

EVALUACIÓN DEL ESTRÉS TÉRMICO EN UNA EMPRESA DE PRODUCCIÓN TEXTIL

HEAT STRESS ASSESSMENT IN A TEXTILE ENTERPRISE

Ing. Ruginere Suárez Cabrera¹

Lic. Raúl Baqués Merino²

Téc. Rafael Suárez Batista³

RESUMEN

El Instituto Nacional de Salud de los Trabajadores (INSAT) de Cuba desarrolla el estudio "Estrés térmico: su impacto en la efectividad y el confort de los trabajadores". Entre sus objetivos está evaluar el estrés térmico por calor en dos empresas de producción textil, aplicando dos índices térmicos y con la utilización de una nueva tecnología de medición y procesamiento de la información. En el presente artículo se muestran resultados parciales obtenidos en una empresa textil ubicada en Alquizar, provincia de La Habana. Los índices térmicos para evaluar el estrés térmico fueron: la temperatura de globo y bulbo húmedo (WBGT) y la tasa de sudoración requerida (SW_{req}). Deberá seguirse consolidando la asimilación de la nueva tecnología de medición y la utilización de los programas informáticos. No se predice sobrecarga fisiológica de origen térmico entre los trabajadores. Se comprueba la coincidencia de los índices WBGT y SW_{req} en condiciones de terreno en la mayoría de los puestos de trabajo. Se recomienda ejecutar nuevas experiencias en una época del año más calurosa y realizar mediciones de variables ambientales y fisiológicas de forma conjunta.

Palabras clave: Estrés térmico, índices térmicos, higiene del trabajo, ambiente térmicos calurosos

ABSTRACT

Thermal stress and its impact in the effectiveness and comfort of workers is a goal for the National Institute for Workers' Health of Cuba. Among its objectives is to develop techniques to evaluate and process thermal stress by exposition to heat. Thermal indexes to evaluate thermal stress were: Wet Bulb Globe Temperature (WBGT) and Required Sweat Rate (SW_{req}). The study was carried out in two textile plants, thermal strain was not predicted among workers and coincidence between WBGT and SW_{req} indexes were found in most of the workplaces. It was recommended to carry out other studies in the hottest period of the year and combine measurements of environment and physiologic variables.

Key words: Heat stress, thermal indexes, occupational hygiene, hot environments

INTRODUCCIÓN

Muchos trabajadores realizan sus actividades laborales en condiciones de estrés térmico y sobrecarga fisiológica, lo cual puede causar una serie de trastornos de salud, entre ellos trastornos sistémicos como síncope, edema, calambres, agotamiento y golpe de calor, así como trastornos locales tales como afecciones cutáneas¹.

La Organización Internacional de Normalización (The International Organization for Standardization, ISO), ha propuesto métodos de estimación del estrés térmico en ambientes calurosos y elaborado otros documentos complementarios²⁻⁸, algunos de los cuales han sido aprobados o tomados como documentos de referencia para elaborar normas nacionales en algunos países⁹⁻¹³.

En estudios desarrollados por el Instituto Nacional de Salud de los Trabajadores (INSAT) de la República de Cuba, se ha utilizado y evaluado la aplicabilidad del índice térmico *temperatura de globo y bulbo húmedo* (WBGT), propuesto en la norma ISO 7243 para estimar el estrés térmico en ambientes calurosos¹⁴. Este índice se basa en tratar de evitar que la temperatura central del cuerpo exceda de 38°C como consecuencia de la combinación de las condiciones ambientales y la producción interna de calor debida a la actividad física desarrollada por trabajadores vestidos con ropa de verano. El método presenta las siguientes ventajas: a) permite la evaluación del ambiente por medio de un valor único; b) requiere de un equipamiento sencillo; c) el método de cálculo es fácil; d) puede emplearse para ambientes bajo techo y a la intemperie; y e) permite su ponderación para niveles variables de exposición.

