

INDICE DE TENSION TERMICA EFECTIVA USANDO UN COMPUTADOR DE BOLSILLO

Traducido y adaptado como ejercicio docente por el Ingeniero Jorge Puerta S., Profesor de Salud Ocupacional.

De: KAMON, E. and RYAN, C. Effective heat stress index using pocket computer, American Industrial Hygiene Association Journal 42(8): 611-615, aug. 1981.

Se sugiere un índice de tensión térmica efectiva (EHSI) usando una calculadora con memoria para la evaluación de condiciones donde prevalezca el ambiente caluroso.

Las entradas a la calculadora programada incluyen la temperatura de bulbo seco, bulbo húmedo y globo y los valores del movimiento de aire y del metabolismo. El índice está basado en un programa para el cálculo del balance del calor total y la eficiencia de sudoración. El resultado de la información sobre las condiciones del ambiente incluyen: la carga calórica total; la capacidad evaporativa del ambiente; la humedad de la piel y la tensión térmica aplicable. El resultado del EHSI muestra lo siguiente: No tensión; Baja Tensión; Alta Tensión, o Límites de Tiempo de Exposición.

La tensión impuesta por ambientes calurosos puede ser mejor evaluada por el intercambio de calor calculado entre el trabajador y todos los factores involucrados en el ambiente. Esto lo han demostrado varios investigadores, entre ellos Kerslabre (1) y Lee (2).

El método industrial más popular para definir el stress por calor es el Indice de Stress por Calor (HSI) de Belding y Hatch (3).

Este Indice está basado en la suma de la carga de calor metabólico (M), con los intercambios de calor por vía radioactiva (R) y convectiva (C), descritos como $M \pm R \pm C = E_{req}$ y el balance entre E_{req} (evaporación requerida) y la capacidad evaporativa

del ambiente (E_{max}). Este análisis del balance calórico establece dos tipos de stress por calor: a) Cuando $E_{req} < E_{max}$, una proporción alta de E_{req}/E_{max} indica tensión por calor; y b) Cuando $E_{req} > E_{max}$, hay un almacenamiento esperado de calor en el cuerpo que da como resultado un aumento de la temperatura interior del cuerpo. Mientras que la tensión debida al tipo a) se da en una forma descriptiva, la tensión por el tipo b) proporciona un límite de tiempo de exposición definido por el aumento de 1°C en la temperatura interior del cuerpo.

Los que practican y los que teorizan en este tema están de acuerdo en, y muchas pruebas de laboratorio lo confirman, que el método del balance calórico es probablemente el más completo y el mejor disponible para predecir la tensión térmica. Sin embargo, hasta ahora se ha encontrado poco práctica su utilización debido al cálculo de un promedio ponderado con el tiempo, por ejemplo para el HSI, ya que en la mayoría de los procesos industriales las condiciones del ambiente no son uniformes.

En el pasado, el argumento contra el uso del balance calórico total estaba basado en la falta de datos para M y en las dificultades para medir el movimiento del aire (V). Hoy parece ser menor el problema de definir M y de medir (V).

La alternativa más popular para un índice de stress por calor es el índice de temperatura de globo y bulbo húmedo (WBGT).

Cuando se sugirió por primera vez, el WBGT fue considerado como un procedimiento sencillo para evaluar los límites de exposición a calor. Desafortunadamente, cuando se sometió a prueba, quienes lo originaron se vieron enfrentados a más problemas de los que inicialmente se esperaban (4). Se encontró que

sin ningún cálculo de M y V no es posible sugerir un valor del WBGT que sea implementado significativamente en el lugar de trabajo (5). En consecuencia, un número de investigadores trataron de mejorar los datos experimentales o los sistemas de modelos para correlacionar estos índices con el balance calórico total, como el HSI (7, 8).

