controlando el esterilizador por lotes y midiendo las temperaturas de retorta reales detectadas por el detector;

15 una memoria para almacenar un programa de control de proceso y un programa de desviación de la temperatura; y

un microprocesador acoplado a los circuitos eléctricos de control y a la memoria para ejecutar los programas de control de proceso y de desviación de la temperatura de tal manera que:

20 el programa de control de proceso:

compila un perfil de tiempo-temperatura de retorta real durante el proceso de esterilización por lotes a partir de las temperaturas de retorta reales medidas por los circuitos eléctricos de control;

25 hasta que una desviación de la temperatura entre el tiempo-temperatura de retorta real y un perfil de tiempo-temperatura planificado haya comenzado, hace que los circuitos eléctricos de control administren una parte inicial del proceso de esterilización por lotes antes de que la desviación de la temperatura haya comenzado según el perfil de tiempo-temperatura planificado;

30 durante la desviación de la temperatura, hace que los circuitos eléctricos de control administren unas correcciones para eliminar la desviación de la temperatura entre el perfil de tiempo-temperatura de retorta real y un perfil de tiempo-temperatura restante replanificado para una parte restante del proceso de esterilización por lotes que comienza cuando la desviación de la temperatura ha desaparecido; y

35 cuando la desviación de la temperatura ha desaparecido, hace que los circuitos eléctricos de control administren la parte restante del proceso de esterilización por lotes según el perfil de tiempo-temperatura restante replanificado; y

40 el programa de desviación de la temperatura, en respuesta a la desviación de la temperatura, define el perfil de tiempo-temperatura restante replanificado mediante la simulación del proceso de esterilización por lotes en base a, por lo menos, una parte del perfil de tiempo-temperatura de retorta real compilada durante un intervalo de tiempo de desviación desde el momento en que comienza la desviación de la temperatura hasta el momento en que la desviación de la temperatura desaparece.

45 18. Controlador según la reivindicación 17, en el que la desviación de la temperatura se produce durante una fase de tratamiento del proceso de esterilización por lotes.

19. Controlador según la reivindicación 17, en el que la desviación de la temperatura se produce durante una fase de puesta en marcha del proceso de esterilización por lotes.

50 20. Controlador según la reivindicación 17, en el que el lote de recipientes presenta un punto frío del producto y el programa de desviación de la temperatura define el perfil de tiempo-temperatura restante replanificado mediante:

55 el cálculo de una letalidad total prevista para su suministro en el punto frío del producto durante el proceso de esterilización por lotes que (a) se basa en un perfil de tiempo-temperatura del punto frío del producto, y (b) cumple una letalidad objetivo que se debe suministrar en el punto frío del producto;

60 la simulación del perfil de tiempo-temperatura del punto frío del producto en base a, por lo menos, la parte del perfil de temperatura de retorta real durante el intervalo de tiempo de desviación y el perfil de tiempo-temperatura restante replanificado.

21. Controlador según la reivindicación 20, en el que el programa de desviación de la temperatura utiliza un modelo de simulación de diferencias finitas para simular el perfil de tiempo-temperatura del punto frío del producto.

65 22. Controlador según la reivindicación 20, en el que la letalidad total es la suma de (a) una letalidad realmente suministrada durante un intervalo de tiempo real desde el momento en que comienza el proceso de esterilización por lotes hasta el momento en que la desviación de la temperatura desaparece, y (b) una letalidad prevista para su suministro durante un intervalo de tiempo restante desde el momento en que la desviación de la temperatura desaparece hasta el momento en el que está previsto que finalice el proceso de esterilización por lotes.

## ES 2 273 516 T3

23. Controlador según la reivindicación 22, en el que:

la letalidad realmente suministrada durante el primer intervalo de tiempo se basa en la parte del perfil de tiempo-temperatura del punto frío del producto durante el intervalo de tiempo real;

5

la parte del perfil de tiempo-temperatura del punto frío del producto durante el intervalo de tiempo real se basa en la parte del perfil de temperatura de retorta real durante el intervalo de tiempo de desviación y la parte del perfil de tiempo-temperatura planificado durante un intervalo de tiempo previo a la desviación desde el momento en que comienza el proceso de esterilización por lotes y el momento en que comienza la desviación de la temperatura.

10

24. Controlador según la reivindicación 22, en el que:

la letalidad realmente suministrada durante el intervalo de tiempo real se basa en la parte del perfil de tiempo-temperatura del punto frío del producto durante el intervalo de tiempo real;

15

la parte del perfil de tiempo-temperatura del punto frío del producto durante el intervalo de tiempo real se basa en la parte del perfil de temperatura de retorta real durante el intervalo de tiempo real.

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

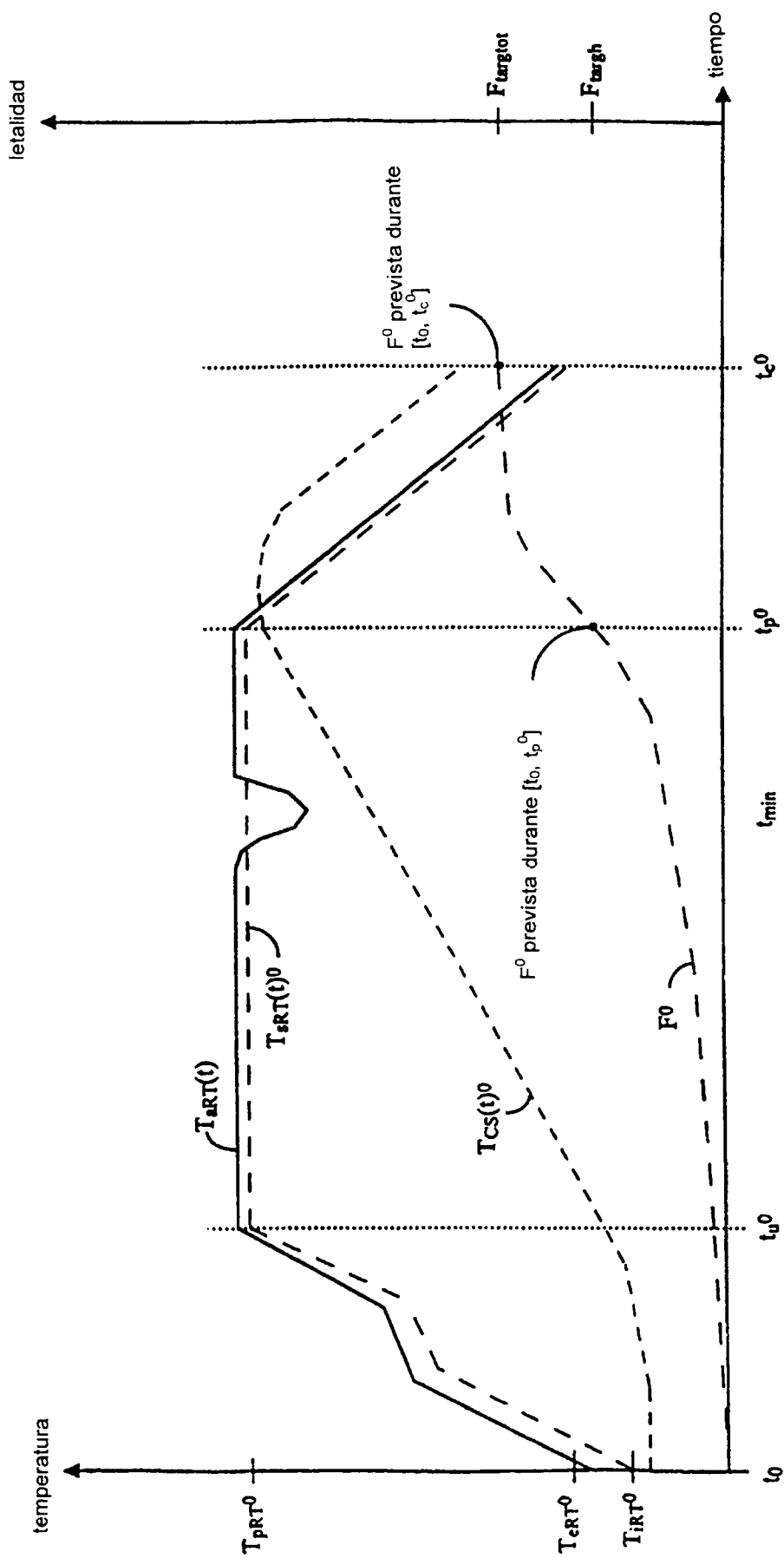


Fig. 1 (Técnica Anterior)

