

SISTEMA PARA GESTIÓN OPTIMIZADA DE ENERGÍA QUE INCLUYE UN SISTEMA EXPERTO Y MÉTODO

5

CAMPO DE LA INVENCION

10 La presente invención se refiere al campo del uso eficiente de la energía eléctrica en los sistemas de refrigeración y aire acondicionado, con modelado y control de procesos de eventos discretos y continuos, con control supervisorio, adquisición de datos SCADA y sistemas expertos.

15 OBJETOS DE LA INVENCION

Proporcionar un sistema que permita hacer gestión energética de los equipos, conociendo el estándar de los periodos de operación de los diferentes equipos para las condiciones específicas de una planta o proceso productivo, frecuencia y duración de los periodos de encendido y apagado, tiempos de
20 deshielo y recibir señales de alerta ante cambios de los mismos, para tomar acciones correctivas, preventivas y predictivas para así evitar despilfarros de energía eléctrica y tener una producción más esbelta en relación al recurso energético e impacto al medio ambiente.

25

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

Los sistemas de control de temperatura o controladores para refrigeración y
30 aire acondicionado convencionales trabajan uno a uno o aislados generalmente (Stand alone) a pesar que en el mercado existen soluciones conexiones en red.

Este trabajo en red se dificulta en gran medida porque no todos los controladores son del mismo modelo o de la misma marca.

- 5 Los sistemas que trabajan en red o sistemas de control supervisorio, generalmente se centran en el control y monitoreo de la temperatura, pero pocas veces en la gestión energética de los equipos y análisis Lean. Es así como se busca mantener bajo control la temperatura sin importar o sin tener en cuenta el costo de la energía eléctrica necesaria para ello.
- 10 La energía eléctrica es uno de los activos más valiosos para las empresas, cerca del 80% del consumo de energía eléctrica de las empresas, es debido a los sistemas refrigeración y aire acondicionado, para aquellas que usan cuartos fríos, congelación y/o conservación, chillers, túneles de congelación, entre otros. Por ello centrar la atención del aprovechamiento de la energía eléctrica
- 15 de estos equipos es una buena práctica para el uso racional y eficiente del recurso eléctrico y mitigación del impacto al medio ambiente.

- 20 Los sistemas de refrigeración y aire acondicionado requieren de un mantenimiento preventivo que garantice su óptima operación. Pero, por lo general ésta es una tarea que se le deja al personal técnico de refrigeración o personal de mantenimiento de las empresas que aplican técnicas de mantenimiento preventivo periódicamente y mantenimiento correctivo.

- 25 Por ejemplo, la acumulación e incrustación paulatina de polvo en la unidad condensadora hace que la eficiencia en la transferencia de calor vaya disminuyendo gradualmente, haciendo que los periodos de encendido cada vez sean mayores, los períodos apagados menores y la acumulación de hielo en el evaporador sea mayor.

- 30 Si el personal técnico pudiera conocer el estándar de los periodos de operación del compresor para las condiciones de su planta o proceso productivo, número de periodos encendido/apagado por hora o por día, duración de los tiempos

encendido, tiempos de deshielo, tiempos y frecuencia de periodos apagados por alcance del set point de temperatura y recibir señales de alerta ante mínimos pero significativos cambios de los mismos, podría reaccionar de forma temprana y predictiva para solucionar la situación y así evitar despilfarros de energía eléctrica.

Cuando se ejecutan tareas de mantenimiento preventivo o correctivo pocas veces se puede hacer una evaluación del antes y el después en relación a las variables de esta invención como los periodos de operación del compresor, número de periodos encendido/apagado por hora o por día, duración de los tiempos encendido, tiempos de deshielo, tiempos y frecuencia de periodos apagados por alcance del set point de temperatura, etc, que caracterizan el óptimo funcionamiento de los sistemas de refrigeración y aire acondicionado.

Por otro lado, los cuartos fríos envejecen y se deterioran progresivamente, perdiendo capacidad de aislamiento térmico, adquiriendo humedad, aparición de grietas, aumentando la carga térmica y por ende los tiempos de operación del compresor y con ello el incremento del consumo de energía eléctrica sin aportar valor a los productos refrigerados.