Parece por lo tanto que los índices con intercambio de calor complicado, se han simplificado ahora debido a las razones siguientes: a) con el avance de la tecnología de cómputo se pueden resolver muy fácilmente ecuaciones complicadas; b) hay disponibles valores de calor metabólico para tareas industriales y para los oficios específicos que prevalecen en los lugares de trabajo; c) ya no son tan caros ni tan escasos los medidores de movimiento de aire como antes.

Este trabajo presenta el índice de tensión térmica efectiva para trabajadores aclimatados al calor que pueda ser calculado inmediatamente a partir de unos pocos valores ambientales y de la estimación de M, utilizando una calculadora manual programada con memoria.

PROGRAMACION DE LA CALCULADORA

El programa para el Índice de Tensión Térmica Efectiva (EHSI) está diseñado con las ecuaciones para intercambio de calor por radiación, convección y evaporación con la adición de las respuestas fisiológicas esperadas que comprenden el metabolismo y la sudoración.

La exposición razonada del programa del EHSI está descrita en los diagramas de flujo mostrados en las Figuras 1 y 2. Se supone que el lector está familiarizado con las fórmulas para intercambio de calor, las cuales han sido descritas en numerosas publicaciones (1, 3, 9). En esta presentación las ecuaciones están en forma general, ya que los valores numéricos de los coeficientes (factores de conversión) dependen del sistema adoptado por el usuario. El programa que suministramos para uso industrial está basado en el sistema MKS donde el coeficiente para transferencia de calor está en W.m^{-2} , la temperatura en $^{\circ}\text{C}$, la presión de vapor en milímetros de Mercurio (mmHg) y el flujo de aire en m.s^{-1} .

Los valores numéricos utilizados en nuestro programa están anotados en el apéndice de este trabajo. El diagrama de flujo de la Figura 1 se refiere a la humedad de la piel (W). Esto se obtiene de la relación $E_{\text{req.}}/E_{\text{max.}}$ y realmente es lo mismo que $\text{HSI} = \text{HSI}/100$.

La iniciación del programa que requiere el Índice de Tensión Térmica Efectiva, (EHSI, Figura 2) impulsa a la calculadora a solicitar las características del trabajador y del ambiente (Figura 1). Las características ambientales las determinan las siguientes mediciones: temperatura de bulbo seco (Tdb), temperatura de bulbo húmedo (Twb), temperatura de globo (Tg) y el movimiento del aire (V). Aunque, como se mencionó antes, nuestro programa está en unidades del sistema MKS, los valores pueden estar expresados ya sea en $^{\circ}\text{F}$ y pies/minuto o en $^{\circ}\text{C}$ y metros/segundo.

Realmente, la calculadora necesita tener información sobre la preferencia del usuario. Los factores de conversión de $^{\circ}\text{C}$ y m.s^{-1} están incluidos en el programa.

El programa contiene factores de conversión, ya que twb puede medirse psicrométricamente (tpwb). La calculadora requiere indicación sobre si fue medida tpwb o tnwb. La conversión que puede ser ejecutada en ambas direcciones tnwb $\leftarrow \rightarrow$ tpwb, está basada en la tesis de Romero Blanco (10). (Ver Apéndice).

Esta conversión en las dos direcciones es necesaria debido a que mientras tpwb es usada para establecer la presión de vapor del ambiente (Pa) y E.max., la tnwb se utiliza para calcular el WBGT. Ambos índices, el EHSI y el WBGT, son calculados y presentados (Figuras 1 y 2) como se describe en seguida.

La entrada acerca de las características del trabajador está dada por su producción de calor metabólico y por la ropa que utiliza. Estos datos se pueden obtener en diagramas conocidos. Se puede utilizar el movimiento y las labores durante el trabajo para establecer un valor para M.⁽¹¹⁻¹³⁾. Una vez que se haya establecido, puede utilizarse repetidamente para un oficio dado.