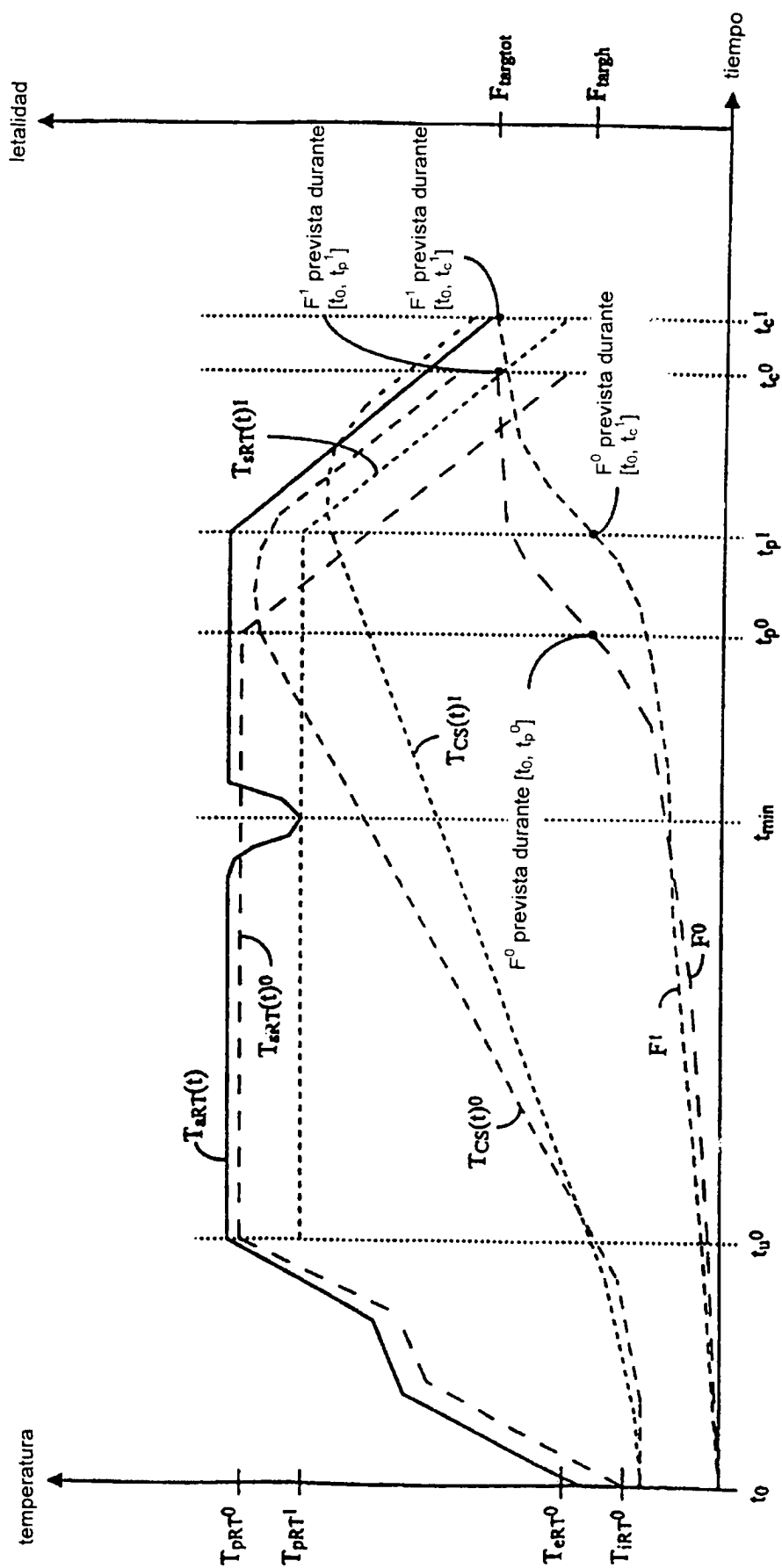


Fig. 2 (Técnica Anterior)