ISO recomienda utilizar, además, la *tasa de sudoración*

¹ Ingeniero industrial. Máster en Salud de los Trabajadores. Investigador Auxiliar. Departamento de Riesgos Físicos. Instituto Nacional de Salud de los Trabajadores

² Licenciado en Física. Profesor Instructor. Departamento de Riesgos Físicos. Instituto Nacional de Salud de los Trabajadores

³ Técnico higienista especializado en Medicina del Trabajo. Departamento de Riesgos Físicos. Instituto Nacional de Salud de los Trabajadores

Correspondencia:

Ing. Ruginere Suárez Cabrera

Instituto Nacional de Salud de los Trabajadores

Calzada de Bejuca km 7½, Apartado 9064, CP 10900, Arroyo Naranjo, Ciudad de La Habana, Cuba

E-mail: ruginere@infomed.sld.cu

requerida (SW_{req}), método más preciso pero cuya utilización resulta compleja, para efectuar un análisis más profundo de las condiciones de trabajo en ambientes calurosos, o como complemento donde el índice $WBGT$ indique estrés térmico³.

Con el apoyo del Sindicato de Trabajadores Textiles de Bélgica y de la Universidad de Gante, el INSAT viene desarrollando el estudio titulado "Estrés térmico: su impacto en la efectividad y el confort de los trabajadores", el cual tiene entre sus objetivos evaluar el estrés térmico por calor en dos empresas de producción textil, una en La Habana y la otra en Santiago de Cuba, a partir de la aplicación de los índices térmicos $WBGT$ y SW_{req} , y la utilización de tecnología de medición y programas informáticos adquiridos con ese fin.

Este artículo muestra los resultados obtenidos al aplicar en áreas de la empresa habanera de producción textil los dos índices térmicos recomendados por ISO, para evaluar el estrés térmico en los ambientes calurosos.

MATERIAL Y MÉTODO

El estudio se ejecutó en las áreas de Acabado de la empresa de producción textil ubicada en Alquizar, provincia de La Habana. Las mediciones se realizaron durante 4 días consecutivos de septiembre de 2000 en el horario diurno. El total de puntos de medición fue de 14. Se utilizó el instrumento de medición Testo 454 para medir las variables ambientales: temperatura del aire (t_a), temperatura de globo (t_g), temperatura húmeda natural (t_{nw}), velocidad del aire (v_a) y humedad relativa (RH).

Para la determinación del calor metabólico, se utilizó el método "Utilización de tablas de estimación por actividad tipo"^{10,12}. En los puestos de trabajo donde se estaba laborando se obtuvo la siguiente información: descripción de las actividades, observaciones en un período de tiempo de los movimientos y las posturas del trabajador. El consumo metabólico promedio posteriormente se determinó a partir de la fórmula siguiente^{5,12}:

$$\bar{M} = \frac{1}{T} \sum_1^n M_i \cdot t_i$$

donde:

M Consumo metabólico promedio del ciclo de trabajo

M_i Consumo metabólico de la actividad respectiva

T Duración en segundos del ciclo de trabajo considerado

t_i Duración en segundos de la actividad respectiva

En los puestos de trabajo donde el trabajador no estaba laborando, se estimó M con el método "Clasificación en función del tipo de actividad", a partir de una descripción de la actividad que en él se realiza normalmente y las tablas de las normas ISO 8996 e ISO 7243^{5,12}.

El aislamiento térmico de la ropa (I_{cl}), fue estimado a partir de la combinación de ropa que tenía cada trabajador, y utilizando tablas de las normas ISO 7243 e ISO 9920^{2,7}. Se calculó un valor para cada puesto de trabajo y un valor promedio.

Los índices para evaluar el estrés térmico fueron los de

temperatura de globo y bulbo húmedo ($WBGT$) y de tasa de sudoración requerida (SW_{req}).