El valor del aislamiento de la ropa puede obtenerse también en diagramas (14). Las situaciones sumi-desnudas requieren 0.3 clo (factor del aislamiento de la ropa) y una camisa de manga larga con pantalones largos utilizados por los trabajadores requieren 0.6 clo.

El valor de clo está incluido en los factores de corrección Fcl y Fpcl que se describen más adelante.

Como se muestra en el diagrama de flujo, esas entradas serán usadas por la calculadora para calcular en

forma inmediata R, C, E. max y dar como resultado E. req. y E. max.

Los cálculos están basados en las ecuaciones siguientes:

$$R = Fcl \cdot Kr \cdot (Tr^4 - Tsk^4) \quad (1)$$

Donde: R: es el intercambio de calor radiante
Fcl: es la corrección para el valor de aislamiento de la ropa

Kr: es el coeficiente para el intercambio de temperatura a energía deducido de la constante de Stefan Boltzman y la emisividad para un cuerpo negro.

Nótese que en esta y en las ecuaciones siguientes T es la temperatura absoluta y t está en °C, así que $T = 273 + t$.

Tsk es la temperatura media de la piel, la cual se considera constante en personas aclimatadas: $t = 36^\circ\text{C}$ y $Tsk = 273 + 36 = 309^\circ\text{K}$.

Tr es la temperatura media radiante que se calcula con la temperatura de globo (tg) así:

$$Tr^4 = (Tg^4 + KgV^{0.5} (tg - tdb)) \quad (2)$$

Kg es el coeficiente de transferencia de calor entre el globo y el aire (15).

Tg es la temperatura absoluta del globo.

$$C = Fcl \cdot KcV^{0.5} (tdb - tsk) \quad (3)$$

Donde: C: es el intercambio convectivo de calor
Kc: es el factor de conversión de temperatura a energía

V: es el movimiento del aire

tdb: es la temperatura de bulbo seco

tsk: es la temperatura media de la piel (considerada constante)

Cuando se ha calculado R y C, se introduce el valor de M y la suma $M \pm R \pm C$ aparece como E req. M se introduce en $\text{Kcal} \cdot \text{hr}^{-1}$ porque en la actualidad es la expresión común para gasto energético. Sin embargo, debe recordarse que Kcal es igual a 4BTU y $\text{Kcal} \cdot \text{hr}^{-1}$ es igual a 1.16W . En nuestro programa, M se convierte en $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ para un trabajador masculino o femenino normal.

El próximo proceso es para la capacidad ambiental de evaporación (E max.):

$$E \text{ max.} = Fpcl \cdot KeV^{0.5} (Psk - Pa) \quad (4)$$

Donde: Fpcl: es la corrección para la barrera que crea la ropa al paso del vapor.

Ke: es el factor de conversión de la presión a energía

Psk: es la presión de vapor de la piel saturada a tsk. Como tsk es constante (36°C), Psk es también constante (44 mm Hg en nuestras unidades).

Pa es la presión de vapor del ambiente, deducida de la tpwb y la tdb, de acuerdo al libro de fundamentos de la ASHRAE (Sociedad Americana de Ingenieros de calor, refrigeración y aire acondicionado).

Los valores para las correcciones y los coeficientes que utiliza nuestro programa están en el Apéndice. Se pueden suministrar en cualquiera de las unidades debido a que hay factores de conversión dentro del programa. Nosotros recomendamos el uso de tpwb, debido a la importancia de Pa en el cálculo de EHSI. La conversión de tpwb a tnwb no afecta la precisión del cálculo de WBGT.