Con el modelo matemático del cuarto frío que involucra la ganancia, capacitancia, constante de tiempo y tiempo muerto, se puede conocer el comportamiento del mismo bajo diferentes circunstancias y así poder evaluar su “envejecimiento” y poder alertar de forma temprana para un mantenimiento o reemplazo de paredes y aislamientos; y así evitar despilfarros de energía eléctrica.

Los cambios en las condiciones ambientales y en la producción no son tenidos en cuenta para la configuración de los sistemas de refrigeración y aire acondicionado. Es así como se utiliza la misma configuración de los sistemas de refrigeración para cuartos fríos con pocos productos almacenados o vacíos.

Cuando las condiciones ambientales son favorables y los productos ya están congelados, se puede aumentar el set point de temperatura por ejemplo en tres grados Celsius sin romper la cadena de frío, pero si logrando una disminución del consumo energético de los equipos.

5

También algunas prácticas habituales de los operarios de producción, como por ejemplo encender los cuartos fríos dos horas antes de introducir materia prima, puede generar sobre costos de energía eléctrica sin agregar valor a los productos. Dejar las puertas abiertas de los cuartos fríos por mal hábito o por error hace que el consumo energético se incremente.

10

Cuando se presenta un fallo en los sistemas de refrigeración que pueda afectar la cadena de frío de los productos, es difícil saber de forma oportuna del mismo. Igual sucede cuando hay pérdida de fluido eléctrico o disparo intempestivo de las protecciones eléctricas de los equipos de refrigeración en altas horas de la noche o madrugada, cuando por lo general, no hay personal calificado para atender la situación, se requiere de un sistema que alerte la situación y valore la misma, avisando de forma inmediata y remota al personal encargado y de cuenta de la gravedad de la situación, es decir, calcular tiempo para la pérdida de la cadena de frío y acciones a ejecutar para conservar los productos sin afectar su calidad.

15

20

La filosofía Lean Manufacturing y los conceptos TPS (Toyota Production Systems) aplicados a los sistemas de refrigeración industrial permiten darle una mirada holística e integradora que optimice el uso del recurso energético de los sistemas de refrigeración y aire acondicionado.

25

Los sistemas expertos son sistemas de computación basados en conocimientos cuyos componentes representan un enfoque cualitativo de las instrucciones.

30

En el estado de la técnica existen soluciones como la patente US 5,025,499 muestra un sistema de control de proceso, que comprende: medios de diferenciación para recibir diferentes tipos de información de proceso a partir de sensores de proceso que miden diferentes variables del proceso y calculan cantidades de cambio de dicha información de proceso con respecto al tiempo; 5 medios de evaluación cualitativa, conectados a dichos medios de diferenciación, para evaluar dicha información del proceso o dichas cantidades de cambio respecto al tiempo mediante una función de pertenencia previamente determinada como que tiene cantidades difusas; medios de 10 inferencia cualitativa, conectados a dichos medios de evaluación cualitativa, para deducir un conjunto de valores de evaluación cualitativa de información de proceso objetivo de control después de una unidad de tiempo por reglas de experiencia sobre la base de combinaciones de valores en cada una de dichas etapas de evaluación; medios aritméticos de centroides, conectados a dichos 15 medios de inferencia cualitativa, para recibir dicho conjunto de valores de evaluación cualitativos inferidos por dichos medios de inferencia cualitativa y determinar una cantidad de control de dicha información de proceso objetivo de control por procesamiento aritmético de centroides de dicha función de pertenencia; y medios de salida, conectados a dichos medios aritméticos 20 centroides, para suministrar dicha cantidad de control determinada por dichos medios aritméticos centroides a dicho proceso, provocando de este modo un cambio en la operación del proceso de acuerdo con dicha cantidad de control.