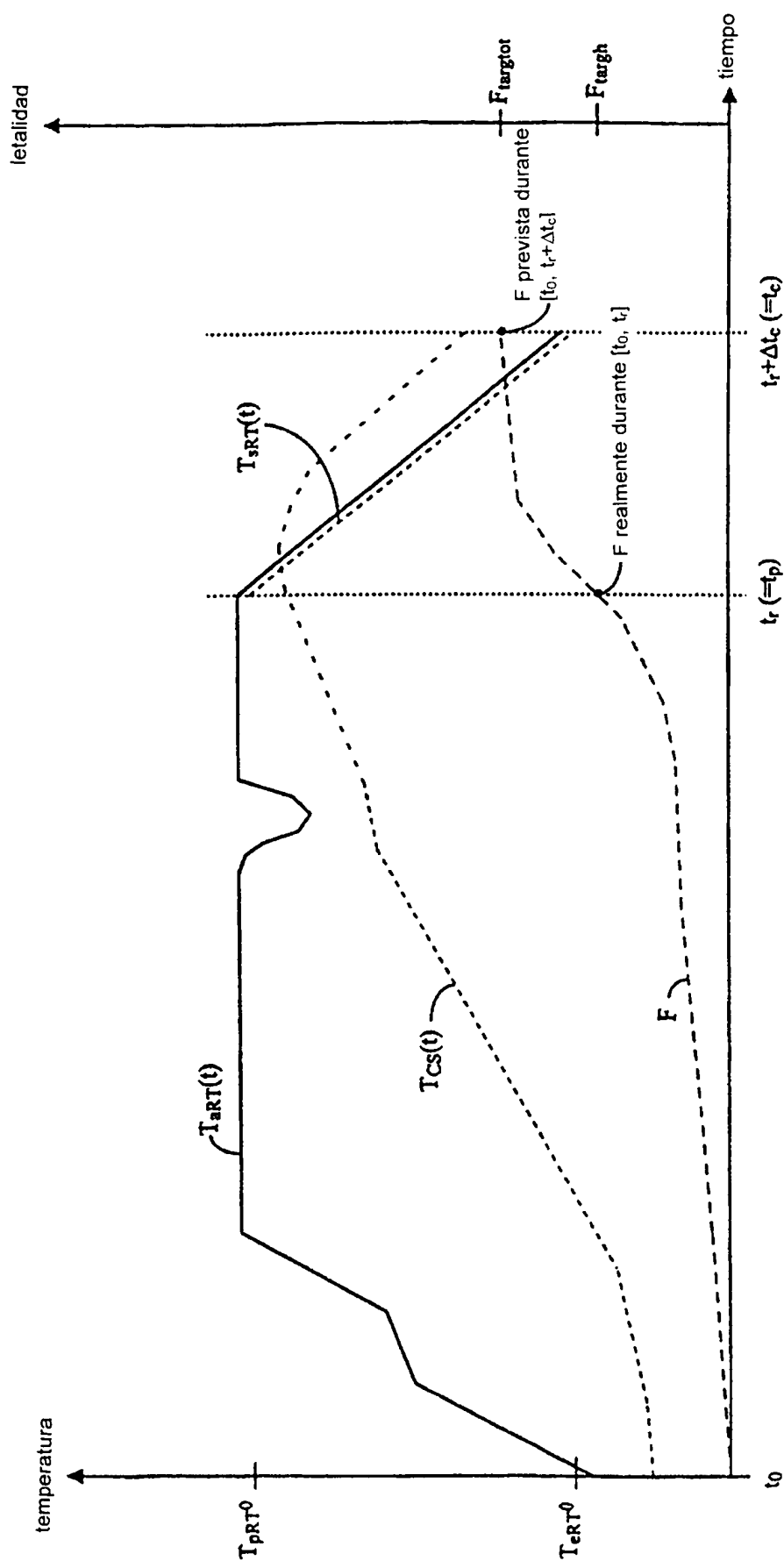


Fig. 3 (Técnica Anterior)