Los factores de conversión (coeficientes) Kr, Kc y Ke son corregidos para el aislamiento de la ropa. Los valores de los coeficientes para cada entrada de calor disminuye a medida que el valor de clo aumenta, ya que cada capa de ropa actúa como una barrera en los intercambios de calor. El programa necesita el valor de clo, el cual es luego incorporado en el factor de corrección. Así, Kr, y Kc, son corregidos por Fcl, y Ke es corregido por Fpcl, cada uno de los cuales está basado en el valor aislante del clo de la ropa (Iclo). Estas correcciones fueron tomadas de Nishi y Gagge (16) como:

$$Fcl = 1/[1 + 0.155 (Kr + Kc) Iclo] \quad (5)$$

$$Fpcl = 1/[1 + 0.143 Kc Iclo] \quad (6)$$

Donde Fcl y Fpcl son respectivamente los límites para transferencia de calor por radiación y convección, y para la permeabilidad a la humedad, y el Iclo es el valor aislante de clo para la ropa.

Siguiendo el resultado de E req., se obtiene la E max. calculada (Figura 1). Después de los cálculos aparece la relación $E \text{ req.}/E \text{ max.} = W$ (W es la que aparece). Debe recordarse que $W = \text{HSI}/100$ y que W representa el grado de humedad debido a la sudoración. Por una parte la sudoración es empeorada a medida que aumenta la humedad. Por lo tanto, el flujo de los cálculos requeridos y el comando de los

datos en la Figura 1 están colocados de modo que cuando $W < 0.7$ se considera que hay condiciones ambientales por debajo del nivel de stress, y entonces puede aparecer en el resultado como "no tensión". Sin embargo el valor de W no se deriva necesariamente sólo de E max., sino del límite de sudoración.

La sudoración se limita a 1 L.hr^{-1} . Este límite es basado en la observación de que, aunque es posible una mayor sudoración durante una o dos horas, la tasa de sudoración declina con el tiempo. En promedio, la sudoración prolongada está limitada a alrededor de 1 L.hr^{-1} . Por lo tanto, no es útil una E max. superior al valor de transferencia de energía evaporativa de 1 L hr^{-1} . Si E max. está por debajo del poder de enfriamiento de la tasa de evaporación de 1 L hr^{-1} (Els) entonces es aplicable el w previamente mostrado. Si $W < 0.7$ las condiciones del ambiente se pueden considerar sin tensión térmica y aparecerá en la calculadora un resultado de "no tensión" (Figura 1). Pero, como se indica en el diagrama de flujo de la Figura 1, la dirección de E max. $>$ Els conduce a reemplazar w con una relación E req/Els. Este nuevo w limitado (liw) es considerado ahora para tensión térmica. Si liw < 0.7 , de nuevo las condiciones no son estresantes y aparece un resultado de "no tensión" en la calculadora.

En resumen, cuando aparece el primer w, el usuario notará que si está por debajo de 0.7 no significa que se deba esperar "no tensión". La zona de exposición segura a calor debe determinarse todavía usando el conocimiento del límite de sudoración. Esto se hace por medio de la calculadora. Si el w o el liw están por encima de 0.7 debe considerarse la eficiencia de evaporación, no da como resultado "seguro" y se computa el EHSI.

INDICADORES EFECTIVOS DE TENSION

El programa está diseñado para seguir adelante con el cálculo de EHSI, como se muestra en la Figura 2: El índice de tensión térmica efectiva (EHSI) relaciona básicamente a W con la eficiencia de sudoración o con el almacenamiento de calor.

La exposición a calor bajo capacidad evaporativa limitada del aire es percibida como incómoda debido al exceso de sudor sobre la piel (17). El grado de humedad es un indicador de la evaporación restringida. La evaporación restringida debe considerarse en la evaluación de la tensión.

La razón para considerar la tensión en el nivel de balance calórico cuando $W > 0.7$ es que a medida que

W aumenta por encima de 0.7, la evaporación se vuelve restringida en forma progresiva y se vuelve importante el sudor que chorrea (18). Por esta razón se estableció una fórmula para la eficiencia de la sudoración (E_{eff}) que expresa la tasa de evaporación como una función de la humedad (19).

$$E_{eff} = S_w Z_s e^{-kw} \quad (7)$$

Donde: E_{eff} : es el sudor evaporado en términos de transferencia de energía

S_w : es la tasa de sudoración limitada a 1 L.hr^{-1}

Z_s : es el factor de conversión del sudor a energía

K: es una constante de regresión

Los valores usados en nuestro programa están en el Apéndice.