La patente US 5,107,500 muestra un sistema experto para diagnosticar un 25 aparato de procesamiento de datos que tiene una unidad de control, unidad de memoria y unidad de entrada / salida, según un mensaje de fallo emitido desde el aparato debido a un fallo que se produce en el mismo, que comprende: medios de memoria de diagnóstico para almacenar en ellos datos de diagnóstico y datos de estructura; medios de control de diagnóstico para 30 mantener los datos de diagnóstico; primeros medios de diagnóstico para llevar a cabo un razonamiento automático para determinar un objeto cuestionable, con base tanto a dicho mensaje de fallo como a dichos datos de diagnóstico y

para diagnosticar el objeto cuestionable; y segundo medio de diagnóstico hacer una hipótesis del objeto cuestionable basándose en los datos de estructura con respecto al aparato de procesamiento de datos, estando especificado un objeto defectuoso relacionado por dichos primeros medios de diagnóstico cuando sea posible y, si el primer objeto defectuoso relacionado no puede ser especificado por dichos primeros medios de diagnóstico, dicho segundo medio de diagnóstico especifica el objeto defectuoso relacionado, en el que en dichos medios de diagnóstico segunda, se identifica el objeto cuestionable y luego se seleccionan los datos de un procedimiento de procesamiento correspondiente al objeto cuestionable, y el procedimiento de procesamiento se ejecuta desde el último al primero en una dirección inversa para buscar el objeto defectuoso relacionado.

La publicación internacional WO 2014/163606 muestra un método para analizar un sistema de control de supervisión y adquisición de datos (SCADA), el método comprende: generar una configuración para el sistema SCADA desplegado en un entorno predeterminado; recibir un primer resultado de un conjunto de pruebas ejecutadas en el sistema SCADA utilizando la configuración en el entorno predeterminado; determinar si el primer resultado del conjunto de pruebas es exitoso; implementar el sistema SCADA usando la configuración en un entorno de cliente; comparar el entorno predeterminado con el entorno del cliente; determinar las diferencias entre el entorno predeterminado y el entorno del cliente; recibir un resultado de otro conjunto de pruebas en función de las diferencias entre el entorno predeterminado y el entorno del cliente; ajustar la configuración en el entorno del cliente en función del resultado del otro conjunto de pruebas para generar una configuración ajustada; y recibir un segundo resultado del conjunto de pruebas ejecutadas en el sistema SCADA utilizando la configuración ajustada en el entorno del cliente.

De acuerdo al estado de la técnica actual no existe un sistema que gestione el consumo energético en un sistema integrado y que incluya un sistema experto para la toma de decisiones de control en los actuadores del sistema de refrigeración y/o aire acondicionado específicamente.

5

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS.

Figura 1. Diagrama de bloques general del sistema.

5

Figura 2. Diagrama de bloques del computador y dispositivo de control.

Figura 3. Diagrama esquemático del funcionamiento del sistema experto.

10 Figura 4. Diagrama esquemático del funcionamiento del sistema experto.

Figura 5. Algoritmo secuencial de ejemplo.

15

DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA INVENCION

- La nueva creación es un sistema que conforma una invención implementada por computador que incluye, un aparato o hardware que tiene embebido un
- 5 algoritmo secuencial y un sistema experto basado en reglas, que le permite optimizar el uso de la energía eléctrica de los sistemas de refrigeración y aire acondicionado, aplicando un control supervisorio y adquisición de datos en los equipos de refrigeración y los procesos productivos a los que pertenece.
- 10 La invención permite tomar datos e información de la producción, los operarios, los equipos de refrigeración, el mantenimiento de los equipos de refrigeración, la infraestructura de cuartos fríos, equipos de aire acondicionado, aplicar técnicas Lean, modelado matemático de procesos, datos termodinámicos y con el conocimiento de expertos en diferentes ramas, ejecutar de forma automática
- 15 acciones tendientes al uso racional y eficiente de la energía eléctrica.

- El hardware consta de circuitos electrónicos microprocesados y microcontrolados que le permiten ejecutar diferentes rutinas y algoritmos
- 20 secuenciales, técnicas de control por medio de sistemas expertos basados en reglas, entradas análogas y digitales, que le permiten conocer las condiciones y variables de los equipos de refrigeración y aire acondicionado, del proceso productivo y del medio ambiente.

- Por medio de sensores analógicos se mide la temperatura del evaporador,
- 25 temperatura interior de los cuartos fríos y temperatura ambiente. Que le permite hacer un seguimiento al perfil de temperatura y cadena de frío de los productos.

- Por medio de una interfaz humano máquina se le puede ingresar datos de la
- 30 producción y otros parámetros relevantes para que el algoritmo y el sistema experto puedan evaluar las condiciones y tomar “decisiones inteligentes” como

un experto para optimizar el uso eficiente de la energía eléctrica sin afectar la calidad de los productos.