En el análisis de los resultados se utilizaron los programas informáticos Confort (versión 2.50), de la firma Testo; Evaluación de las condiciones térmicas del trabajo PHS (versión 4.0), Chaleur (versión 3.0) y $WBGT$, elaborados por J. Malchaire y A. Piette de la Universidad Católica de Louvain, Bélgica. Además, fue utilizado el método presentado en la norma ISO 7243 para el cálculo del $WBGT$ a partir de la ecuación para interiores.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La tecnología de medición y procesamiento donada al INSAT para la evaluación de ambientes térmicos, pudo ser asimilada.

El valor promedio estimado del aislamiento térmico de la ropa (I_{cl}) fue de 0.55 clo.

Se logró también la asimilación de la tecnología de medición y del software "Confort" (versión 2.50) de la firma Testo.

En la tabla 1 se muestran los valores de consumo metabólico calculados o estimados para cada puesto de trabajo. El consumo metabólico (M) no superó los 130 W/m² (234 W), es decir, que dicho consumo metabólico es bajo.

La estimación del aislamiento térmico de la ropa (I_{cl}) por puesto de trabajo para ser usado en nuestros cálculos, se corresponde con la norma ISO 7243.

Las tablas 2, 3, 4 y 5 presentan los valores de $WBGT$ obtenidos cada día con la aplicación de los diferentes procedimientos utilizados, así como los valores límites correspondientes. Además, se muestran los resultados de la interpretación del estrés térmico, basados en el cálculo de la tasa de sudoración requerida (SW_{req}) al aplicar los programas informáticos Chaleur y PHS.

Respecto a los resultados alcanzados en el cálculo del índice de $WBGT$ utilizando los diferentes programas informáticos y el método de la norma ISO 7243 (tablas 2, 3, 4 y 5), podemos señalar lo siguiente:

- Al calcular el índice de $WBGT$ según el método de la ISO 7243 (fórmula), en ninguno de los puntos de medición se superó el valor límite.
- El cálculo del índice de $WBGT$ utilizando los programas informáticos belgas, muestra que en cuatro puntos de medición se supera el valor límite el primero, segundo y (o) tercer día.
- En el caso del índice o tasa de sudoración requerida (SW_{req}), ninguno de los puntos de medición alcanzó a superar los valores de referencia para los diferentes criterios de estrés térmico y de sobrecarga fisiológica por calor al aplicar los programas informáticos Chaleur y PHS, sobre los cuales se necesita recabar mayor información para conocer sus bases de cálculo, pues pensamos que el programa PHS no se ajusta exactamente a la norma ISO 7933, sino a una modificación de ese método que está siendo circulado por ISO para reemplazarlo¹⁴, basado en el método "Predicted Heat Strain" (tablas 2, 3, 4 y 5).

Tabla 1
Valores de consumo metabólico calculados o estimado para cada puesto de trabajo

Puesto de trabajo	W/m ²	Consumo metabólico	W
1	≤ 130*		≤ 234*
2	86		155
3	86		155
4	88		158
5	80		144
6	84		151
7	84		151
8	≤ 130*		≤ 234*
9	≤ 130*		≤ 234*
10	91		164
11	94		169
12	94		169
13	≤ 130*		≤ 234*
14	≤ 130*		≤ 234*

* Valores máximos estimados por no estar laborando el trabajador ($W = W/m^2 \cdot 1,8 m^2$)

