

EQUIPO INDICADOR DE CONFORT TERMICO

Vicente L. Volantino *, Jorge Fucaraccio *, Jorge Cornejo *,
Guillermo Ahets-Etcheberry *, Patricia S. Varela *

RESUMEN

Se presenta el desarrollo de un programa de simulación que determina diferentes índices de confort, mediante el ingreso de variables físicas y subjetivas.

El programa también cuenta con una subrutina que permite obtener la presión de vapor a partir de la temperatura y de la humedad relativa, mediante la simulación geométrica del diagrama psicrométrico.

Una vez optimizado el programa, se trabajó variando los datos de entrada y observando su influencia sobre los índices resultantes, con el fin de ajustar la precisión requerida a los sensores de magnitudes ambientales.

Luego, se tradujo dicho programa del Fortran original a lenguaje C, para poder implementarlo en un microprocesador y el posterior diseño del equipo dedicado.

En este trabajo se muestra dicho diseño el que, descrito en diagrama de bloques, está compuesto por: 5 sensores de entrada, un multiplexor de entrada, conversor analógico/digital, microprocesador, teclado, display y conversor digital/analógico para salida a registrador.

1. INTRODUCCION

El conocimiento del nivel de confort térmico existente en el interior de la vivienda, resulta de fundamental importancia para dos aspectos: en la manifestación de satisfacción con el medio ambiente por parte del individuo y, en el diseño de los sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado desde el punto de vista ingenieril.

* División Habitabilidad Higrotérmica
Departamento de Construcciones-INTI
Parque Tecnológico Miguelete
C.C. 157 (CP 1650) San Martín, Bs.As.

Para su determinación es necesario conocer aquellas variables de las que depende la sensación de confort, las que se pueden clasificar en variables físicas (temperatura, presión de vapor y velocidad del aire y temperatura radiante media) y en variables subjetivas o dependientes del individuo (actividad metabólica y valor de aislación térmica de la ropa).

Además, la respuesta fisiológica del individuo por acción de las variables mencionadas, estará representada por variables "fisiológicas" (temperatura promedio de la piel y humedad de la piel y temperatura interior del cuerpo), de las cuales, en última instancia, dependerá la sensación de confort.

El cuerpo humano funciona como una máquina térmica recibiendo calor de la combustión de los alimentos, realizando un trabajo e intercambiando calor con el medio ambiente. Es condición necesaria pero no suficiente para alcanzar el confort térmico que el cuerpo esté en equilibrio termodinámico.

La ecuación de balance térmico puede esquematizarse de la siguiente manera: $M \pm (R+C) = E + W + S$

M: energía generada por el metabolismo

(R+C) = calor intercambiado con el ambiente por los mecanismos de radiación y convección respectivamente. El doble signo indica que el cuerpo puede estar perdiendo calor (-) cuando las temperaturas que gobiernan este proceso son superiores a las de la superficie de la piel o de la ropa, o inversamente (+) cuando sucede lo contrario.

E: es el calor perdido por evaporación de agua, en la superficie de la piel y en el proceso de respiración, a nivel de los pulmones.

W: trabajo mecánico realizado.

S: calor acumulado en el cuerpo.

Índices de confort:

Para la evaluación y cuantificación de la sensación de confort térmico se fueron desarrollando distintos tipos de índices:

a) Directos b) Empíricos c) Fisiológicos

a) Directos:

Temperatura de bulbo seco: es la temperatura del aire. Funciona bien en zonas frías en ausencia de viento.

Temperatura de bulbo húmedo: es la que indica un termómetro de temperatura ambiente cuyo bulbo permanece húmedo al cual se hace pasar una corriente de aire.

Temperatura operativa: es la temperatura de un recinto imaginario en el cual el cuerpo intercambia la misma cantidad de calor por radiación y convección que el ambiente real. Es un promedio ponderado en los coeficientes de radiación y convección de la temperatura radiante media y de la temperatura de bulbo seco.

Temperatura operativa húmeda: es la temperatura de un recinto imaginario con un 100 % de humedad relativa, en el cual existe el mismo intercambio de calor térmico por convección, radiación y evaporación. Es un promedio ponderado de la temperatura operativa con el calor perdido por evaporación.

b) Empíricos:

Temperatura efectiva corregida: consiste en considerar el efecto combinado de la temperatura del globo (función de la temperatura de bulbo húmedo, velocidad del aire) temperatura de bulbo húmedo, velocidad del aire y la aislación térmica de la ropa.