- 5 Con el sistema experto se pueden evaluar mayor cantidad de variables, entre otras, variables lingüísticas, no numéricas, numéricas, emulando el conocimiento humano, sin tener que entender todas las variables y sus relaciones, ya que el conjunto base de reglas y el motor de inferencia analizan dichas variables como lo haría un experto.
- 10 El hardware posee memorias que le permiten almacenar datos del modelado de los procesos y de los equipos que permiten conocer el historial del funcionamiento de los equipos de refrigeración y alertar frente a anomalías y así prevenir un mal funcionamiento que redunde en despilfarros de energía eléctrica o baja o mala calidad de los productos.
- 15 El hardware se conecta a los controladores de temperatura de los sistemas de refrigeración y aire acondicionado de tal forma que se pueda intervenir la operación de los equipos de refrigeración como el encendido, apagado, deshielo.
- 20 Si en un futuro se requiere agregar otro equipo de refrigeración al sistema de optimización del uso de la energía eléctrica, solo es cuestión de adicionar los módulos de entrada y salida correspondientes, ya que la CPU puede gestionar varios equipos.
- 25 Si el nuevo equipo está a más de 10 metros de distancia del sistema de optimización del uso de la energía eléctrica, se instala un módulo de comunicación industrial RS485 o Modbus, que permite tomar las señales de los sensores y de los actuadores y comunicarlos con el computador principal que
- 30 ejecutar el algoritmo de optimización.

Cuando existen varios equipos de refrigeración y aire acondicionado se puede configurar una topología en red que le permite intercomunicar diferentes nodos de control y trabajar de manera coordinada todos los sistemas de refrigeración con el principio de la optimización de la energía eléctrica sin pérdida de calidad.

5

La metodología general para lograr lo anteriormente citado es la siguiente:

1. Instalar el hardware al sistema de refrigeración.
2. Encender el hardware e ingresar los parámetros requeridos para cada caso (\$/kWh, datos producción, entre otros).
3. El dispositivo ejecuta la rutina de aprendizaje y adquisición de datos.
 - a. Lectura de temperaturas
 - b. Periodos encendido/apagado/deshielo
4. Con los datos obtenidos el dispositivo realiza los de cálculos
 - a. Tiempos deshielo
 - b. Tiempos y periodos encendido/apagado
 - c. Constante de tiempo, tiempo de recuperación, tiempo muerto, capacitancia, gradientes de aumento y disminución de temperatura, etc.
 - d. Tiempos de apagado por set point.
 - e. Perfil de temperatura y cadena de frío.
5. El sistema experto basado en reglas ejecuta una serie de pruebas que le permite modelar el sistema refrigeración como un proceso continuo de primer orden e ir aprendiendo las características propias de operación del sistema de refrigeración particular. También permite evaluar los posibles despilfarros y oportunidades de ahorro de energía eléctrica.
6. El sistema genera reportes de los datos adquiridos y la información obtenidos por medio de los cálculos realizados.
7. Repetir los puntos 3, 4 y 5 varios días representativos de la producción particular de la empresa.

8. Revisar la información entregada por el dispositivo y definir los estándares para iniciar la rutina del uso racional y eficiente de la energía eléctrica.
 9. El dispositivo entrega resultados del análisis y las pruebas ejecutadas.
 - a. Despilfarros
 - b. Cadena de frío
 - c. kWh por equipo y por partes
 - d. Perfiles de temperatura
 - e. Perfil periodos encendido/apagado/deshielo
 - f. Estándares
 - g. Costos mantenimiento y despilfarros
 - h. Costos de oportunidad
 10. Iniciar rutina de ahorro y uso eficiente de la energía eléctrica.
 - a. Automático
 - b. Manual
 11. Periódicamente se generan reportes, estándares, ahorros y demás información relevante.
 12. De forma automática el dispositivo se encarga del control supervisorio y adquisición de datos orientado al uso racional y eficiente de la energía eléctrica y de alertar ante desajustes o daños que pongan en riesgo la calidad de la producción, los equipos y el consumo energético.
 13. El algoritmo ejecuta acciones de mejora continua día a día de forma automática.
- La invención tiene que ver con la automatización de procesos, sistemas de control supervisorio y adquisición de datos (SCADA), comunicaciones industriales entre dispositivos para la automatización, refrigeración y aire acondicionado, eficiencia energética, métodos y técnicas de mantenimiento y procesos Lean.