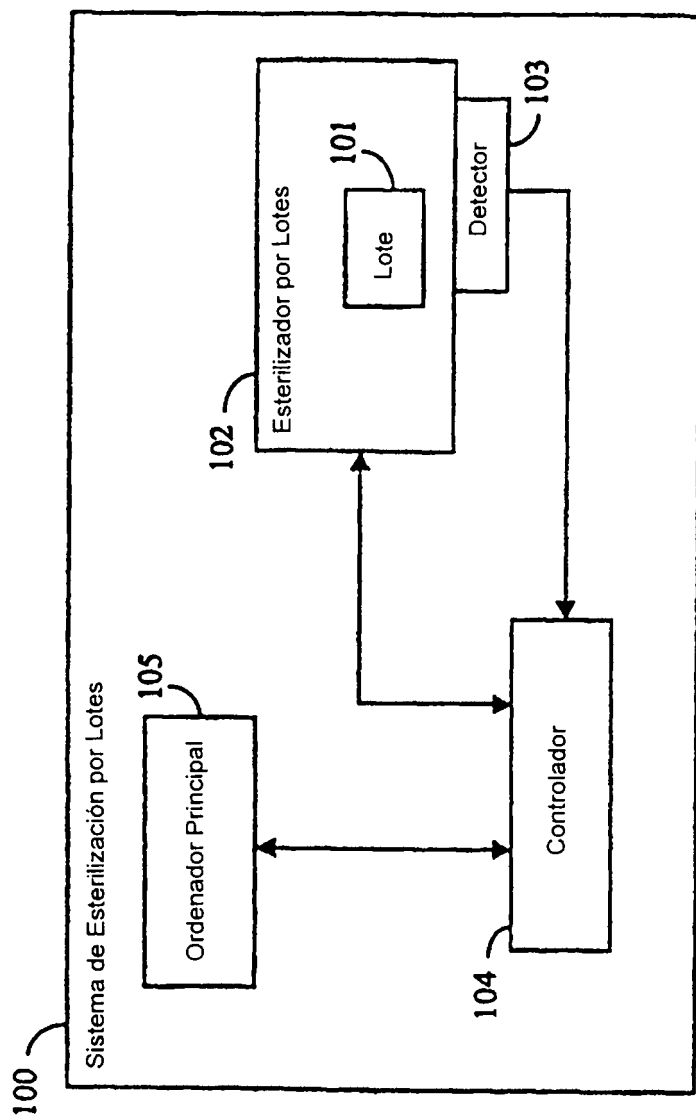


Fig. 4

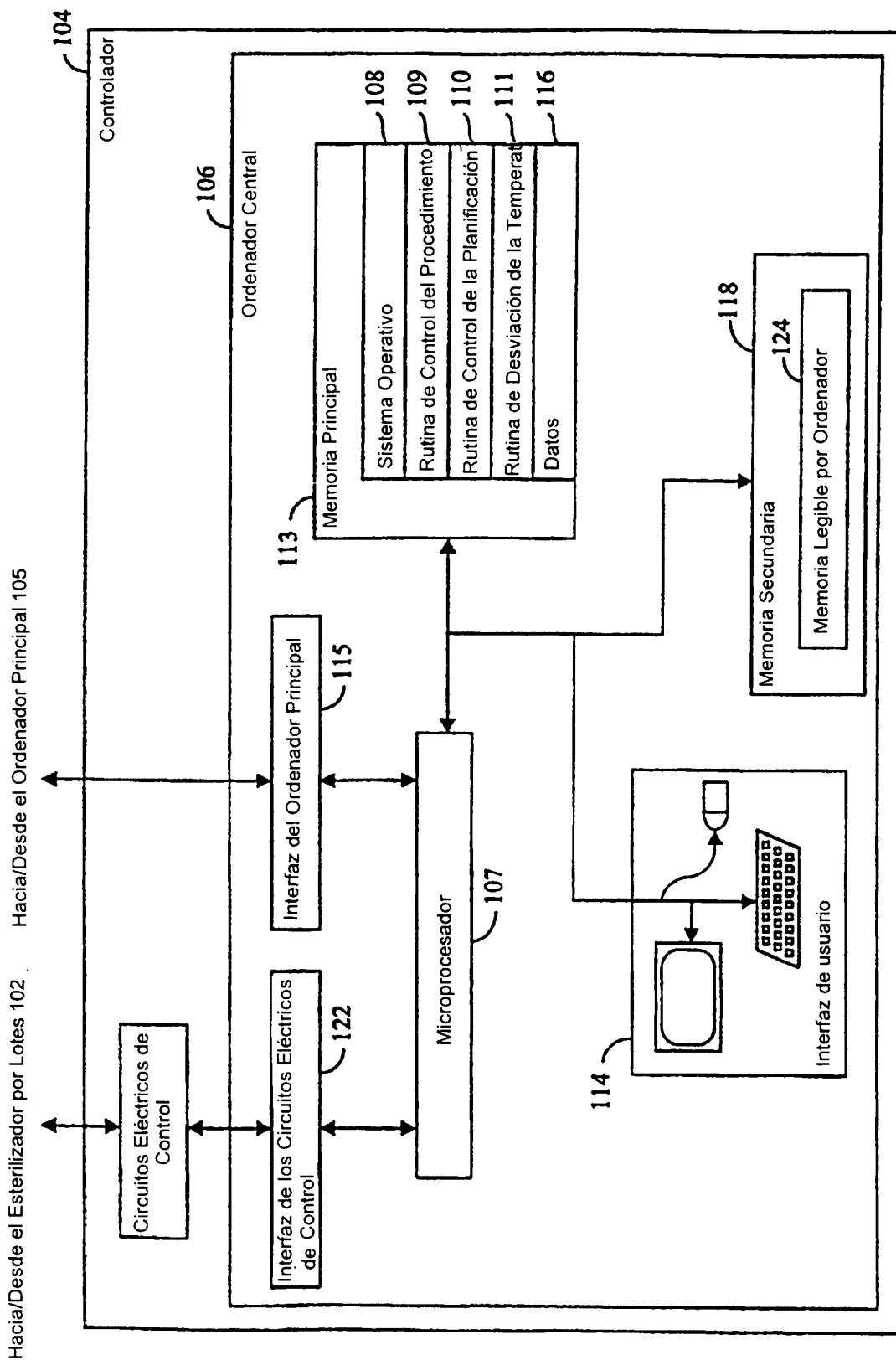


Fig. 5

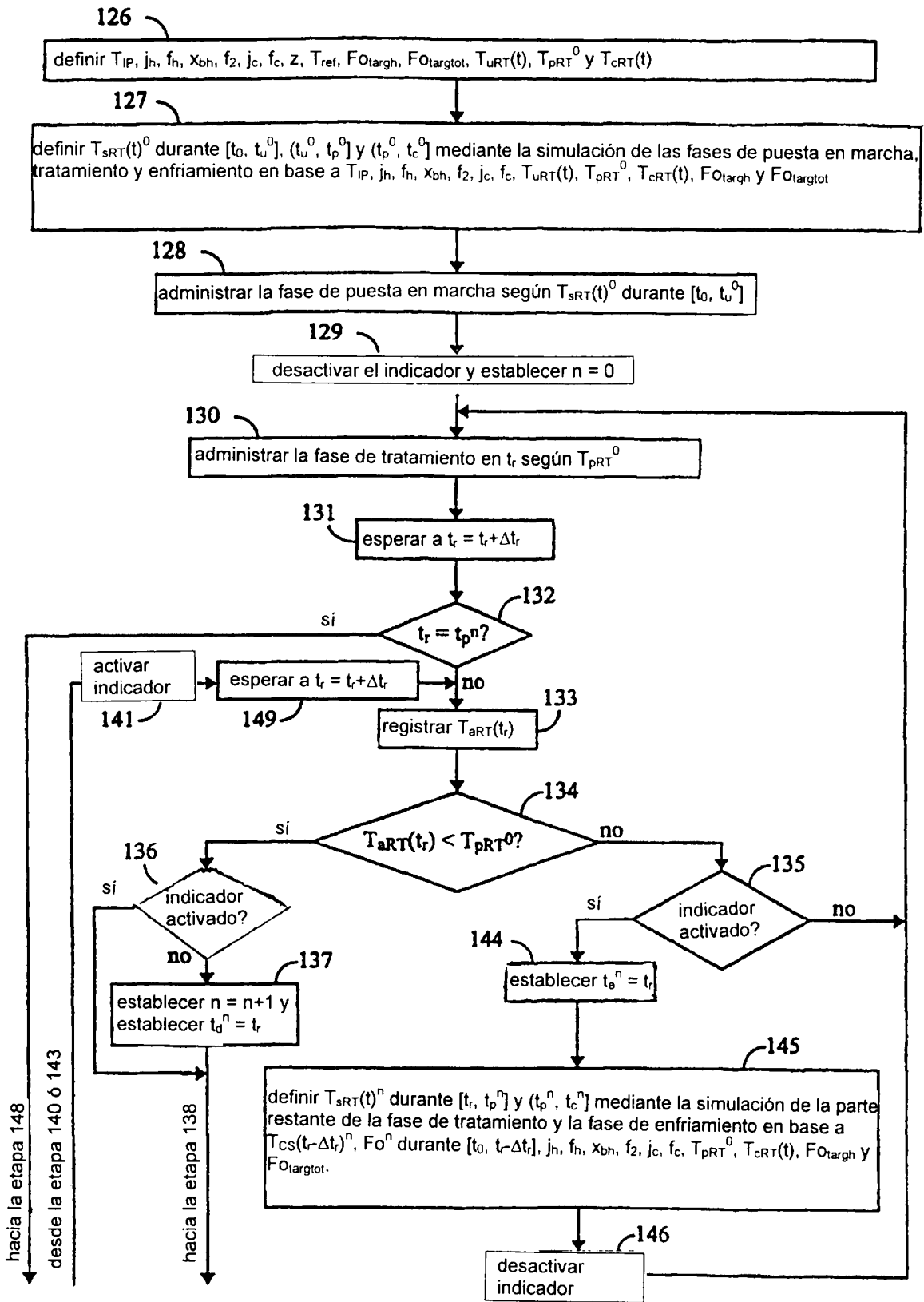