El diagrama de flujo de la Figura 2 muestra que w es calculado como la relación de E req. con el que sea más pequeño entre E_{eff} y E max. Con el límite de sudoración impuesto de 1 L.hr^{-1} (Pls en la Figura 1) el programa usa realmente el valor más pequeño de Els, E_{eff} o E max. para $W > 0.7$. Esta es la humedad efectiva (Wwf) que se muestra en la figura 2.

El Wef es el indicador de tensión. Para valores de Wef entre 0.7 y 0.85, aparece la indicación de una "tensión baja"; para valores entre 0.85 y 1 aparece una de "tensión alta" (Figura 2).

El Wef menor de 1 significa que el trabajador no está expuesto a stress por calor, pero tiene un gasto cardiovascular que representa una tensión. La indicación de "baja tensión" significa que hay necesidad de proporcionar algún enfriamiento del stress por calor. Debe proporcionarse un área fresca para los trabajadores tomar el café o el almuerzo.

La indicación de "alta tensión" significa que hay necesidad de disminuir el calor. Debe considerarse entonces las técnicas para enfriamiento y reducción del ritmo de trabajo, combinado con descanso en áreas frescas.

Si Wef es superior a 1, el calor está siendo almacenado en el cuerpo y debe limitarse entonces el tiempo de exposición. El límite está basado en la cantidad de calor almacenado. Un panel de expertos reunidos bajo el auspicio de la Organización Mundial de la Salud (OMS) (20) sugirió la cantidad de calor que aumenta la temperatura interior del cuerpo (T_c) en 1°C (1.8°F). Un aumento de T_c en 1°C generalmente resulta del almacenamiento de alrededor de 60 Kcal.

para un hombre promedio.

Por lo tanto, la relación de 60 a (E_{req} - E_{max}) define el límite de tiempo.

$$\frac{60}{E_{req} - E_{Max}} = 1$$

significa el límite de tiempo de una hora. Si se utilizan otras unidades de tiempo o de energía se deben hacer las correcciones pertinentes. El programa está diseñado para calcular en forma inmediata el límite de tiempo de exposición para $W > 1$, utilizando la diferencia entre E_{req} y la menor de los tres: E_{max} , E_{ls} o E_{eff} . El límite de tiempo aparece inmediatamente en minutos.

Al final de los resultados de tensión o de límite de tiempo, se le pregunta al usuario si este lugar está incluido en el promedio ponderado con el tiempo (TWA) de la planta. Si el usuario desea incluir el lugar, entonces el tiempo gastado por el trabajador en el lugar se debe incluir en el programa (t - en minutos). Cuando se incluye la entrada del tiempo, la calculadora hace un llamado inmediato a E_{req} y E_{max} para adicionarlos a los valores de los lugares estudiados previamente y los almacena separadamente. Este procedimiento permite el cálculo de W y de los niveles de tensión para el TWA. El programa está diseñado para mostrar en forma inmediata el promedio ponderado con el tiempo de E_{req} , E_{max} y W , tanto para el nivel de tensión como para el límite de exposición. Obsérvese que al final de cada proceso aparece también el WBGT calculado (Figuras 1 y 2).

APENDICE

En nuestro programa la transferencia de energía está expresada en términos de $W.m^{-2}$, la temperatura en $^{\circ}C$, la presión del vapor en mmHg y la velocidad del aire en $m.s^{-1}$.