La idea central de las técnicas Lean es crear máximo valor posible desde el punto de vista del cliente, con el menor consumo de recursos, es decir, ajustados, usando el conocimiento y habilidades de la gente que realiza el trabajo, eliminar desperdicios y ejecutar procesos de mejora continua.

5

Conceptos Lean como Just in Time, Jidoka, Calidad en la Fuente, Andon, Heijunka, VSM, Kaizen, Kaikaku, entre otros; aplicados al contexto y a los procesos relacionados con la refrigeración y aire acondicionado, permiten optimizar tanto la operación de los equipos y los procesos, como evitar los desperdicios.

10

La automatización de procesos y el control distribuido brindan las herramientas, técnicas y dispositivos para implementar de forma autónoma y permanente las técnicas Lean, técnicas de mantenimiento, modelado de procesos para la optimización de la energía eléctrica de los sistemas de refrigeración y aire acondicionado.

15

Las comunicaciones industriales, permiten interconectar todos los dispositivos y procesos de la refrigeración y aire acondicionado una unidad central que coordina todos los componentes del sistema de optimización y ahorro energético de esta invención.

20

El control supervisorio garantiza que cada equipo de refrigeración y aire acondicionado tenga su propio sistema de control, pero obedece al supervisor que este caso es un algoritmo que corre un sistema experto basado en reglas orientado a la optimización de los recursos energéticos.

25

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

5 La esencia de la presente invención implementada por computador revela un sistema para gestión optimizada de energía que incluye un sistema experto, donde la figura 1 muestra el diagrama de bloques con la estructura de la invención, que permite hacer los cálculos como por ejemplo correr el sistema experto basado en reglas como estrategia de aprendizaje, modela el sistema
10 de eventos discretos y continuos. El sistema completo incluye un computador supervisorio (1), conectado a la nube (C) opcionalmente, y conectada los nodos de control (10) que tienen dispositivos de control (100) para la optimización de la energía eléctrica y procesan algoritmos descritos anteriormente, que están conectados a los equipos y sistemas de refrigeración y/o aire acondicionado
15 (E1) (E2) (En). La comunicación entre el computador supervisorio (1) y los nodos de control (10) se hace por medio de bus de campo RS485, MODBUS.

La figura 2 muestra el diagrama de bloques del sistema que tiene nodos de control (10) con memorias EEPROM (12) conectadas al microprocesador (11);
20 las memorias EEPROM (12) son circuitos electrónicos que permiten almacenar los datos e información de los cálculos de los diferentes procesos y conservarlos ante corte de la energía eléctrica; nodo de control (10) tiene una memoria flash (13) y memoria NVRAM (14) que son circuitos de memoria que apoyan al microprocesador (11) para ejecutar los cálculos. Las bases de datos
25 de las tablas termodinámicas se almacenan en una memoria EEPROM (12), las cuales son utilizadas para hacer los cálculos acordes a los tipos de refrigerantes, presiones y temperaturas; al microprocesador (11) llegan señales a través de circuitos de entradas analógicas y digitales (15) y se comunica por medio de circuitos optoacoplados y relés que le permiten modificar condiciones
30 del proceso con sensores de temperatura ambiente y del proceso con entradas optoacopladas (110/220 VAC), salidas digitales con contacto seco a relé, salidas a relé de estado sólido (SSR) con capacidad de modulación por ancho

de pulso (PWM). La interfaz COM (16) se encarga de establecer comunicaciones industriales con otros dispositivos inteligentes como, por ejemplo, otras CPU, medidores de energía eléctrica, módems, entre otros. El microprocesador (11) tiene comunicación con una interfaz humano-máquina con pantalla LCD (17) y terminales de entrada de datos (18) como teclados, botones, etc., puerto HDMI (19) para video y módulos de almacenamiento externo (20) como memorias USB o MicroSD.

Por otro lado, el dispositivo controlador (100) tiene un microcontrolador (101) que es el encargado de ejecutar las acciones de control con los equipos de refrigeración y aire acondicionado para optimizar el consumo de energía eléctrica. El microprocesador (11) y un microcontrolador (101) tienen comunicación bidireccional.