Fig. 6a

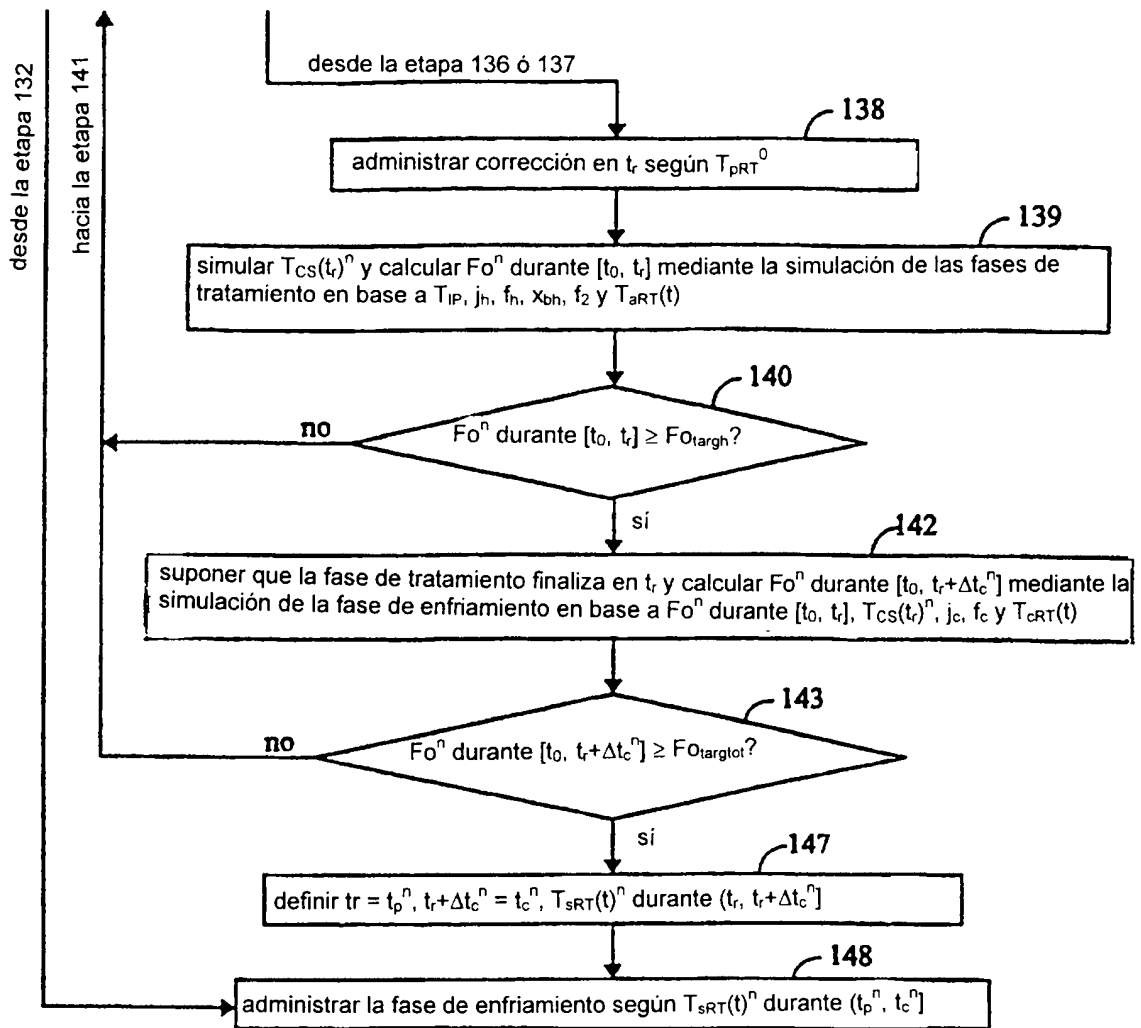


Fig. 6b

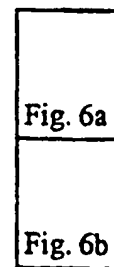


Fig. 6

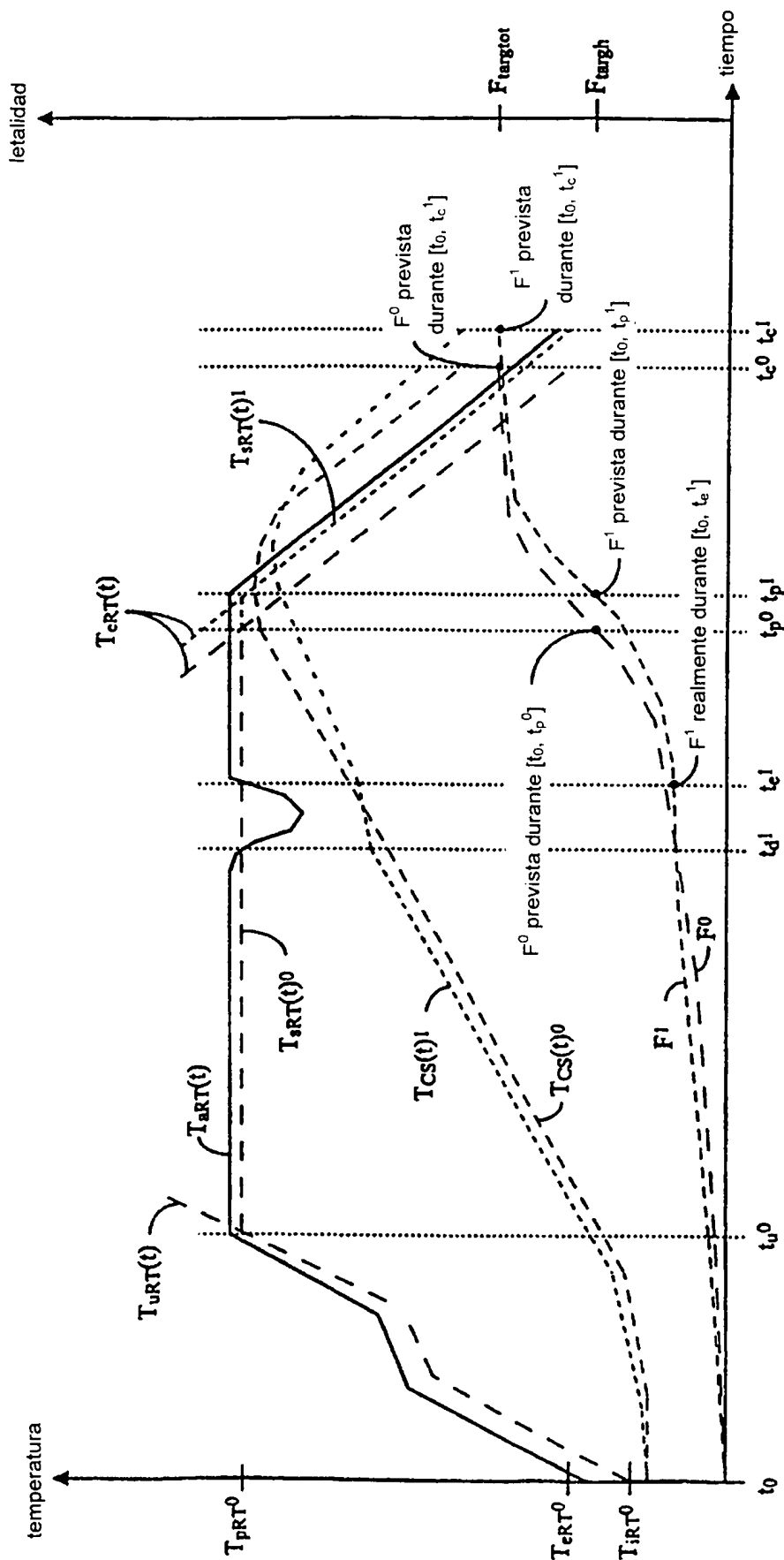