La temperatura efectiva corregida resulta ser un índice muy apropiado para evaluar zonas apartadas de la región de confort hacia situaciones cálidas. La principal crítica que puede hacerse es que sobrestima el efecto de la humedad del aire para temperaturas de confort o un tanto frías.

Voto medio predecible - Índice de Fanger: Fanger desarrolló una ecuación de confort formalmente idéntica a la ecuación de balance térmico con $S = 0$ (calor acumulado en el cuerpo). Los valores de las variables que aparecen en la ecuación son los correspondientes a la sensación de confort.

El hecho más destacable del estudio de Fanger es que de una manera racional, se puede determinar mediante el cálculo, la sensación de confort térmico para cualquier combinación de estas variables ambientales y propias de individuo. La hipótesis de Fanger es que durante el estado de confort térmico existe una única relación entre el nivel de actividad descripta por el metabolismo, con la temperatura y humedad promedio de la superficie de la piel.

c) Fisiológico:

Índice de Belding-Hatch o Índice de tensión térmica: se define como la relación existente entre la pérdida total de calor por evaporación requerido para mantener el equilibrio térmico (suma del calor del metabolismo más radiación y convección) y el máximo valor posible de perder al ambiente por evaporación; dicho límite de 600 kcal/h correspondiente a una secreción de sudor de 17 gr/min.

Nueva temperatura efectiva: Gagge, Stolwijk y Nishi elaboraron un modelo fisiológico puramente analítico de funcionamiento del cuerpo, considerando transferencia de calor y masa en régimen variable, o sea dependiendo del tiempo. Este modelo difiere fundamentalmente del de Fanger en el hecho de que se ha incluido el efecto de respuestas fisiológicas, como ser las restricciones o aumentos que se producen naturalmente en el flujo sanguíneo desde y hacia la piel, para regular la pérdida de calor por evaporación.

Conociendo la temperatura del cuerpo, la de la piel y la humedad de la piel se puede trazar una familia de curvas en el diagrama psicrométrico cuya intersección con la curva de 50 % de humedad relativa corresponderá a valores determinados de la temperatura de bulbo seco, los cuales serán por definición la "nueva temperatura efectiva".

De todos los índices, la NTE y el VMP, resultan los más apropiados para evaluar la situación de confort, principalmente el primero, ya que está basado en un modelo fisiológico de regulación más completo.

2. DESCRIPCIÓN DEL PROGRAMA "CONFORT"

La determinación de los índices descritos en el párrafo anterior requiere la utilización de métodos numéricos que pueden ser resueltos a través de una computadora. Por tal razón, se desarrolló el Programa "Confort" en lenguaje Fortran, el que contiene una serie de algoritmos que permiten obtener los índices mencionados.

La estructura de este Programa es la siguiente:

- Ingreso de datos: temperatura de bulbo seco (TBS), humedad relativa (HR), temperatura radiante media (TRM), velocidad media del aire (VEA), nivel de metabolismo (MR), eficiencia mecánica (ETA), valor de aislación de la ropa (CLO) y presión barométrica (BARO).

- Subrutina PSICRO: Simula analíticamente el diagrama psicrométrico y permite hallar la presión de vapor (PVHG) y la temperatura de bulbo húmedo (TBH).

- Subrutina ASHRAE: Se ingresan las variables de entrada y PVHG, y calcula: Nueva temperatura efectiva (NTE), Temperatura operativa (TOI), Temperatura operativa húmeda (TOHI), Temperatura del núcleo (TCRI), Temperatura de la piel (TSKI), Humedad de la piel (HUPI), Máxima capacidad evaporativa del aire (EMAX).

La determinación de estos parámetros se realiza mediante los algoritmos establecidos por Gagge, Nishi y Gonzalez [3].

- Subrutina FANGER: Se ingresarán todas las variables de entrada, excepto HR y se calcula el Voto medio predecible (PMV) siguiendo el modelo de Fanger [1]. Con PMV se determinan la temperatura efectiva corregida (TEC) y el índice de carga térmica de Belding y Hatch (ITC), mediante algoritmos de equivalencias [4].

- Subrutina VOTO: Se ingresa la NTE y en función de esta se determina la Sensación Ambiental (KLACIF):

3. DISEÑO DE UN EQUIPO DEDICADO

Selección de los medios de desarrollo:

Se estudiaron dos alternativas: una trabajando con el microprocesador 8051 y otra con el microprocesador 8088.

El primero trabaja con 64 Kbytes y no se han desarrollado aún todas las librerías matemáticas necesarias para trabajar en punto flotante.