El microcontrolador (101) está conectado a una EEPROM (102), a un reloj de tiempo real RTC (103), a una interfaz de entradas y salidas (104), un puerto COM (105), una entrada de datos (106), un puerto de salida HDMI (107), un módulo de almacenamiento (108) USB o microSD, además tiene un módulo de comunicación GSM/GPRS que está conectado al microcontrolador (101), el módulo de comunicación GSM/GPRS (109) que es un módulo de alerta o de seguridad, que es autónomo y cuenta con batería de respaldo y se encarga de comunicarse de forma remota con los usuarios y ante la presencia de anomalías, envía un mensaje de texto o llamada por medio de un modem GSM/GPRS, el módulo de comunicación GSM/GPRS (109) tiene una antena.

La figura 3 muestra los bloques que componen un sistema experto basado en reglas, definido por un experto en refrigeración, un experto en eficiencia energética y un experto en lean manufacturing o manufactura esbelta que definen las reglas. El sistema experto está compuesto por una base de reglas (501) ingresados por usuarios (EU), una base de hechos (502) adquirida por las medio de las señales de los sensores que provienen del sistema de refrigeración y aire acondicionado (E) monitoreado y controlado, estas dos, la

base de reglas (501) y base de hechos (502) alimentan el motor de inferencia (512) para que resuelva cada problema y decida el orden de las inferencias. El motor de inferencia (512) está relacionado con un módulo de explicaciones (511) y una memoria de trabajo (513) que es una base de datos temporal
5 donde el motor de inferencia deja información deducida de las bases de reglas y hechos.

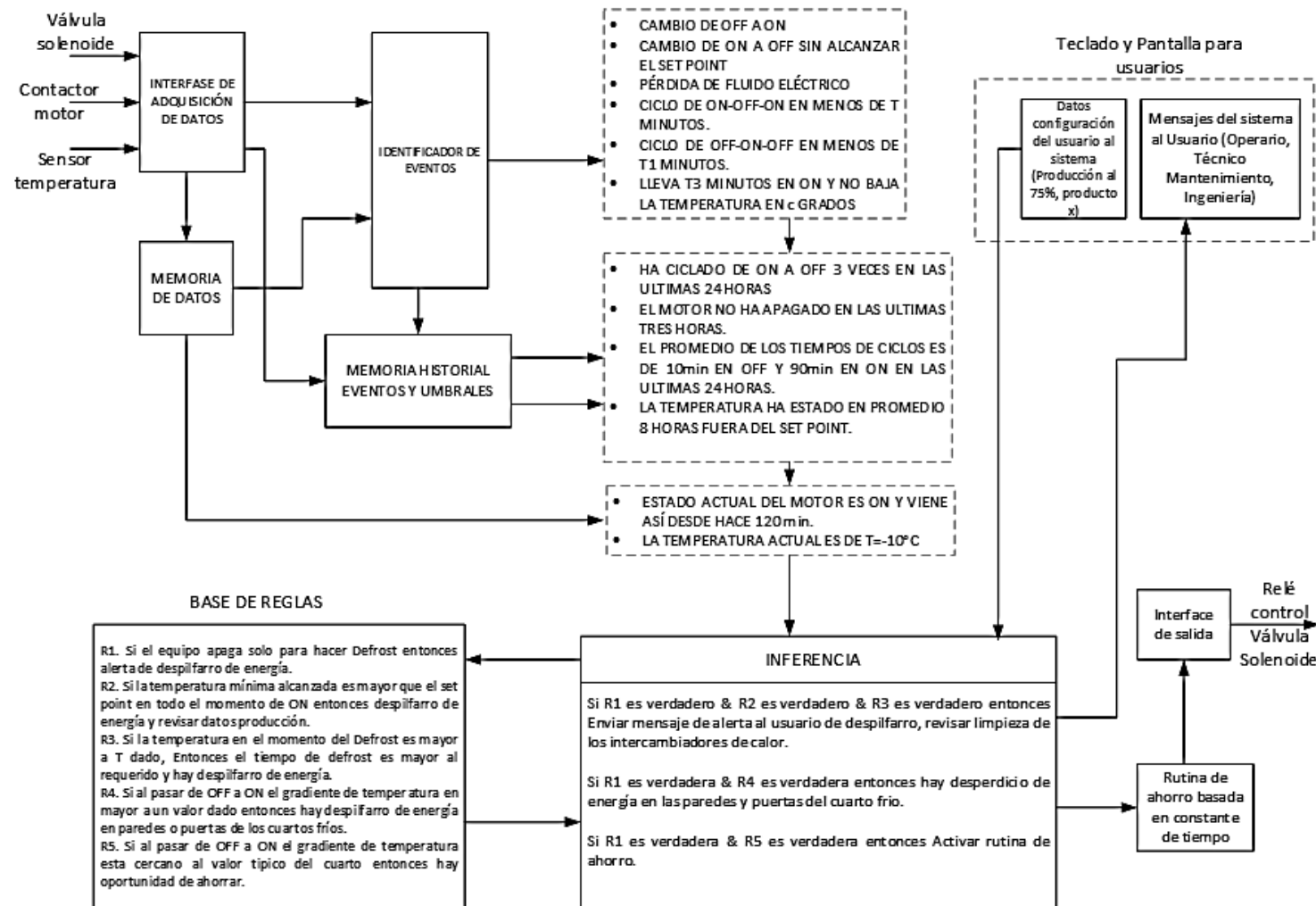
El motor de inferencia (512) toma las señales de los sensores, las reglas y ejecuta cálculos y toma decisiones como lo haría un experto y envía los
10 resultados a las salidas para ser llevadas a los actuadores del sistema de refrigeración y aire acondicionado (E). El sistema experto también entrega información al usuario que le permite dar cuenta de lo que hace y las reglas ejecutadas. Este proceso se realiza permanentemente, además para poder tener comunicación con el usuario se ha implementado una interfaz con el
15 usuario (521) y una interfaz con el sistema de refrigeración y/o aire acondicionado (E) con señales de salida (SE).