Fig. 7

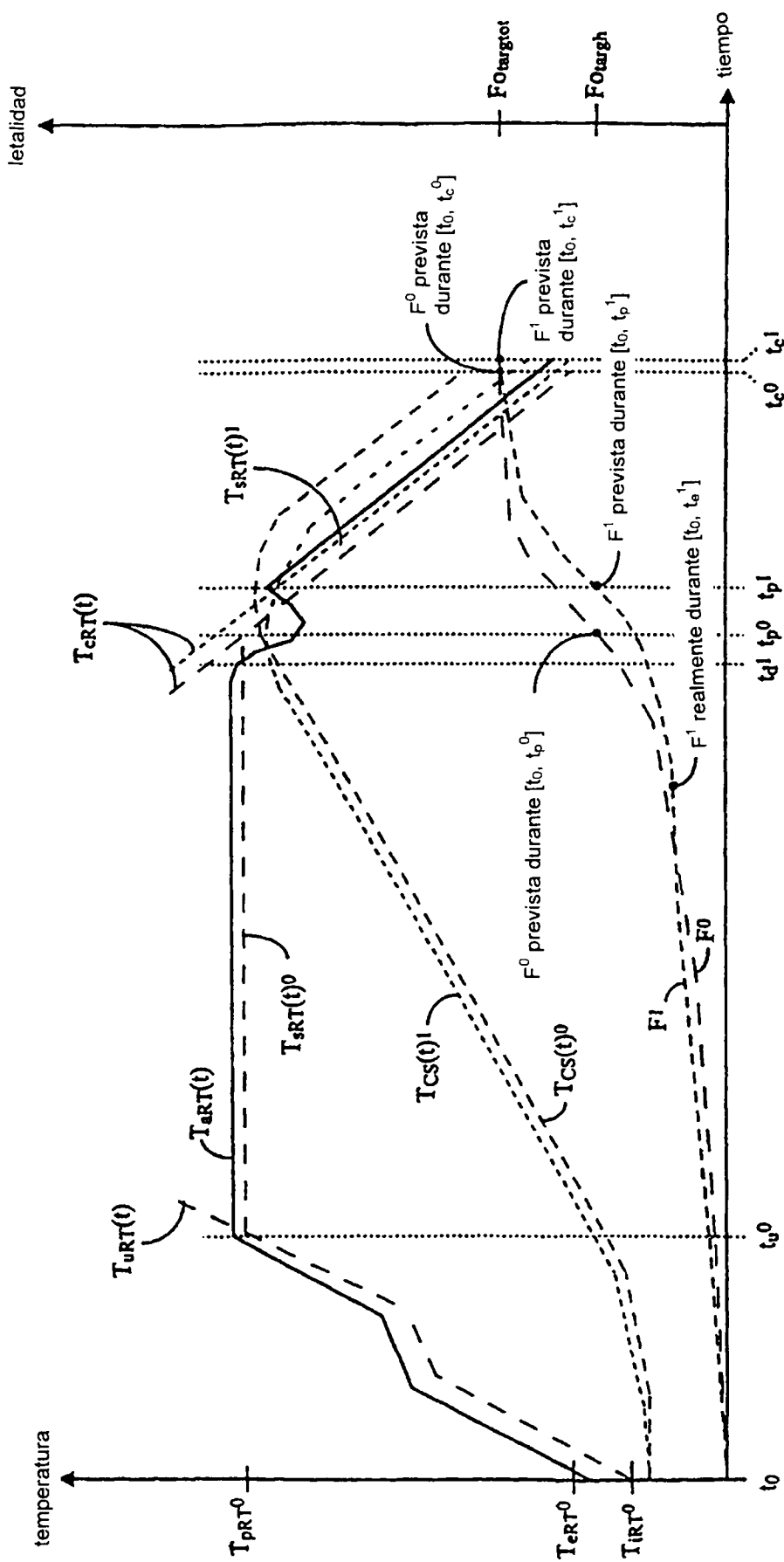


Fig. 8

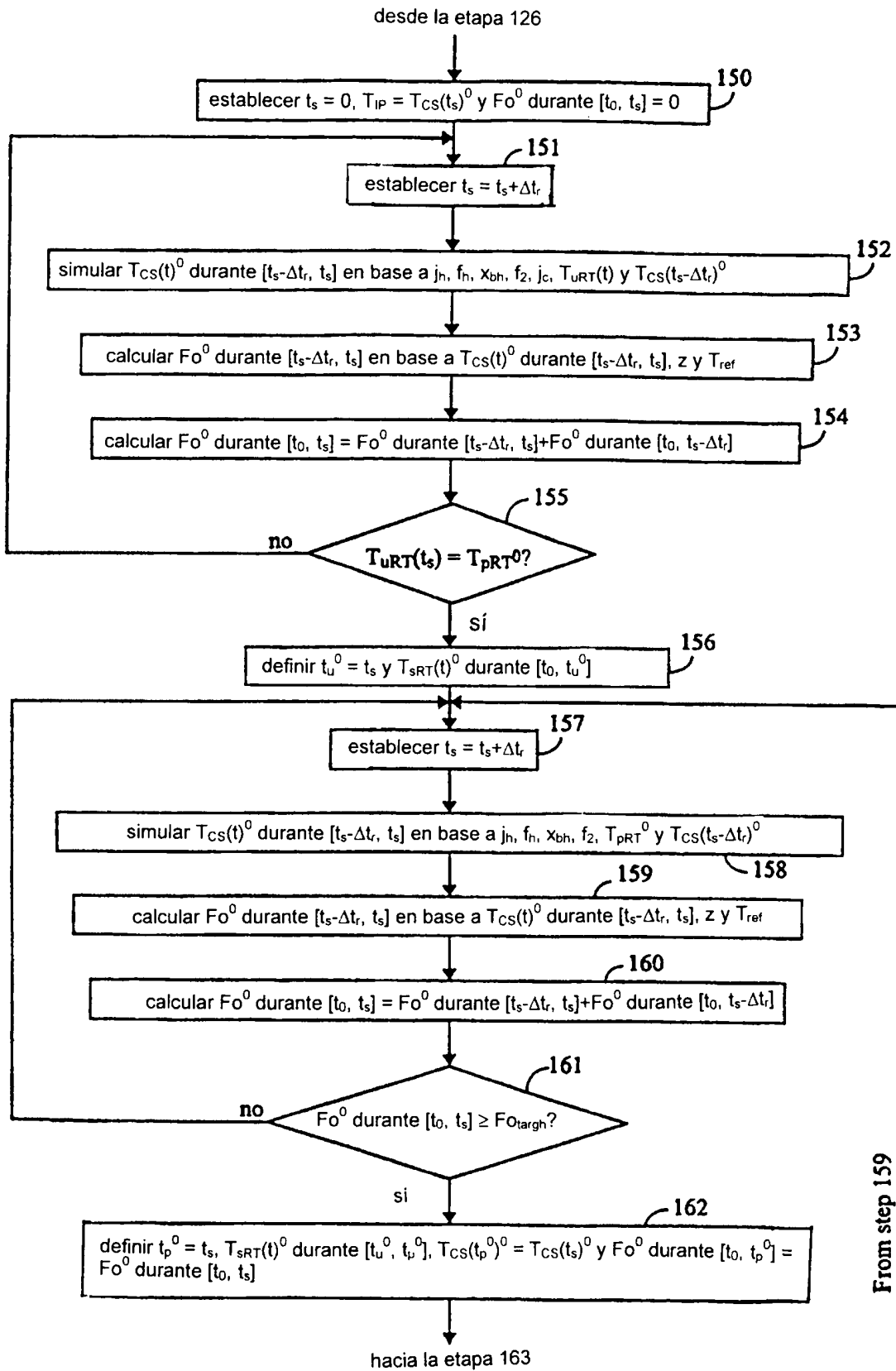


Fig. 9a