El segundo microprocesador cuenta con un direccionamiento total de 1 Mbyte y a pesar de que no existen muchas implementaciones de prototipos, que incluyen rutinas de punto flotante, posee dichas

herramientas. Además debido a la gran difusión de este microprocesador y por contar en el INTI con los medios mencionados, se decidió adoptar su utilización.

A partir de esta definición, se estructura el proyecto en dos partes: Desarrollo del software y diseño del Hardware.

Desarrollo del software

Debido a la complejidad que resulta pasar el programa original en FORTRAN al ASSEMBLER del microprocesador 8088, y contando con la posibilidad de utilizar la versión 5 de MICROSOFT del lenguaje de programación "C", más otras herramientas existentes en el INTI, se decidió convertirlo a este lenguaje de alto nivel.

Actualmente el programa está pasado totalmente a "C", en una primera versión, y se está trabajando en la optimización del mismo.

Diseño del hardware

El diseño del hardware está compuesto por:

- Plaqueta madre de procesamiento de información.
- Plaqueta conformadora de señales de entrada.

La plaqueta madre consta de:

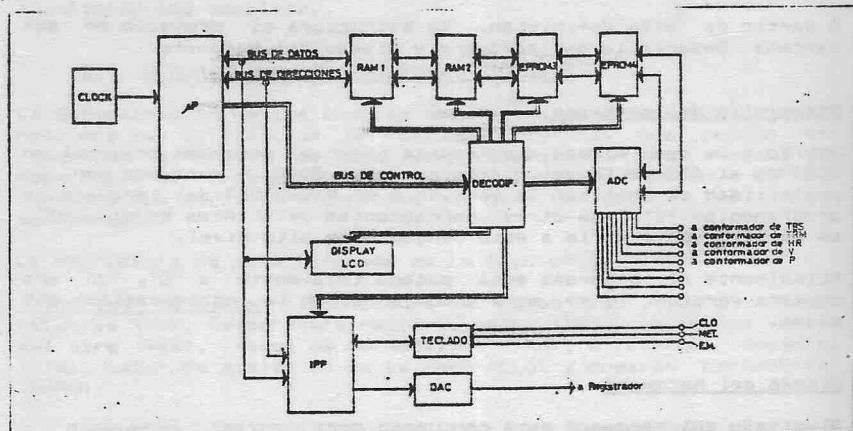
- Un microprocesador 8088.
- Un Generador de frecuencia (Clock) 8284
- Dos Memorias EPROM 27256 (de 32 Kbytes cada una).
- Dos RAM 6164 (de 8 Kbyte cada una).
- Dos Transceptores 74LS241 (manejan 4 líneas cada uno).
- Un Transceptor 74LS245 (maneja 8 líneas).
- Tres Decodificadores 74LS138 (decodifican de 3 a 8 líneas).
- Dos latches 74LS373 (mantienen la información puesta en ellos).
- Un conversor analógico-digital ADC 0809 (multiplexa 8 canales de entrada analógicos a una salida digital).
- Un conversor digital-analógico DAC 0800 (convierte una señal digital a analógica para manejo de registrador).
- Una Interface periférica programable 8255 (tres puertos de salida: uno para manejo del DAC y dos para manejo del teclado).
- Un display 3802-11-080 (posee dos filas de 40 caracteres cada una).
- Un teclado de 4 * 4.

Esta es la primera versión del sistema, la cual está basada en los componentes disponibles en el mercado, cuyo diagrama en bloques se muestra en la Figura 1.

Se está estudiando la posibilidad de conseguir memorias EPROM de 64 Kbytes y RAM de 32 Kbyte lo que permitirá prescindir de los decodificadores y los transceptores, transformándose así la plaqueta madre en una placa más sencilla.

Con respecto a la plaqueta conformadora de señales, se deja su desarrollo para la última etapa del proyecto.

Figura 1



REFERENCIAS

- [1] P.O.FANGER - "Thermal Confort"
Mc.Graw - Hill Book Co., New York, 1973
- [2] ASHRAE - Handbook of Fundamentals - 1985
- [3] A.P.GAGGE, Y.NISHI, R.R. GONZALEZ
"Standard Effective Temperature". BRE - 1972
- [4] Normas Mínimas de Habitabilidad - Fracción 2.2.
Publicación del Departamento de Construcciones - INTI
1978
- [5] R.E.J. SHAVE
"Assessing the acceptability of thermal environmental
conditions occuring in industrial building".
Building Design Partnership - Preston, Lanes (Gran Bretaña)
1973.
- [6] P.E. Mc. NALL Jr.
"Proposed New ASHRAE Confort Standard"
Johnson Service Company - Wisconsin (USA) - 1973