Los coeficientes y las constantes para las ecuaciones de intercambio de calor son las siguientes:

$$R = Fcl \cdot 4.36 \times 10^{-8} [(tr + 273)^4 - 9.117 \times 10^{-9}], W.m^{-2} \quad (1)$$

para:

$$t_t = [\sqrt[4]{(tg + 273)^4 + 2.47 \times 10^8 \times V^{0.5}} (tg - tdb)] - 273, ^{\circ}C \quad (2)$$

$$\overline{tsk} = 36^{\circ}C$$

$$C = Fcl \times 8.5 \times V^{0.6} (tdb - 36), W.m^{-2} \quad (3)$$

$$E_{max} = Fpcl \times 8.5 \times 2.2 \times V^{0.6} (44 - Pa), W.m^{-2} \quad (4)$$

$$44 \text{ es la presión de vapor saturado para la } tsk = 36^{\circ}C \text{ y}$$

$$Pa = Psat - 0.00066 \times BP \times (tdb - tpwb)$$

$$[(1 + 0.00115) \times (tdb - tpwb)], \text{mmHg} \quad (5)$$

$$\text{donde: } Psat = 4.82 e^{-0.0629} tpwb$$

$tpwb$ es el bulbo húmedo psicrométrico, y

BP es la presión barométrica en mmHg

$$E_{eff} = 380 \times 3.06 \times e^{-1.52W} W.m^{-2} \quad (6)$$

Corrección para la Ropa:

$$\text{Para R: } Fcl = 1/(1 + 0.85 Iclo), \text{ no dimensional} \quad (7)$$

$$\text{Para C: } Fcl = 1/(1 + 0.155 \times 8.5 \times V^{0.6} \times$$

$$Iclo), \text{ no dimensional} \quad (8)$$

$$\text{Para E max: } Fpcl = 1/(1 + 0.143 \times 8.5 \times V^{0.6} \times Iclo), \text{ no dimensional} \quad (9)$$

Conversión entre el bulbo húmedo psicrométrico ($tpwb$) y el natural ($tnwb$):

$$tpwb = tnwb - 0.5 - 0.13 (\text{tg}-tdb) \text{ para } V > 1 \text{ m.s.}^{-1}; \text{ en } ^{\circ}C \quad (10)$$

$$tpwb = tnwb - 1.5 - 0.13 (\text{tg}-tdb) \text{ para } V < 1 \text{ m.s.}^{-1}; \text{ en } ^{\circ}C \quad (11)$$

REFERENCIAS

1. Kerslabe, D. McK.: *The Stress of Hot Environments*. Cambridge, Univ. Press, 1972.
2. Lee, D. H. K.: *Seventy-five years of searching for a heat index*. Environmental Research 22: 331 - 356, 1980.
3. Belding, H. S. and Hatch, T. F.: *Index for evaluating heat stress in terms of the resultant physiological strain*. Heat, Pipe, Air Condit, 27: 129 - 136, 1955.