Tabla 2
Resultado de las mediciones del primer día

Punto	WBGT								Chaleur		PHS	
	1	2	3	4	5	6	7	8	Estrés térmico		Sí	No
1	27,73	30,00	27,90	27,90	27,90	27,90	27,90	27,90			X	X
2	27,76	30,00	27,90	30,10	28,10	30,10	27,90	30,10			X	X
3	28,54	30,00	29,00	30,10	29,30	30,10	29,00	30,10			X	X
4	27,40	30,00	27,50	30,00	27,50	30,00	27,50	30,00			X	X
5	27,48	30,00	27,60	30,40	27,80	30,40	27,60	30,40			X	X
6	27,35	30,00	27,50	30,20	27,60	30,20	27,50	30,20			X	X
7	27,70	30,00	27,90	30,20	28,10	30,20	27,90	30,20			X	X
8	27,56	30,00	27,50	27,90	27,60	27,90	27,50	27,90			X	X
9	27,63	30,00	27,90	27,90	28,10	27,90	27,90	27,90			X	X
10	27,55	30,00	27,70	29,90	28,00	29,90	27,70	29,90			X	X
11	27,46	30,00	27,70	29,70	28,00	29,70	27,70	29,70			X	X
12	27,49	30,00	27,70	29,70	27,80	29,70	27,70	29,70			X	X
13	27,49	30,00	27,50	27,90	27,60	27,90	27,50	27,90			X	X
14	27,80	30,00	28,10	27,90	28,40	27,90	28,10	27,90			X	X

1 Fórmula ISO 7243

2 Límite ISO 7243

3 Programa belga WBGT

4 Límite programa belga WBGT

5 Programa PHS

6 Límite programa PHS

7 Programa Chaleur

8 Límite programa Chaleur

Para las condiciones en que fueron realizadas las mediciones, no existe estrés térmico en los puestos de trabajo estudiados y, por tanto, no se puede predecir sobrecarga fisiológica de origen térmico entre los trabajadores, lo cual no quiere decir que no exista influencia negativa del ambiente térmico sobre la efectividad y el confort de los trabajadores.

Los valores de M tiene gran incidencia al establecer o calcular los valores límites; pensamos que puede ser la causa de la diferencia entre los resultados de aplicar los programas informáticos belgas y al utilizar las fórmulas de la norma

ISO, pues según información que suministra el programa Chaleur, el WBGT límite se calcula por:

$$WBGT_{límite} = 34,5 - \frac{M}{19,7}$$

Se debe ampliar la información sobre el funcionamiento de los programas informáticos utilizados, en especial si los métodos de evaluación se ajustan a las normas ISO o han sido modificados, el cálculo de M y el cálculo del valor límite de WBGT.

Tabla 3
Resultado de las mediciones del segundo día

Punto	WBGT								Chaleur		PHS	
	1	2	3	4	5	6	7	8	Estrés térmico		Sí	No
1	27,08	30,00	27,21	27,90	27,21	27,90	27,21	27,90	X		X	
2	27,24	30,00	27,41	30,10	27,41	30,10	27,41	30,10	X		X	
3	27,44	30,00	27,70	30,10	27,41	30,10	27,70	30,10	X		X	
4	26,40	30,00	26,71	30,00	27,33	30,00	26,71	30,00	X		X	
5	27,05	30,00	27,25	30,40	27,41	30,40	27,25	30,40	X		X	
6	27,19	30,00	27,61	30,20	27,61	30,20	27,60	30,20	X		X	
7	27,15	30,00	27,38	30,20	27,36	30,20	27,35	30,20	X		X	
8	27,28	30,00	27,60	27,90	27,66	27,90	27,60	27,90	X		X	
9	27,37	30,00	27,66	27,90	27,66	27,90	27,66	27,90	X		X	
10	27,94	30,00	28,22	29,90	28,22	29,90	28,22	29,90	X		X	
11	28,07	30,00	28,34	29,70	28,36	29,70	28,34	29,70	X		X	
12	28,06	30,00	28,10	29,70	28,12	29,70	28,12	29,70	X		X	
13	28,03	30,00	28,22	27,90	28,22	27,90	28,22	27,90	X		X	
14	29,11	30,00	29,06	27,90	29,18	27,90	29,14	27,90	X		X	

1 Fórmula ISO 7243 2 Límite ISO 7243 3 Programa belga WBGT 4 Límite programa belga WBGT
5 Programa PHS 6 Límite programa PHS 7 Programa Chaleur 8 Límite programa Chaleur