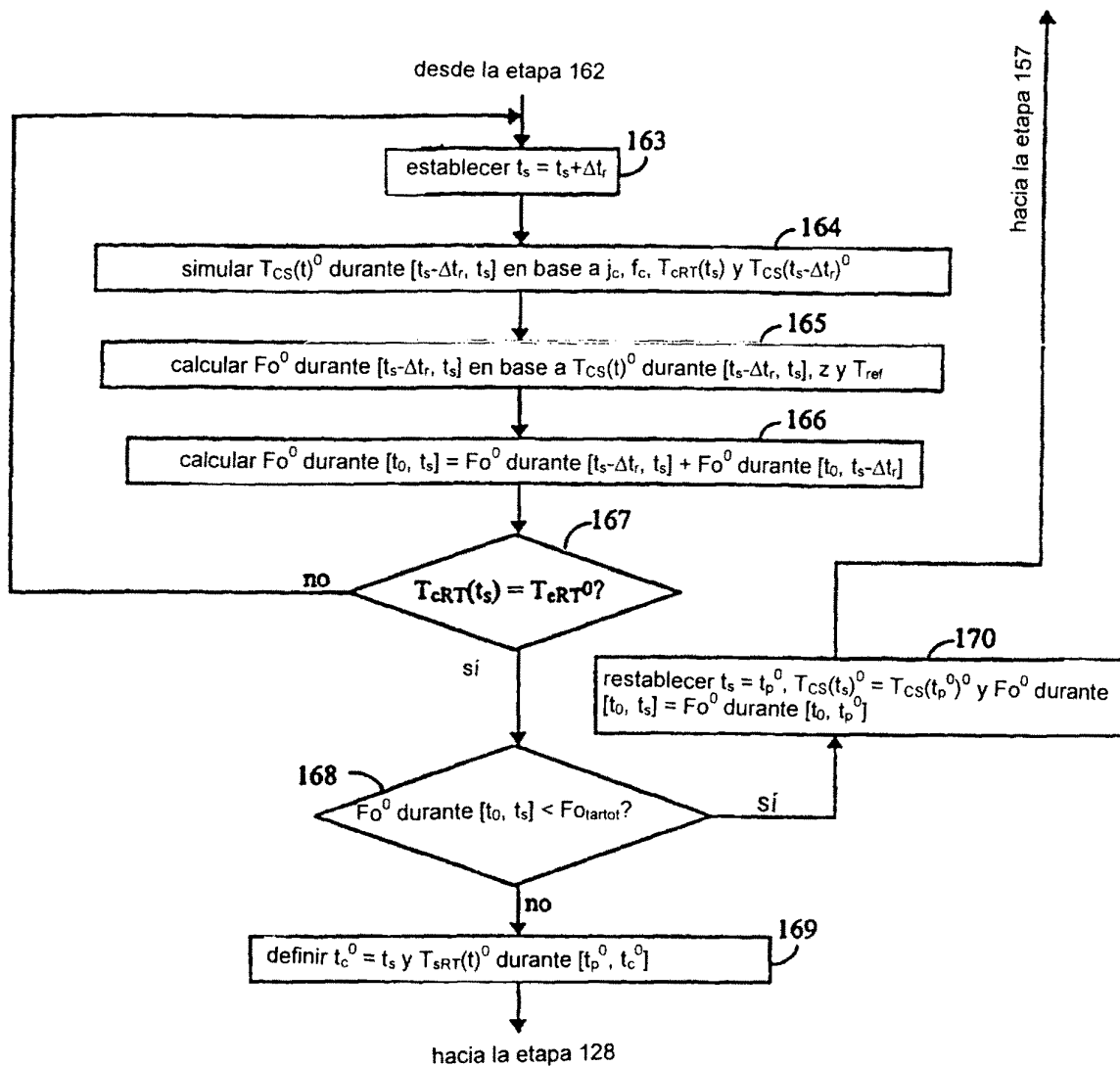


Fig. 9b

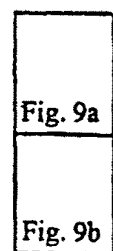


Fig. 9

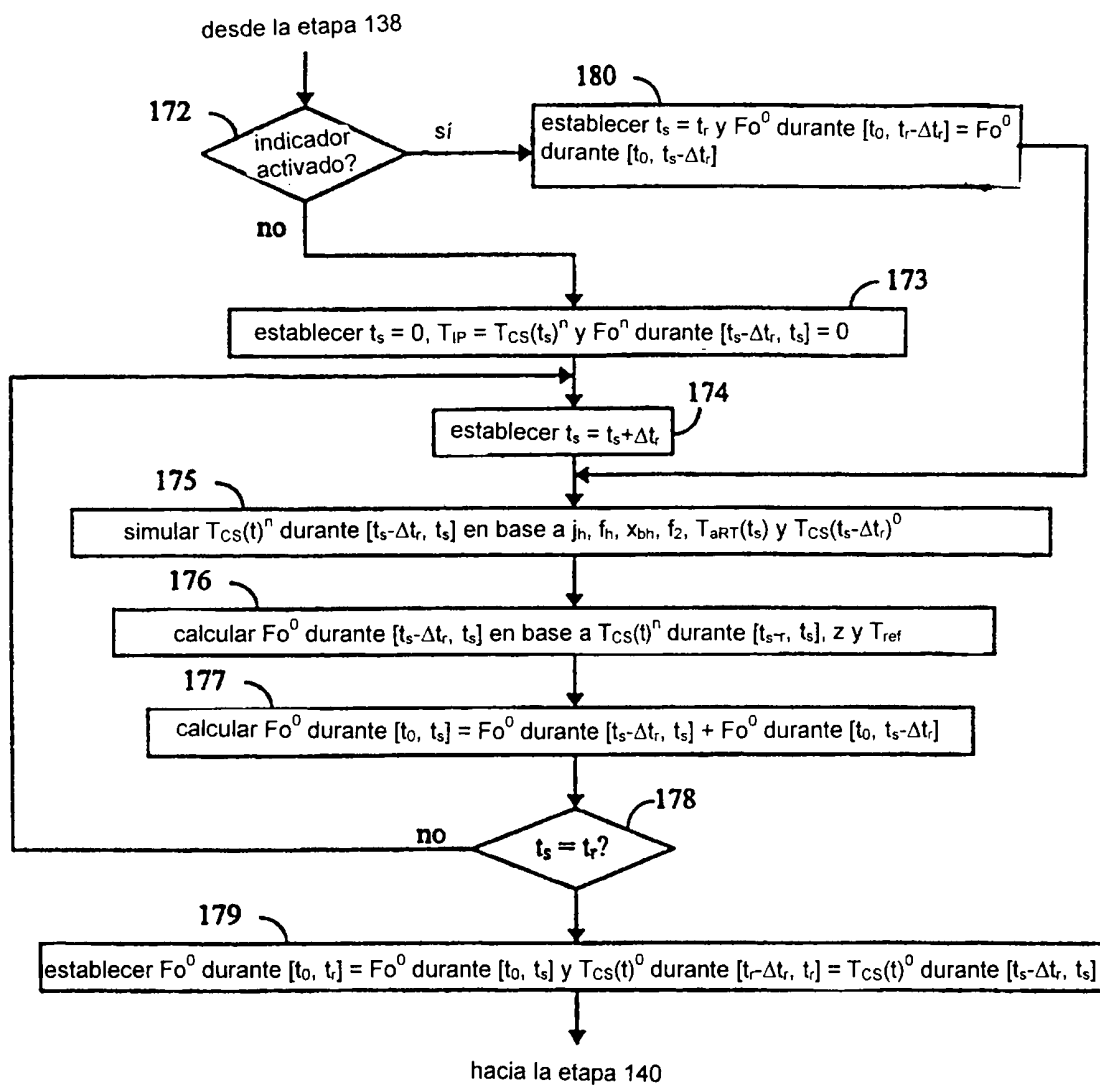


Fig. 10