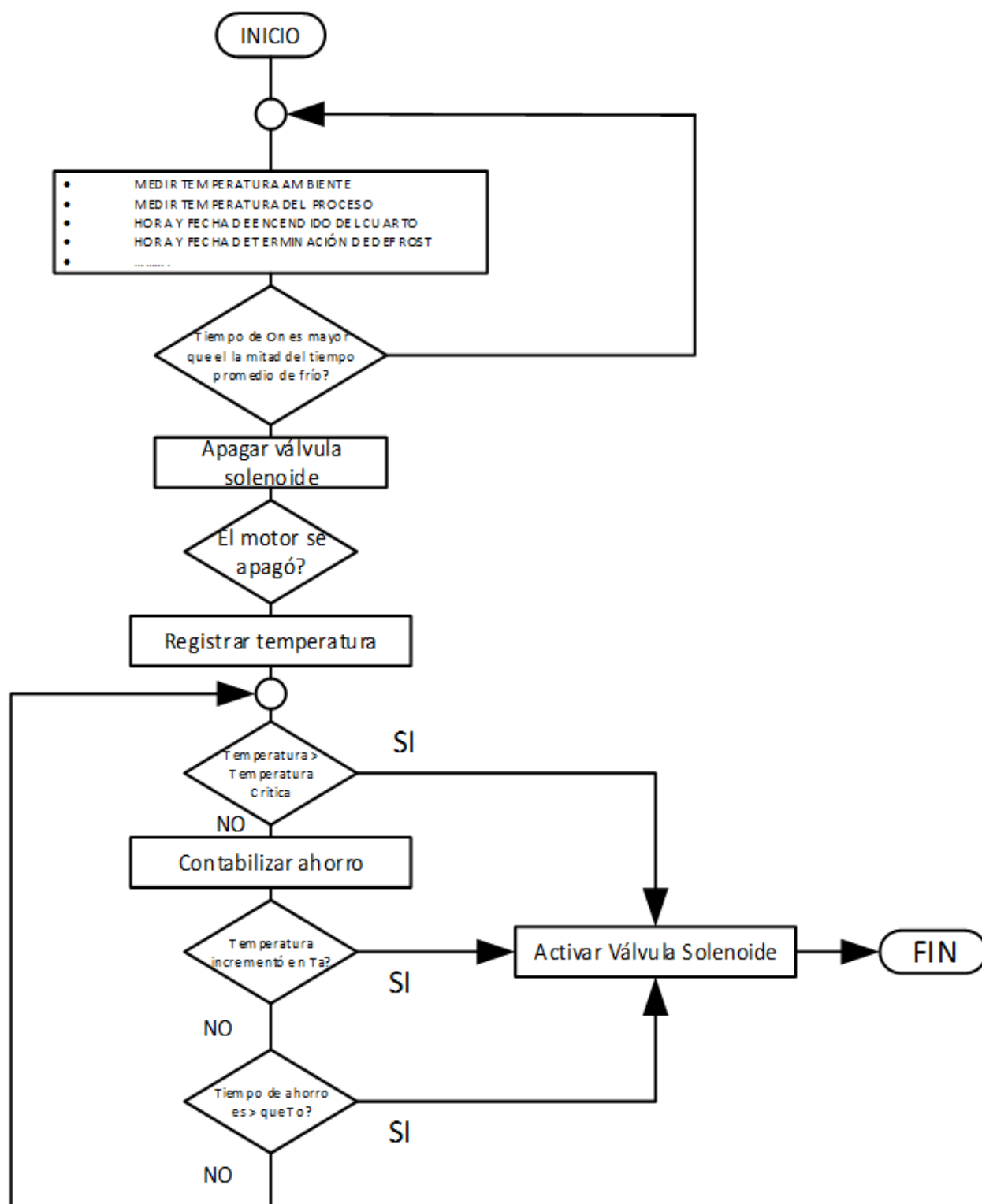
La figura 4 muestra el diagrama de flujo general que le permite a la invención implementada por computador del sistema experto con gestión optimizada de
20 energía, permite tomar datos, modelar procesos, analizar la información y generar conocimiento con el objetivo de optimizar el consumo energético de los sistemas de refrigeración y aire acondicionado.