Tabla 4
Resultado de las mediciones del tercer día

Punto	WBGT								Chaleur		PHS	
	1	2	3	4	5	6	7	8	Estrés térmico		Sí	No
1	27,44	30,00	27,55	27,90	27,57	27,90	27,55	27,90	X		X	
2	28,40	30,00	28,62	30,10	28,62	30,10	28,52	30,10	X		X	
3	29,90	30,00	30,35	30,10	30,52	30,10	30,40	30,10	X		X	
4	27,95	30,00	28,02	30,00	28,17	30,00	28,17	30,00	X		X	
5	27,60	30,00	27,75	30,40	27,75	30,40	27,75	30,40	X		X	
6	27,71	30,00	27,87	30,20	27,87	30,20	27,87	30,20	X		X	
7	27,38	30,00	27,80	30,20	27,92	30,20	27,80	30,20	X		X	
8	27,51	3,00	27,67	27,90	27,72	27,90	27,67	27,90	X		X	
9	27,68	3,00	27,92	27,90	27,97	27,90	27,92	27,90	X		X	
10	28,12	3,00	28,27	29,90	28,32	29,90	28,27	29,90	X		X	
11	28,39	3,00	28,57	29,70	28,57	29,70	28,57	29,70	X		X	
12	28,13	3,00	28,30	29,70	28,30	29,70	28,30	29,70	X		X	
13	28,12	3,00	28,30	27,90	28,35	27,90	28,30	27,90	X		X	
14	28,67	3,00	28,45	27,90	28,97	27,90	28,95	27,90	X		X	

1 Fórmula ISO 7243 2 Límite ISO 7243 3 Programa belga WBGT 4 Límite programa belga WBGT
5 Programa PHS 6 Límite programa PHS 7 Programa Chaleur 8 Límite programa Chaleur

Se logró alcanzar el objetivo de utilizar en un trabajo práctico los dos índices térmicos, comparar sus resultados en condiciones de terreno y comenzar la asimilación del índice SW_{req} , el cual no había sido aplicado antes en el INSAT. A partir de las normas ISO 7933:1989 y UNE-EN 12515, nos dimos a la tarea de adaptar e iniciar las pruebas de funcionamiento de un programa informático para el cálculo de la tasa de sudoración requerida y la duración límite de exposición en cualquier ambiente térmico.

Como conclusiones del estudio, se establecen las siguientes:

1. Deberá seguirse consolidando la asimilación de la nueva tecnología de medición y utilización de los programas informáticos; de estos últimos se deberá recabar más información a través de los especialistas belgas que participen en el proyecto.
2. Para las condiciones en que fueron realizadas las mediciones, en ninguno de los puntos se supera el valor límite de WBGT al aplicar el método ISO 7243 (fór-

- mula). No ocurre lo mismo al utilizar los programas informáticos belgas, pues cuatro de ellos en algún momento superan el valor límite.
- Ninguno de los puestos de trabajo alcanzó a superar los valores de referencia para los diferentes criterios de estrés térmico y de sobrecarga fisiológica por calor al aplicar los programas informáticos Chaleur y PHS.
 - En los puestos de trabajo estudiados no existe estrés térmico y, por tanto, no se predice sobrecarga fisiológica de origen térmico entre los trabajadores a partir de las condiciones ambientales evaluadas.
 - Se comprueba la coincidencia en los resultados de los índices $WBGT$ y SW_{req} en condiciones de terreno para la mayoría de los puestos de trabajo.