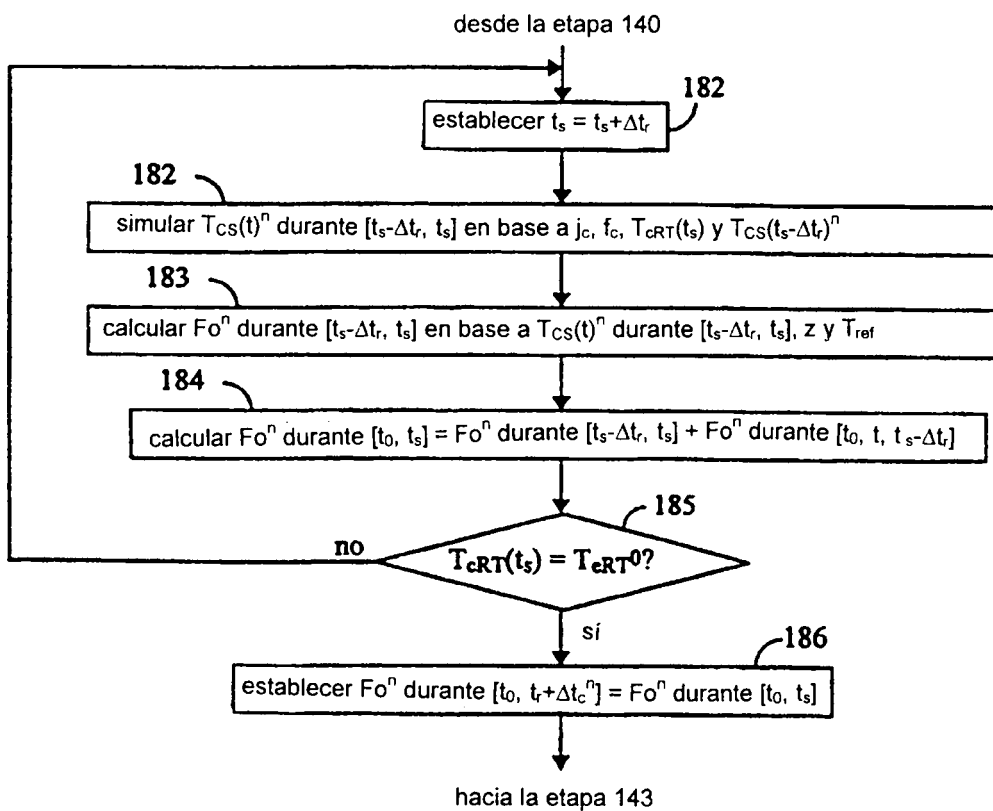


Fig. 11

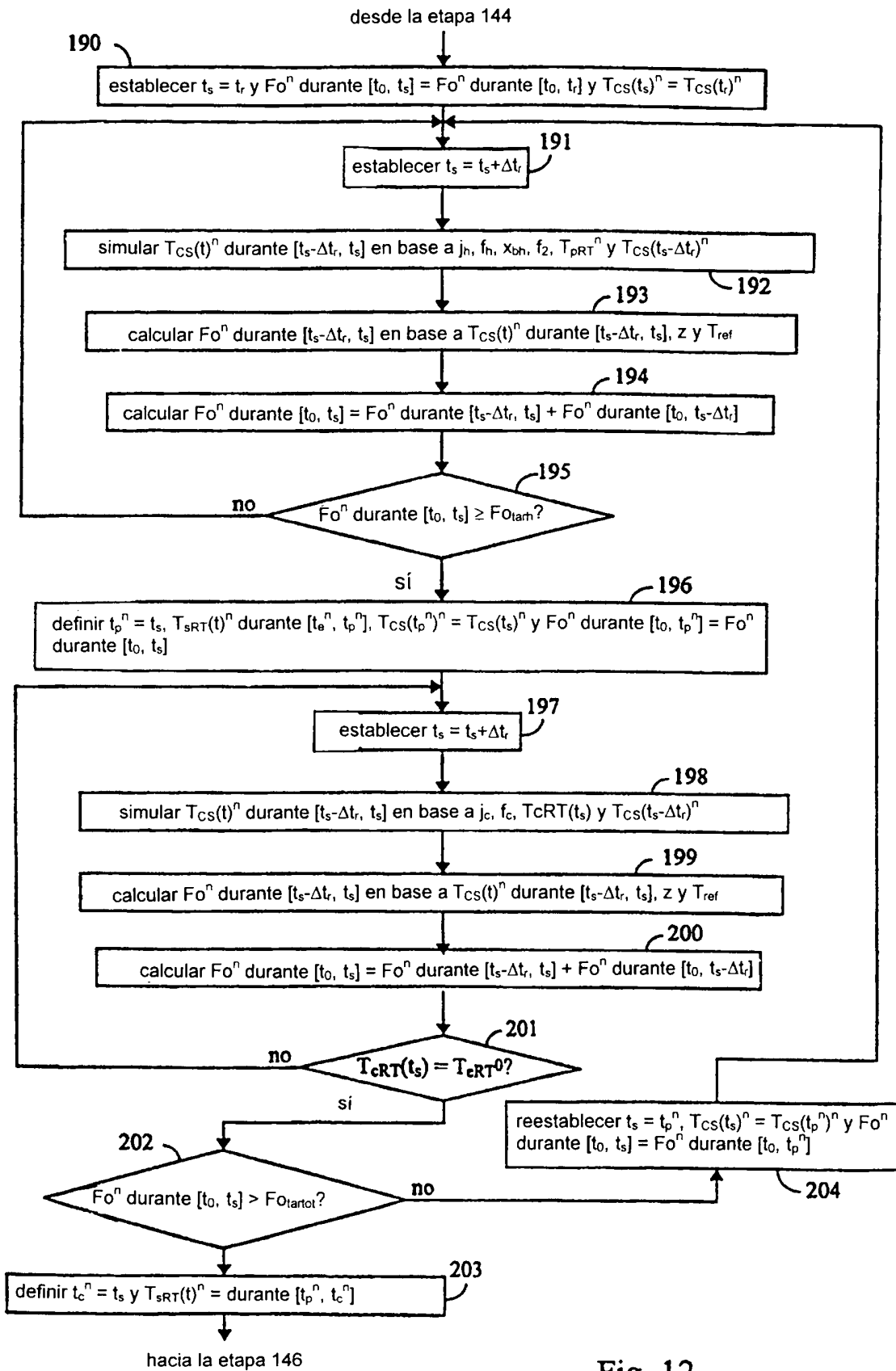


Fig. 12

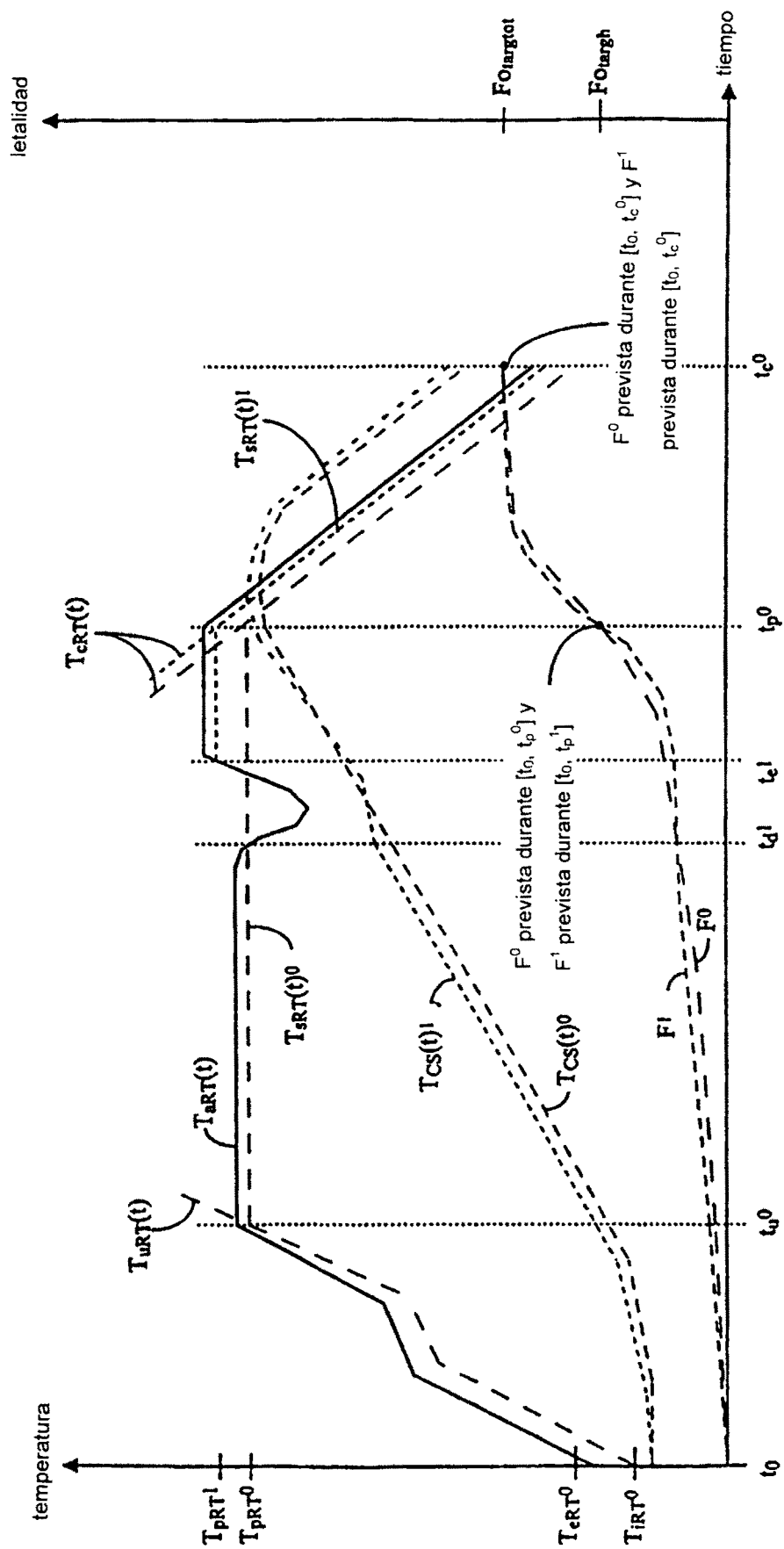


Fig. 13