4. ACGHI. Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents in the Work Room Environment with intended Changes for 1972. American Conference of Governmental Industrial Hygienists. pp. 69 - 79, 1972.
5. Department of Labor. Recommendation for a Standard for Work in Hot Environments. Draft No. 5 Standard Advisory Committee on Heat Stress. Washington, DC. Full test given by Bu. of Natl. Affairs, Occupational Safety and Health Reporter 3: 1055, 1974.
6. Botsford, J. H.. A wet globe thermometer for environmental heat measurements. Am. Ind. Hyg. Assoc. J. 32: 1 - 10, 1971.
7. Pulket, C., A. Henschel, W. R. Burg And B.E. Saltzman: A comparison of heat stress indices in a hot-humid environment. Am. Ind. Hyg. Assoc. J. 41: 442 - 449, 1980.
8. Botsford, J. H. A simple method for limiting personal heat exposure. Am. Ind. Hyg. Con. Abstract, 1980.
9. Hatch, T. F. Assessment of heat stress in Temperature. Its Measurement and Control in Science and Industry, edited by J. D. Hardy. Reinhold, NY, v. 3, pp. 306 - 318, 1963
10. Romero Blanco, H. A. Effect of Air Speed and Radiation on the Difference between Natural and Psychrometric Wet Bulb Temperature. Masters Thesis, University of Pittsburgh, 1971.
11. AIHA. Ergonomics guide to assessment of metabolic and cardiac cost of physical work. Am Ind. Hyg. Assoc. J. 32: 560 - 564, 1971.
12. AIHA. Heating and cooling for man in industry. 2a. ed, Chicago, Am. Ind. Hyg. Assoc., 1975.
13. Kamon, E.. Ergonomics guide to matching physically demanding job to the worker. Am. Ind. Hyg. Assoc. J. (in review).
14. ASHRAE:Handbook of Fundamentals. New York. Am Soc. Heat. Refrg. Air Cond. Eng., 1972.
15. Haines, G. F., Jr. and Hatch, T. Industrial heat exposure evaluation and control. Heating and Ventilating Nov. 1952.
16. Nishi, Y. and Gagge, A. P.- Moisture permeation of clothing - a factor governing thermal equilibrium and comfort. ASHRAE Transaction No. 213576: 137 145, 1970.
17. Gagge, A. P., Stolwijk,A. J. and Saltin, B.: Comfort and thermal sensations and associated physiological responses during exercise at various ambient temperatures. Environ. Res. 2: 209 - 229 (1969).
18. Kamon, E., Avellini B.,and Krajewski, J.. Physiological and biophysical limits to work in the heat for clothed men and women. J. Appl. Physiol.: Respirat. Environ. Exer. Physiol. 44: 918 - 925, 1978.
19. Candas, V., Libert, J. P. and Vogt, J. J.: Human skin wettedness and evaporative efficiency of sweating. J. appl. Physiol.: Respirat. Environ. Exer. Physiol. 46: 522 - 528, 1979.
20. Health Factors involved in working under conditions of heat stress, Geneve, World Health Organization 1969 (Technical Report Series, 412).

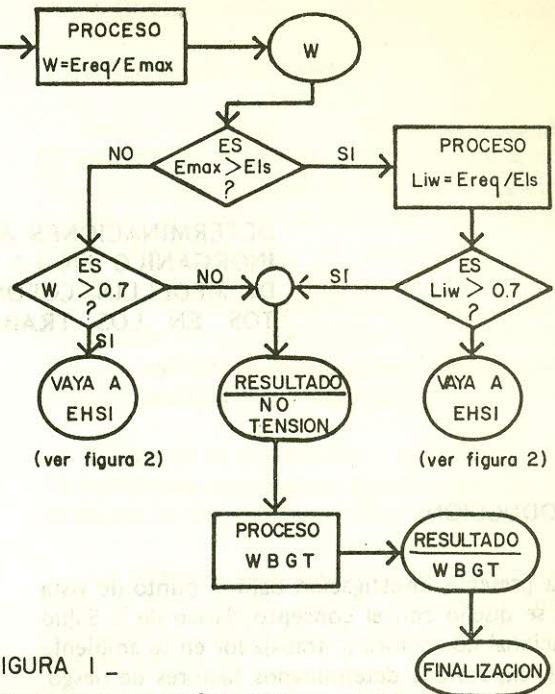
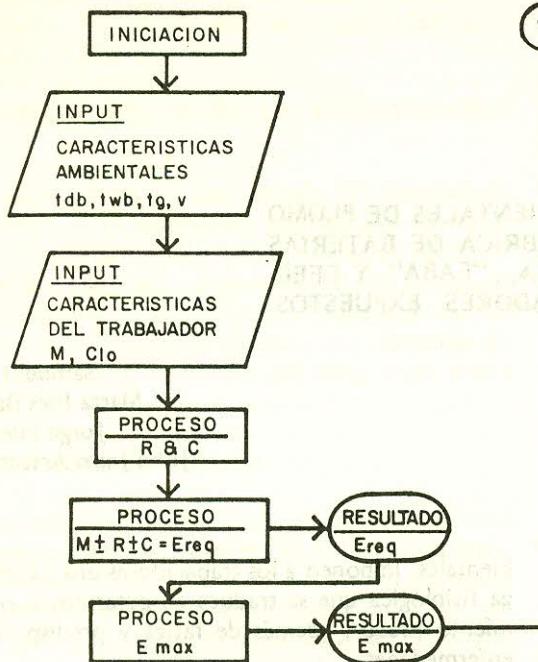


FIGURA 1 -

DIAGRAMA DE FLUJO QUE MUESTRA LA INICIACION DE LA ENTRADA AL INDICE DE TENSION TERMICA Y LAS ETAPAS HASTA QUE APAREZCA LA EXPOSICION SEGURA.

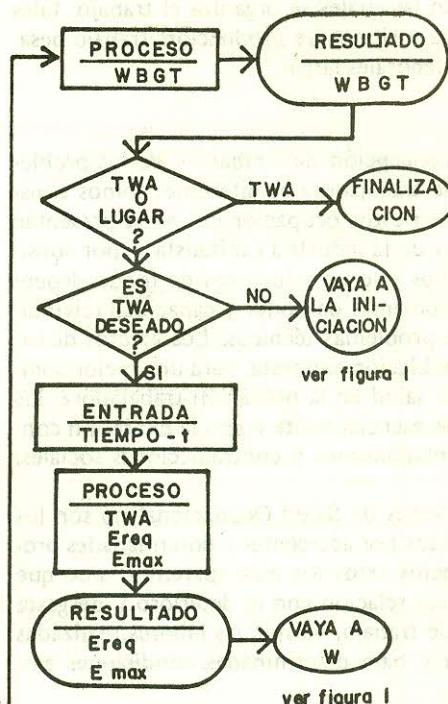
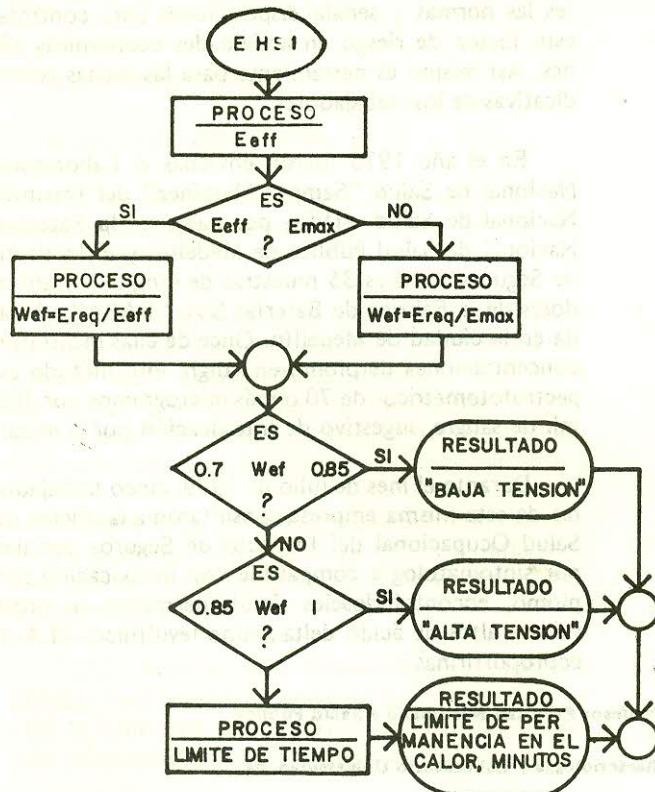


FIGURA 2 -

CONTINUACION DEL DIAGRAMA DE FLUJO PARA EL INDICE DE TENSION TERMICA QUE MUESTRA LAS ETAPAS PARA LOS DIFERENTES NIVELES DE TENSION.