Tabla 5
Resultado de las mediciones del cuarto día (*)

Punto	WBGT								Chaleur		PHS	
	1	2	3	4	5	6	7	8	Sí	No	Sí	No
1	25,37	30,00	25,60	27,90	25,60	27,90	25,60	27,90	X		X	
2	27,29	30,00	27,30	30,10	27,30	30,10	27,30	30,10	X		X	
3	27,41	30,00	27,80	30,10	27,80	30,10	27,80	30,10	X		X	
4	25,63	30,00	25,80	30,00	25,80	30,00	25,80	30,00	X		X	
5	26,18	30,00	26,50	30,40	26,80	30,40	26,50	30,40	X		X	
6	26,04	30,00	26,40	30,20	26,50	30,20	26,40	30,20	X		X	
7	25,87	30,00	26,20	30,20	26,20	30,20	26,20	30,20	X		X	
8	25,93	30,00	26,20	27,90	26,30	27,90	26,20	27,90	X		X	
9	25,89	30,00	26,30	27,90	26,30	27,90	26,30	27,90	X		X	
10	26,53	30,00	26,60	29,90	26,60	29,90	26,60	29,90	X		X	
11	26,58	30,00	26,80	29,70	26,80	29,70	26,80	29,70	X		X	
12	26,94	30,00	27,40	29,70	27,40	29,70	27,40	29,70	X		X	
13	26,80	30,00	27,20	27,90	27,20	27,90	27,20	27,90	X		X	
14	27,52	30,00	27,80	27,90	27,90	27,90	27,80	27,90	X		X	

(*) Día lluvioso

- 1 Fórmula ISO 7243 2 Límite ISO 7243 3 Programa belga $WBGT$ 4 Límite programa belga $WBGT$
5 Programa PHS 6 Límite programa PHS 7 Programa Chaleur 8 Límite programa Chaleur

Finalmente, se recomienda lo siguiente:

- Ejecutar nuevas experiencias en la aplicación conjunta de los índices $WBGT$ y SW_{req} en una época del año donde se alcancen condiciones microclimáticas más desfavorables.
- Buscar información específica sobre los programas informáticos belgas.
- Realizar mediciones de variables ambientales y fisiológicas de forma conjunta en la continuación de la ejecución del proyecto.

BIBLIOGRAFÍA

- Ogawa T. Heat disorders. En: Stellman JM. Encyclopaedia of occupational health and safety. Vol. II. 4th ed. Geneva: International Labor Office; 1998. P. 42.7.
- ISO 7243: Hot environments. Estimation of the heat stress on working man, based on the WBGT index (wet bulb globe temperature); 1982.
- ISO 7933: Hot environments - Analytical determination and interpretation of thermal stress using calculation of required sweat rate; 1989.
- ISO 7726: Thermal environments - Instruments and methods for measuring physical quantities; 1985.
- ISO 8996: Ergonomics. Determination of metabolic heat production; 1990.
- ISO 11399: Ergonomics of the thermal environment - Principles and application of relevant International Standards; 1995.
- ISO 9920: Ergonomics of the thermal environment - Estimation of the thermal insulation and evaporative resistance of a clothing ensemble; 1995.
- ISO 9886: Ergonomics - Evaluation of thermal strain by physiological measurements.
- UNE-EN 12515: Ambientes cálidos - Determinación analítica del estrés térmico mediante el cálculo de la tasa de sudoración requerida; 1997.
- UNE-EN 27243: Ambientes cálidos - Estimación del estrés térmico del hombre en el trabajo basado en el índice WBGT; 1995.
- UNE-EN 27726: Ambientes térmicos. Instrumentos y métodos de medida de los parámetros físicos; 1995.
- UNE-EN 28996: Ergonomía. Determinación de la producción de calor metabólico; 1995.
- Norma Oficial Mexicana NOM-015-STPS-2001. Condiciones térmicas elevadas o abatidas. Condiciones de seguridad e higiene; 2001.
- Padilla C. Aplicabilidad de la norma ISO 7243 en la

normalización de ambientes térmicos. Trabajo para optar por el título de Master en Salud de los Trabajadores. La Habana: Instituto Nacional de Salud de los Trabajadores; 2000

15. Malchaire J. ISO / CD 7933: Ergonomics of the thermal environment: Analytical determination and interpretation of heat stress using calculation of the Predicted Heat Strain; 2000.