Las señales de entrada (ES) provenientes de los sensores instalados en el
25 sistema de refrigeración y/o aire acondicionado (E), son adquiridos y almacenados en la base de hechos (502), los cuales son enviados a las memorias de trabajo que incluye una memoria de datos (5131), un identificador de eventos (515) que permite identificar los cambio en datos y que luego son almacenados en una memoria de eventos (5132); los históricos de datos y
30 eventos provenientes de la memoria de datos y de la memoria de eventos, como la identificación del evento son enviados al motor de inferencia (512) que consulta las reglas de la base de reglas (501), dando como resultado las

acciones de salida o señales de salida (SE) de control hacia los sistemas de refrigeración y/o aire acondicionado.

Por ejemplo las señales de salida se transmiten a los actuadores como la válvula solenoide y el contactor para poder controlar su operación de encendido – apagado, para ilustrar con más claridad, se presenta el siguiente ejemplo detallado.





En este ejemplo de diagrama de flujo se observa como las decisiones finales del sistema experto son enviar mensajes a los usuarios y tomar acción de

correr el algoritmo de ahorro de energía con base en el comportamiento actual y el conocimiento del comportamiento del sistema.

La figura 5 muestra un ejemplo de flujo de datos en el algoritmo secuencial para ejecutar la gestión energética.

Además, se define un método para gestión optimizada de energía que incluye un sistema experto precisado por las siguientes etapas:

- a. Ingresar y almacenar base de datos de tablas termodinámicas para varios tipos de refrigerantes en el nodo de control (10).
- b. Definir la base de reglas (501) en el sistema experto del nodo de control (10).
- c. Monitorear y adquirir datos de la base de hechos (502) por medio de sensores conectados en los equipos (E) y transmitir datos hacia los dispositivos de control (100) y luego hacia los nodos de control (10).
- d. Almacenar datos de hechos en la base de hechos (502).
- e. Comparar datos de hechos respecto a la base de reglas (501).
- f. Identificar evento por medio del identificador de eventos (515).
- g. Almacenar datos de eventos en la memoria de eventos (5132).
- h. Enviar mensaje de evento por medio del módulo de comunicación GSM/GPRS (109).
- i. Calcular la salida de inferencia por medio del motor de inferencia (512) del nodo de control (10) optimizando el consumo de energía.
- j. Gobernar o controlar los actuadores en los equipos (E).
- k. Volver a la etapa c.

Aunque la presente invención ha quedado descrita con las realizaciones preferentes mostradas, queda entendido que las modificaciones y variaciones que conserven el espíritu y el alcance de esta invención se entienden dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas.