



Salud de los Trabajadores

ISSN: 1315-0138

st.revista@gmail.com

Universidad de Carabobo

Venezuela

Castillo, Juan; Orozco, Alejandro

Evaluación de un método de cálculo para estimar la carga de trabajo en trabajadores
expuestos a condiciones térmicas extremas.

Salud de los Trabajadores, vol. 18, núm. 1, enero-junio, 2010, pp. 17-33

Universidad de Carabobo

Maracay, Venezuela

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=375839295003>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

Evaluación de un método de cálculo para estimar la carga de trabajo en trabajadores expuestos a condiciones térmicas extremas.

Evaluation of a calculation method for estimating work load in workers exposed to thermal stress.

Juan Castillo^{1*} & Alejandro Orozco^{2*}

Resumen

La estimación de la carga de trabajo es un problema central cuando se debe determinar el tiempo de trabajo y la distribución de tareas en el diseño de un sistema de trabajo. Para ello, se requiere contar con herramientas que permitan realizar una evaluación rápida y objetiva con el fin de establecer periodos de trabajo y de reposo de los trabajadores -carga de trabajo- en entornos industriales. En esta investigación se usó como eje central de estudio la actividad de los trabajadores utilizando la metodología de los actogramas analíticos de la acción, el registro de datos se realiza con la ayuda del software Kronos, y para la estimación de la carga de trabajo se modificó la ecuación para el cálculo de la tasa metabólica media presentada en los TLV's y la guía de seguridad: exposition professionnelle à la chaleur, finalmente para determinar el índice de confort térmico se tomó como referencia los índices de estrés térmico y los índices de exigencia térmica desarrollados por Malchaire (1986). Los resultados del estudio permiten establecer la necesidad del uso de un modelo de cálculo que integre las diversas variables (estructura de las tareas y actividades, tiempo efectivo de exposición, índice WBGT). El modelo de análisis desarrollado permite determinar la carga de trabajo. Sin embargo, se debe tomar en cuenta que la estimación de la carga de trabajo requiere una correcta identificación de la relación entre la situación de trabajo y las exigencias de orden fisiológico en el trabajo. Aplicación industrial: el método desarrollado en este estudio es un instrumento fiable y válido para evaluar la carga de trabajo físico para las condiciones de estrés térmico.

Palabras Clave: Ergonomía, Carga de Trabajo, Calor.

Abstract

Accurate estimation of physical load represents a challenge when determining optimal working times and distribution of tasks in work system design. Tools that allow a rapid and objective evaluation, for the purpose of establishing adequate work-rest cycles, are needed in industrial environments. In this study, worker activity was measured through the use of action analytical actigrams, aided by Kronos data logging software. For estimation of physical work load we used a modified equation based on the average metabolic rate calculation described in the TLV booklet and on the safety guide "Exposition professionnelle à la chaleur". Calculation of the thermal comfort index was based on the thermal stress and thermal demands indices developed by Malchaire (1986). Results from this study establish that physical work load estimation requires the use of a model that calculates and integrates several variables (tasks and activities structure, effective time of exposure, and WBGT index). The analytical method used allows estimation of physical work load. However, it should be recognized that physical work load estimation requires the correct identification and understanding of the relationships between work conditions and the physiological demands of the job. Industrial application: the method developed in this study represents a reliable and valid tool for assessing physical work load under conditions of thermal stress.

Keywords: Ergonomics, Work Load, Hot Temperature.

¹ Profesor principal, investigador. Universidad del Rosario. Grupo de Investigación Salud, Cognición, Trabajo, Escuela de Medicina y Ciencias de la Salud. Colombia e-mail: Juan.castillom@urosario.edu.co

² Fisioterapeuta, Investigador. Universidad del Rosario. Grupo de Investigación Salud, Cognición, Trabajo, Escuela de Medicina y Ciencias de la Salud. Colombia

* Grupo de Investigación Salud, Cognición, Trabajo, Escuela de Medicina y Ciencias de la Salud, Universidad del Rosario.

Introducción

En el desarrollo de este estudio, tres nociones son equiparadas: en primer lugar los problemas relativos a la estimación de la carga de trabajo, luego la relación de ésta con los problemas de exposición a temperaturas extremas y finalmente las herramientas para estimar los tiempos de exposición y de equilibrio de la carga de trabajo.

Las tareas desarrolladas con exposición a temperaturas extremas, se pueden definir como actividades en las que debido a las exigencias físicas, cognitivas y a la naturaleza del entorno, cada individuo debe poner en marcha una serie de recursos, capacidades, habilidades, conductas físicas y psíquicas para lograr los objetivos determinados en cada caso. Estas actividades tienen como propósito satisfacer los requerimientos y exigencias de la tarea asignada. En este caso, el análisis de las actividades que determinan la carga física de trabajo se constituye en un aspecto relevante para el diseño adecuado de dichas tareas, pues permite comprender el esfuerzo que realizará el trabajador que se someterá a dicho trabajo.

1. La carga de trabajo

La carga física de trabajo se entiende como el conjunto de requerimientos físicos a los que está sometida una persona a lo largo de su jornada laboral. La Norma Belga NBX 10-001 (1981), hace una distinción entre la carga externa (las exigencias de la tarea) que puede tener efectos sobre la salud del individuo y la carga interna (costo fisiológico y cognitivo) cuyo efecto varía en función de las características individuales de cada trabajador.

En la estimación de la carga física de trabajo con exposición térmica, es necesario recordar qué trabajos que involucran actividades cerca de fuentes de calor radiante, contacto directo con objetos calientes, humedad elevada, pueden inducir estrés térmico a los trabajadores expuestos. Para estos casos es difícil predecir los efectos de la exposición sobre los individuos, ya que la susceptibilidad individual varía en función de una gran cantidad de variables (edad, peso, factor de aclimatación, metabolismo de base, tipo de vestimenta, intensidad del trabajo, hipertensión, entre otras). En este sentido, determinar la carga de trabajo, resulta un problema complejo en razón a la naturaleza del entorno de trabajo, así como por las características y tipo de exposición a las condiciones de exigencia térmica.

La evaluación de la carga física en el trabajo, se lleva a cabo a partir del análisis de los elementos que implican exigencias físicas (consumo energético), también los efectos que generan estos elementos en las estructuras corporales relacionadas con el movimiento humano, es decir, la carga física biomecánica y desde el punto de vista de la psicofísica, que define y califica las reacciones humanas (subjetivas), se determina la carga física a partir de la experiencia expresada por el trabajador al exponerlo a una carga física que cree que es capaz de soportar.

Desde el punto de vista de las condiciones biomecánicas, para determinar la carga de trabajo, se realiza un análisis de la composición de los movimientos y de los esfuerzos que se encuentren asociados a la actividad de trabajo. Así, es posible establecer dos tipos de trabajo: estático o dinámico. El trabajo estático se entiende como la actividad que exige una contracción isométrica (contracción prolongada donde se desarrolla fuerza, sin desplazamiento del segmento corporal en el espacio), comprimiendo los vasos sanguíneos, disminuyendo el aporte de sangre y de oxígeno a los tejidos, en este caso el músculo obtiene la energía de forma anaeróbica, acumulando toxinas que no pueden ser eliminadas rápidamente.

El trabajo muscular dinámico se caracteriza por la producción de contracciones musculares excéntricas o concéntricas (acortamiento o elongación de la fibra muscular, con desplazamiento de un segmento en el espacio), seguido por períodos de relajación, lo cual contribuye a mantener la irrigación sanguínea por efecto de bombeo. Produciendo fatiga a mediano o largo plazo en función de la carga ejercida.

Para efectuar el análisis biomecánico, se hace uso de métodos de apreciación de experto basado en listas de chequeo. En ellos se evalúa la forma como se presentan los movimientos repetidos, se establece si éstos son forzados, se identifican las posturas adoptadas, y se analiza la manipulación de cargas, entre otros. Dichos métodos basan la cuantificación, la estimación y el análisis de los efectos de dichas condiciones en la experiencia del evaluador. También se usan métodos de estudio, basados en el registro de indicadores fisiológicos directos, tales como la electromiografía de superficie que registra la actividad eléctrica asociada a la contracción de las unidades motoras, método que permite saber en qué momento y cuáles son los músculos que se activan al realizar una tarea, así como calcular el esfuerzo y la fatiga resultantes.

Finalmente, también se usa con frecuencia el método de evaluación de tipo psicofísico, éste se encarga de explicar las relaciones entre las respuestas subjetivas basadas en la experiencia del trabajador en relación con los estímulos físicos recibidos. Este tipo de método busca determinar la magnitud de la carga física a la que se encuentra sometido un trabajador. Los valores se obtienen incrementando o disminuyendo la exigencia física, hasta que se alcanza el valor de esfuerzo máximo que el trabajador estima puede tolerar en un período de tiempo dado.

Este procedimiento tiene algunas restricciones, pues los límites referidos pueden exceder la capacidad del trabajador y generar daños futuros por sobre-estimación de las capacidades. Un ejemplo de estos métodos, es la escala de Borg (1982), esta escala suministra una estimación personal de la intensidad de trabajo que se está realizando y sus valores corresponden a las respuestas del trabajador (15 estadios).

2. Confort térmico

En el estudio de la carga de trabajo el confort térmico es un elemento central de análisis para comprender las formas de exposición a temperaturas extremas y para determinar la magnitud de la carga de trabajo. Para obtener este valor se recurre con frecuencia al uso de modelos de cálculo que permiten estimarlo. El confort térmico se define como la *“condición de percepción mental, que expresa satisfacción con el entorno térmico”*, de acuerdo a esta definición, es una sensación subjetiva. Se puede decir que la estimación de la carga de trabajo y la percepción de confort térmico se constituyen en gran medida por indicadores subjetivos; en el primer caso, el valor expresado se encuentra asociado a la estimación de la capacidad física que hace el propio trabajador y en el segundo caso, el confort se encuentra asociado a la condición de aclimatación que ha vivenciado este mismo trabajador.

El desarrollo de índices e instrumentos que permitan la estimación de estos valores ha sido objeto de diversos trabajos en fisiología del trabajo, principalmente. En el caso del confort térmico, de acuerdo a Epstein & Moran (2006) existe una diversidad de índices para la estimación del confort térmico y del estrés térmico. Éstos pueden agruparse en tres grandes categorías: “índices racionales”, “índices empíricos” e “índices directos”. A continuación se hace una breve descripción.

Las dos primeras categorías: *“racionales y empíricos”* hacen uso de índices sofisticados de origen fisiológico y de registros variados tomados en el entorno de trabajo. Los índices directos hacen uso de variables básicas presentes en el entorno de trabajo. Actualmente, el uso de estos índices muestra que los resultados de gran parte de estas investigaciones, han conducido a la elaboración de al menos 14 normas por la ISO (Internacional Standard Organization). El número de índices presentes en el estudio de este fenómeno refleja la complejidad del problema, lo que indica a su vez las dificultades existentes para la elaboración de un modelo de predicción. También pone de manifiesto la dificultad para desarrollar una herramienta útil, económica en tiempo y de simple aplicación en situaciones de trabajo diversas.

En la práctica, para la aplicación y uso adecuado de la mayoría de estas herramientas, así como para el cálculo preciso de los índices, se necesitan numerosas y detalladas mediciones. La toma de estas mediciones es a veces un procedimiento complejo y demanda competencias especializadas para el registro e interpretación de los índices. Por ejemplo, para el levantamiento de datos, se hace necesario que el registro de éstos pueda llevarse a cabo en el marco de una situación estabilizada de trabajo, con condiciones planificadas de realización de la tarea y para períodos de exposición prolongada.

Estas condiciones son difíciles de cumplir tomando en cuenta el avance tecnológico, donde se tienen períodos de exposición cortos. Adicionalmente, hoy día las organizaciones recurren a empresas exteriores o trabajadores con vínculo temporal, lo que adjunta al estudio de la situación *la temporalidad de los trabajadores, el desconocimiento del trabajo, la falta de aclimatación*, entre otros aspectos. En estos escenarios los índices fisiológicos son difíciles de registrar o a veces resultan inadaptados para ser aplicados a las situaciones de trabajo, por ello se requieren útiles e índices más adaptados a estas condiciones cambiantes de trabajo.

Justamente, cuando se hace referencia al factor de aclimatación de los trabajadores, se indica que habitualmente la aclimatación es el resultado de una exposición prolongada y repetida a unas condiciones térmicas más o menos estabilizadas. Esta exposición trae como efecto, que el trabajador desarrolle adaptaciones que permiten una mejor tolerancia al calor o al frío. Sin embargo, dicha aclimatación no es permanente,

de acuerdo a Pandolf (1988) las adaptaciones de aclimatación pueden desaparecer después que el trabajador tiene períodos de tiempo sin exposición a la condición térmica, por ejemplo, después de disfrutar sus vacaciones o de desarrollar actividades en otras áreas de la empresa por períodos de tiempo.

De otro lado, para estimar la carga física de trabajo en términos de gasto metabólico y determinar la aparición de la fatiga, es importante tomar en cuenta que las adaptaciones desarrolladas por el trabajador, le permiten alcanzar una mayor eficiencia en la eliminación de agua, con una mejor redistribución de la sudoración del tronco hacia los miembros, una temperatura central y cutánea más adaptada, lo que significa un menor incremento de la frecuencia cardíaca. De allí la importancia de incluir el factor de aclimatación en el estudio de la carga de trabajo en condiciones de estrés térmico.

2.1 El índice WBGT

Este es uno de los índices utilizados con mayor frecuencia en el estudio de exposición a calor y para estimar el confort térmico. En el campo de la higiene industrial, el índice WBGT (Wet Bulb Globe Temperature) es utilizado para establecer la relación entre la temperatura del globo negro (tg) y la temperatura húmeda natural (thn).

El cálculo se realiza de acuerdo a los lineamientos establecidos en la Norma ISO7243 (1982). La Norma también propone valores límites de WBGT, para este índice los límites se han calculado “*en función del metabolismo y de los factores de aclimatación, para trabajadores en buen estado de salud y con un factor de aislamiento térmico de 0,6 Clo*” (Tabla N° 1).

Tabla N° 1. Ejemplos de valores límites admisibles de exposición al calor para determinar el régimen de trabajo de acuerdo a la Norma ISO7243 (1982)

Valores en °C WBGT**			
Régimen de trabajo y de reposo	Carga de trabajo		
	Ligero	Moderado	Intenso
Trabajo Continuo	30.0°C	26.7°C	25.0°C
75% trabajo y 25% reposo por hora	30.6°C	28.0°C	25.9°C
50% trabajo y 50% reposo por hora	31.4°C	29.4°C	27.9°C
25% trabajo y 75% reposo por hora	32.2°C	31.1°C	30.0°C
** En la medida que la carga de trabajo aumenta, el impacto del calor sobre un trabajador no aclimatado se aumenta. Para los trabajadores No aclimatados que ejecutan un trabajo de nivel Moderado, el TLV admisible de exposición debe ser reducido en 2,5°C aproximadamente.			

En la práctica el índice WBGT requiere mediciones precisas, con el fin de establecer qué trabajadores se encuentran expuestos a exigencias térmicas. Por ello, si después de analizar los períodos de exposición, de reposo y comparar los índices, se encuentra que los resultados obtenidos sobrepasan los 25°C, se considera necesario realizar un análisis más profundo de las condiciones de ejecución del trabajo (intensidad de la demanda metabólica) y de las condiciones de exposición a las condiciones térmicas (frecuencia de exposición y aislamiento térmico). Por lo cual, el índice sólo da acceso a la identificación de una situación en la cual la exposición puede significar riesgos para la salud del trabajador y que por tanto la situación requiere de estudios más específicos (índice de sudoración requerida, por ejemplo). Esto indica que este índice debe tomarse como referencia, ya que cuando se toman decisiones basados exclusivamente en estos resultados

se puede incurrir en errores al estimar la carga de trabajo y al definir los períodos de recuperación.

3. Estimación del metabolismo de trabajo

Este es otro de los recursos más utilizados para el estudio del estrés térmico, este valor permite establecer “*el costo energético de la carga muscular asociada a la conversión de azúcares y grasas en energía mecánica y térmica, dando lugar a un índice numérico de la actividad*”. De acuerdo a Martinet & Meyer (1999), el gasto energético o metabolismo de trabajo puede ser estimado en una situación de trabajo a partir de tres métodos: “*la determinación del consumo de oxígeno, la medida de la frecuencia cardíaca y el análisis de la tarea*”. Los dos primeros requieren la instrumentación del individuo, lo que resulta a veces complicado en situación de trabajo real.

El tercero es un método indirecto que se lleva a cabo a partir de un análisis estructurado de la tarea. El cálculo indirecto del metabolismo se realiza a partir de tablas, esta es una técnica relativamente confiable ya que en la mayoría de las actividades, prácticamente toda la energía resultante del metabolismo se transforma en calor.

Existen diversas tablas de cálculo del gasto energético, las cuales especifican los costos metabólicos de ciertas actividades. Generalmente, se utilizan las

tablas resultantes de los trabajos de Spitzer & Hettinger (1966) & Ainsworth, Haskell, Leon, Jacobs, Montoye, Sallis & Paffenbarger (1993), así como la Norma ISO8996:2004. Estas tablas establecen al menos cinco clases de metabolismo (Tablas N° 2, N° 3 y N° 4).

Para efectuar cálculos más detallados, se han desarrollado tablas donde se especifican metabolismo por profesiones, en función de la postura de trabajo, de la velocidad de trabajo y de la intensidad del trabajo.

Tabla N° 2. Clasificación del metabolismo

Equivalencias para la clasificación del metabolismo		
Tipo	Watts*	Kcal/hora
Reposo	115	99
Ligero	180	155
Moderado	295	254
Elevado	415	357
Muy elevado	520	447

*1 watt= 0,861 kcal/h

**Tabla N° 3. Valor promedio de la velocidad de metabolismo en diversas actividades.
A partir de Spitzer y Hettinger, 1966 & Ainsworth et al, 1993**

Tipo de trabajo		Promedio Kcal/min	Margen Kcal/min
Trabajo con las manos	Ligero	.4	0.2 - 1.2
	Intenso	.9	
Trabajo con un brazo	Ligero	1.0	0.7 - 2.5
	Intenso	1.7	
Trabajo con dos brazos	Ligero	1.5	1.0 - 3.5
	Intenso	2.5	
Trabajo con el tronco	Ligero	3.5	2.5 - 15.0
	Moderado	5.0	
	Intenso	7.0	
	Muy Intenso	9.0	
Trabajo con todo el cuerpo	Ligero	3.5	
	Moderado	5.0	2.5 - 15
	Intenso	7.0	
	Muy Intenso	9.0	

La evaluación de la carga de trabajo a partir del cálculo del metabolismo de base es un método práctico, sin embargo, requiere de una observación precisa y sistemática de la situación de trabajo, lo cual permite descomponer las tareas en acciones. Al tiempo es necesario realizar un estudio detallado de los tiempos empleados en la ejecución de cada una de las acciones que hacen parte de la tarea, el objetivo perseguido

busca establecer correctamente los períodos efectivos de duración de las acciones (definido en este estudio como: *Te: tiempo efectivo de la acción*).

Al hacer uso de las tablas se debe tomar en cuenta que éstas han sido elaboradas considerando un sujeto estándar, en consecuencia en función de las condiciones de trabajo y de las características del trabajador el

metabolismo puede variar y por ello se deben efectuar los ajustes necesarios.

Se considera que para una persona formada a la actividad (trabajador experimentado y aclimatado), la variación puede ser del orden del 5% con respecto a los datos de laboratorio, cuando en el terreno de trabajo

la ejecución de la tarea presenta grandes variaciones (es decir, cambian espontáneamente las condiciones de ejecución, lo que hace que la tarea no sea exactamente la misma de un ciclo a otro), en estos casos la diferencia metabólica puede ser hasta de 20% de acuerdo a Malchaire (2003), y de 15% de acuerdo a Spitzer & Hettinger (1966).

**Tabla N° 4. Valores promedio para metabolismo postural.
De acuerdo a Spitzer & Hettinger, 1966 & Ainsworth et al, 1993**

Posición del cuerpo y movimientos	Kcal/Min
Sentado	.3
De pie	.6
Posición curvado	.21
Acurrucado	.5
Caminando	2.0 – 3.0
En marcha ascendente	Adicionar 0.8 por metro baranda de ascenso

En el análisis de un trabajo, el uso de la observación sistemática de una tarea, tiene como finalidad evaluar y analizar cada fase de la actividad, vinculando la postura en la que se ejecuta el trabajo, los movimientos de los miembros superiores (MMSS) y la intensidad de ejecución de cada acción. Para lograr este objetivo se necesitan altas competencias del observador en este campo para obtener un registro de datos preciso y detallado. Se requiere de igual manera, coleccionar datos que provengan de varios y diversos períodos de observación.

En la evaluación del metabolismo de trabajo se considera la existencia de condiciones térmicas exigentes, cuando se presenta una variación de 10

a 20 watts (8.5 a 17.1 Kcal/Hora), esta variación se asociará a la pérdida térmica por transpiración. Por ello, el cálculo que se realice debe considerar e incluir el índice Clo, este índice indica el nivel de aislamiento térmico de la vestimenta empleada en el desarrollo de una tarea. La Norma ISO9920:1995 permite determinar el aislamiento térmico y la resistencia a la evaporación de agua del conjunto de vestimentas de un individuo (Tabla N° 5).

Por ejemplo, la vestimenta habitual o conjunto de trabajo azul que usan los trabajadores en la industria colombiana, tiene un índice de aislamiento aproximado de 0,6 Clo.

Tabla N° 5. Factores de corrección de los TLV WBGT en °C para vestuario

Vestuario	Valor de Clo **	Corrección WBGT
Uniforme de trabajo de verano	6	0
Conjunto de algodón	10	2
Uniforme de trabajo de invierno	14	4
Uniforme aislante permeable	12	6

** Clo: unidad de aislamiento térmico de la vestimenta. Un Clo = 5.55 Kcal/m²/H de intercambio de calor por radiación y convección para cada °C de diferencia de temperatura entre la piel y la temperatura seca ajustada.

Fuente: Norma ISO9920:1995

En el estudio de una tarea en la cual un trabajador se encuentra expuesto a condiciones térmicas exigentes y que demanda una exigencia física importante, se establecen algunas interrogantes respecto a la forma de realizar el cálculo del régimen de trabajo y respecto a las condiciones de confort térmico: el más importante se refiere al propósito buscado con el uso de instrumentos y equipos para el registro, análisis y

seguimiento de estas condiciones, ya que hoy día las exigencias de productividad y de velocidad de los procesos en las industrias contemporáneas varían de manera continua y estos registros sólo capturan una parte de la complejidad de la situación de trabajo. La experiencia adelantada en este estudio trata de responder a esta y otras interrogantes a partir del desarrollo y análisis de un método indirecto de rápida

y fácil aplicación, método que al tiempo consulta la experiencia del trabajador como primer experto de las condiciones de ejecución.

Materiales y Métodos

La experiencia se desarrolló en el período comprendido entre Enero 2008 - Julio 2009 en una industria de fundición de acero, se estudiaron las actividades de 12 trabajadores distribuidos en tres turnos de trabajo, los trabajadores participantes se encontraban aclimatados en los cargos seleccionados para el análisis. Para la estimación de la carga de trabajo se llevó a cabo un estudio previo de confort térmico con el fin de establecer el índice WBGT, paralelo a esto se realizó el análisis de tareas, codificando acciones en función de los intervalos temporales de ejecución. Las observaciones se llevaron a cabo en los tres turnos (3x8) y en tres ciclos de producción para cada uno de los turnos.

También se realizaron registros en video y se aplicaron entrevistas que completan la aproximación analítica a la situación de trabajo, se registró la antigüedad en el trabajo (exposición a la condición térmica), se calculó el índice de aislamiento térmico (Clo) y se estudió el programa de hidratación desarrollado para la unidad de producción.

Todas las informaciones se registraron en una matriz de análisis que permitió asociar los valores de gasto metabólico, para el cálculo del metabolismo de trabajo se aplicó una ecuación modificada a partir de los TLV's (American Conference of Governmental Industrial Hygienists-ACGIH, 1992. 1992-1993 Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents and Biological Exposure Indices) de acuerdo a los tiempos efectivos de exposición obtenidos del análisis estructurado de las tareas. Finalmente, se clasificaron los trabajos y se establecieron las recomendaciones pertinentes.

A continuación se indican las etapas del procedimiento:

1. Análisis de las tareas: el análisis de las tareas se realiza para identificar los requerimientos físicos (principales componentes posturales, movimientos y fuerzas) de cada una de las tareas, en cada caso se identifica la división de las tareas. Se establece la acción puesta en operación por el trabajador, con el objetivo de establecer la estructura de las acciones que constituyen cada tarea, este análisis incluye las modificaciones

temporales o los cambios de las tareas por razones técnicas u organizacionales. Se codifican las secuencias de acciones, frecuencia y exigencias.

2. Se determina la composición de las tareas (a partir de las tablas de valor promedio de la velocidad del metabolismo en diferentes actividades). Con la ayuda de estas tablas se establecen las exigencias desde el punto de vista energético para cada uno de los componentes de las tareas.

3. Aplicación del Modelo de Cálculo por tarea y corrección por ciclos de duración. Se toma cada uno de los puestos de trabajo estudiados, se determina la carga de trabajo. Aplicando las correcciones necesarias en lo referido a los ciclos de tiempo en los cuales se desarrollan efectivamente las tareas, es necesario aclarar que esto se hace registrando una duración promedio de los ciclos.

4. El registro de datos se realiza con la ayuda del software Kronos (Kerguelen, 1995). Se determina la carga de trabajo a partir de los TLV, con correcciones por aislamiento térmico por vestimenta. Con los valores obtenidos se clasifica el nivel de actividad de trabajo y se determina el régimen de trabajo y reposo.

5. Clasificación de los trabajos: se clasifican los trabajos de acuerdo a los resultados obtenidos, adjuntando algunas observaciones para su transformación.

Puestos de trabajo estudiados

Los puestos de trabajo estudiados se sitúan en la parte inicial del proceso de producción (horno de fundición), en la parte intermedia (alistamiento) y en la parte final del proceso (producción de lingotes). Para cada uno de los casos se trata de estimar la carga de trabajo integrando las exigencias térmicas.

Trabajadores expuestos

a. Ayudante de Horno: su trabajo se estructura principalmente alrededor del proceso de fabricación y afino de acero. En ciclo de funcionamiento normal, la tarea se divide en dos grandes etapas que son las características de la fabricación de acero:

- Fundir: involucra las actividades de inyección manual de oxígeno a través de un inyector tubular, operación del empujador, suministro de mezclas y evacuación de escoria.

- Afino: involucra las actividades, de adición de mezclas, toma de muestra, toma de temperatura y vaciado del horno.
- Otras: estas actividades se deben desarrollar de acuerdo a los problemas de funcionamiento, el operario de horno, puede entonces tener a cargo tareas de montaje y cambio de electrodo, ajustes de refrigeración, reparación en caliente de refractario y evacuación de escoria del foso, en el presente estudio se considera el ciclo normal de trabajo.

b. Operario de Válvulas: sus actividades se desarrollan en la preparación, manejo y gestión de la cuchara de colada. Esto incluye el cambio de componentes, la verificación de estado de componentes, el cambio de placas, sellar mecanismos, preparar cuchara para colada, liberar válvulas en MCC (máquina de colada continua) y eliminar escoria de la cuchara. Su acción incluye la ubicación en foso de vaciado, sellar el orificio de tobera, colaborar con la grúa en la estabilización de la cuchara a la salida del foso de vaciado y en la ubicación en la máquina de colada continua. La preparación de la cuchara está vinculada a la velocidad de operación del horno.

c. Operario de Laminación (mesa fija): este trabajo es desarrollado por dos operarios que atienden dos torres de perfilado a presión donde se realizan los pasos del perfil de acero en formación, su labor es guiar este perfil a las entradas de las cajas de desbaste, con la ayuda de rodillos y cadenas de desplazamiento. También utilizan una horquilla (barra de acero de 1.80m. de largo aprox.) para girar y guiar el perfil de acero. Los dos operarios se distribuyen el espacio de tal manera que pueda mantener el control en cada uno de los pasos con zonas bien delimitadas.

Es decir, cada uno se ocupa de un sector dividido simétricamente de acuerdo a las cajas de desbaste. Cuando hay cambio de perfil, colaboran con los otros trabajadores del equipo en el montaje y desmontaje de componentes de las torres, cajas, flautas de refrigeración, guías, puentes cilindros. Colabora también en los procesos de alineamiento, ajuste, calibración y en general en la revisión de los conjuntos de cajas de desbaste.

Variables evaluadas

Se recolectaron los siguientes datos: organización de la producción y características de los operarios, características de las actividades realizadas: carga física biomecánica (análisis de posturas y movimientos

principales en el trabajo) requerido en cada una de las secuencias de acciones que componen las tareas, índice WBGT por tarea analizada, períodos de reposo y dotación de vestuario utilizada.

a. Organización de la producción y características de los operarios

La actividad de producción del acero en esta empresa se desarrolla en una organización de tiempo de 3x8, en cada fracción de tiempo la producción está a cargo de cuatro operarios en ciclo de rotación normal (mañana -6h/14h-; tarde -14h/20h-; noche -20h/6h-).

b. Cálculo del índice WBGT

En la siguiente etapa del estudio se llevó a cabo un estudio de confort térmico a partir del cálculo del índice WBGT. Para la determinación en este caso del índice WBGT se siguieron las indicaciones de los TLV 2004. Las mediciones se efectuaron a una distancia de 1,5 mts. de la fuente, se realizaron varios recorridos por las áreas. El registro de datos se llevó a cabo con la ayuda de un equipo Quest -questemp 15-. Este equipo permite registrar los resultados de temperatura de bulbo seco (Tbs), temperatura de bulbo húmedo (Tbh) y temperatura de globo (Tg).

c. Análisis de la dotación

La dotación que los trabajadores utilizan está compuesta por un conjunto de algodón convencional (camisa y pantalón), además utilizan piezas en carnaza para protegerse de proyecciones de metal fundido en el tronco, cuello, piernas y antebrazos, estas piezas son utilizadas de manera permanente por el ayudante de horno y de manera ocasional por los otros operarios. Todos los operarios utilizan elementos de protección individual (careta, tapa oídos de copa, mascarilla, botas de seguridad).

d. Composición de las tareas y costo metabólico promedio

Para cada una de las tareas se registran períodos de observación en los cuales se anotan los ciclos completos de actividad. Cada una de las tareas es codificada en términos de acciones por sub-tareas, se registra la duración de cada una y los encadenamientos de las mismas (secuencia seguida por cada uno de los trabajadores). Esto permite realizar un análisis que busca obtener el metabolismo promedio por actividad codificada y registrada, como se expresa en la siguiente ecuación (Equation formulada en: American Conference of Governmental Industrial Hygienists ACGIH, 1992):

$$M. \text{ PROMEDIO} = \frac{(M_1)(t_1) + (M_2)(t_2) + \dots + (M_n)(t_n)}{t_1 + t_2 + \dots + t_n}$$

Donde: M = metabolismo promedio; M = tasa metabólica de la actividad y t = tiempo efectivo en minutos.

Para la estimación final, se determinan con precisión los tiempos efectivos (se considera solamente el tiempo de exposición de ejecución de la acción, se hace la diferencia con los tiempos de inactividad operativa (esperar que se cumpla un ciclo), recuperación y los reglamentarios designados para alimentación y reposo) de exposición a la fuente de calor, allí se registran las posturas y movimientos principales que se presenta por ciclo de tarea y se aplica el modelo de cálculo, con el fin de determinar el costo metabólico por jornada. Estas tareas son estudiadas y evaluadas tomando en cuenta las condiciones de exigencia térmica. Siguiendo este modelo de análisis:

- Postura principal de trabajo * tiempo efectivo de ejecución de la tarea
- Desplazamientos * tiempo efectivo de duración del desplazamiento
- Movilización de cargas * tiempo efectivo de ejecución de esta tarea
- Metabolismo de base * tiempo global de la tarea

Resultados

En este apartado se presentan sucesivamente las características de las tareas analizadas desde el punto de vista de costo metabólico y las exigencias térmicas encontradas para los trabajos analizados.

1. Características de las tareas

Cada equipo de trabajadores está conformado por un supervisor que controla el proceso y por tres operarios encargados de las intervenciones sobre el horno. Estos trabajadores tienen un promedio de edad de 34 años, con una experiencia promedio de 6 años para el supervisor y de 7 años para los operarios.

El tiempo de ciclo de producción dura en promedio 118 minutos por cada colada de acero. Este tiempo puede variar en función de problemas técnicos o por cambio de rotación. En cuanto al proceso de laminación, el operario realiza su actividad de manera continua durante 60 minutos con recuperaciones de 30 minutos. La Tabla N° 6 presenta el registro de tiempo de actividad para los operarios de horno.

Tabla N° 6. Registro de los promedios de tiempos de fundición en un mes de producción (en minutos) para cada una de las etapas del proceso

Supervisor	Fusión	Afino	Total Arc fusión + afinó	Tiempo muerto sin producción	Detención por avería
1	79	35	114	43	9
2	77	35	112	39	5
3	80	35	115	46	9
2/1	91	42	133	75	36
2/3	83	40	123	45	10
1/3	80	36	116	52	17

Fuente: Datos de la investigación, Enero 2008 - Julio 2009

1.1 Características de las actividades analizadas

a. El ayudante de horno realiza su trabajo en bípedo. En la etapa de fundición el trabajador inyecta oxígeno a presión, para lo cual utiliza una lanza (tubo de metal de 5 mts. aprox.), el trabajador maniobra esta lanza con una o dos manos, elevando los brazos sobre la cabeza y realizando movimientos repetidos adelante-atrás, éstos son acompañados de desplazamientos laterales cortos.

La lanza puede ser manejada sucesivamente a la altura de los hombros y a la altura de la cintura, pero es primordialmente sobre la cabeza (períodos de 5 a 15 minutos en promedio) con la cual se realiza la acción, esto implica adoptar una posición de tronco en flexión (curvada hacia delante), con ampliación del polígono de sustentación, con apoyo sobre la pierna dominante y presión por extensión de la otra.

El operario también realiza desplazamientos (4 mts./ promedio) para la movilización de mezcla de material con pala, realizando paleado de materiales al horno, manejo de barras de acero y realiza tareas de evacuación de materiales de la entrada del horno, adicionalmente realiza la toma de muestras, en estas dos últimas operaciones, desarrolla su actividad a una distancia de 1,50 mts. del horno.

b. El operario de válvulas, desarrolla su trabajo en bípedo, en la ejecución de sus actividades debe efectuar movimientos de brazos y manos para la liberación de tornillos y la ubicación de piezas. Por la ubicación de las zonas de trabajo, adopta una postura de trabajo con miembros superiores elevados por encima de los hombros y fuera de ángulos de confort. El operario maneja las herramientas con movimientos repetidos. Para el trabajo de banco se adopta una postura en bípedo con tronco ligeramente flexionado. En el foso de vaciado, se utiliza una barra de metal para estabilizar y guiar la cuchara, lo cual implica maniobrar con ésta manejándola con las dos manos y brazos a nivel de tronco y desplazamientos laterales. Los esfuerzos físicos están relacionados con el cierre y apertura de válvulas, para lo cual debe golpear con barra, ubicar placas, como componentes. También debe asegurar y atornillar piezas.

c. El operario de laminación, trabaja en bípedo, manteniendo la postura con ligeras flexiones de tronco $<30^\circ$ por un período de 1 hora, por 30 minutos de descanso. El operario maneja la horquilla con las dos manos, realiza movimientos repetidos de brazos y manos para girar-

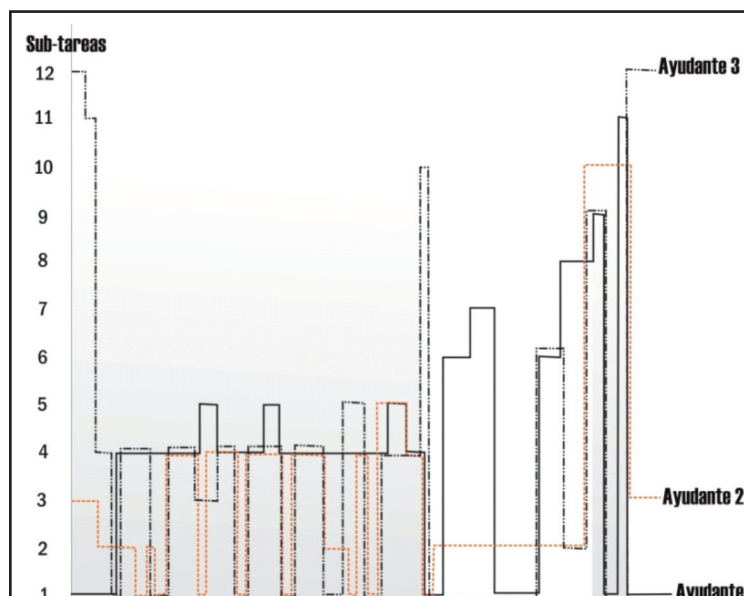
desplazar la barra de acero, estos movimientos se realizan con la mano dominante extendida por debajo del nivel de hombros y la mano opuesta extendida ligeramente por encima de la línea de hombros. Para realizar el giro de la barra de acero en proceso, el operario adopta una variedad de posturas en tiempos cortos, flexionando el tronco, realizando giros, extensión de brazos, desplazamientos de herramientas y movimientos repetidos para ajuste de componentes.

Para el desarrollo de la tarea, el operario realiza desplazamientos en la zona delimitada para halar y guiar el perfil, de acuerdo a la longitud del perfil puede estar más cerca o más distante de las cajas de desbaste. Para ello, realiza desplazamientos laterales inferiores a 2 mts. y desplazamientos adelante atrás para acercarse al ventilador. Es de notar que reciben radiación calórica de dos fuentes opuestas: el horno de precalentamiento y los perfiles en proceso, adicionalmente cuenta con una zona de circulación de aire lateral.

1.2. Encadenamiento de las actividades

En la Figura N° 1, se presenta un actigrama que compara las actividades de 3 ayudantes de horno, las actividades que los trabajadores ejecutan se grafican en función de la duración y del encadenamiento en el momento de la ejecución de las tareas asignadas. El curso-grama de las actividades de cada ayudante permite comprender como se encadenan para cada uno de los operarios así como permite establecer las que demandan más tiempo de intervención.

Figura N° 1. Actigrama analítico que muestra el encadenamiento de acciones para tres operarios, con el objetivo de identificar tipos de actividades y tiempos de exposición



Fuente: Basado en propuesta de Castillo, 2006

2. Cálculo del metabolismo promedio por tareas

Luego de las series de observaciones efectuadas, se codifican las tareas y se registran en una tabla de doble entrada, en la cual se contrasta: las características de las posturas y movimientos principales con la duración de cada una de éstas.

De estas matrices se obtiene la composición de las tareas, en términos de la exigencia de tipo biomecánico (cargas estáticas y dinámicas, entre otros)

para cada tarea a partir del registro de la frecuencia de aparición y los datos obtenidos para metabolismo promedio por tarea.

Para el ayudante de horno, se capturan los datos tomando los registros promedios de tiempo en el cual se realizan efectivamente cada una de las sub-tareas, aquí se toma en cuenta la duración promedio de cada etapa del proceso, se descuentan los tiempos de detención temporal y los tiempos de descanso que se producen en el desarrollo de la tarea.

Ayudante de horno	Kcl/min
a. Valor de trabajar de pie y ligeramente curvado	0.81
b. Valor de caminar solamente	2.0
c. Valor intermedio entre el trabajo intenso con dos manos y el trabajo intenso con dos brazos	3.4
Sub-Total	6.21
Adición por el Metabolismo de Base	1.1
Total	7.31

Actividades principales	Kcl/min*	Tiempo efectivo en minutos**	Gasto Energético Kcl/jornada
a.	0.81	460	372.6
b.	2.0	354	708
c.	3.4	354 ***	1203.6
Metabolismo de base	1.1	480	528
Total gasto energético en Kcl/jornada			2812

*a partir de las tablas de TLV (1992); Guelaud, Beauchesne, Gautrat & Roustang (1975); Lehman (1960) & Grandjean (1969)

**tiempo efectivo de la carga a lo largo de la jornada de trabajo

***tomando 3 coladas de 118 minutos promedio de duración

Para el operario de válvulas que desarrolla sus actividades en dos escenarios de trabajo, el análisis registra las actividades

en los dos casos y la matriz integra estas actividades en función de los tiempos efectivos de ejecución.

Operario de válvulas	Kcl/min
a. Valor intermedio de trabajar de pie	0,6
b. Valor intermedio de caminar solamente y trabajar acurrucado	2.5
c. Valor intermedio entre el trabajo ligero con dos manos y el trabajo ligero con dos brazos	1.9
Sub-Total	5.1
Adición por el Metabolismo de Base	1.1
Total	6.2

Actividades principales	Kcl/Min*	Tiempo efectivo en minutos**	Gasto Energético Kcl/jornada
a.	0.6	460	276
b.	2.5	300**	750
c.	1.9	300**	570
Metabolismo de base	1.1	480	528
Total gasto energético en Kcl/jornada			2124

**tiempo objetivo de la carga a lo largo de la jornada de trabajo

Las actividades de laminación son desarrolladas por los operarios de manera sincrónica, los datos obtenidos se registran por separado y luego se hace un análisis

comparado, el tiempo registrado es el tiempo efectivo de desarrollo de las actividades en los periodos de trabajo establecidos.

Operario de laminación	Kcl/min
a. Valor de trabajar de pie y ligeramente curvado	0.81
b. Valor de caminar solamente	1.0
c. Valor intermedio entre el trabajo ligero con dos manos y trabajo intenso con brazos.	2.9
Sub-Total	4.71
Adición por el Metabolismo de Base	1.1
Total	5.81

Actividades principales	Kcl/Min*	Tiempo efectivo en Minutos**	Gasto Energético Kcl/jornada
a.	0.81	460	372.6
b.	1.0	300	300
c.	2.9	300	870
Metabolismo de base	1.1	480	528
Total gasto energético en Kcl/jornada			2071

**tiempo objetivo de la carga a lo largo de la jornada de trabajo

Con estos resultados se procede a clasificar cada metabolismo de trabajo promedio y determinar su categoría en función de tres clases de metabolismo de trabajo, comparando dos escalas:

ESCALA 1

- trabajo ligero (<1600 Kc/jornada); trabajo moderado (1600-2000 Kc/jornada) y trabajo pesado (>2000 Kc/jornada) (Grandjean, 1983).

ESCALA 2

- trabajo ligero (<1600 Kc/jornada); trabajo moderado (1600-2700 Kc/jornada) y trabajo pesado (>2700 Kc/jornada) (TLVS, 1992).

Los resultados obtenidos permiten identificar inicialmente, que existen diferencias en la clasificación de acuerdo a las escalas. La Tabla N° 7 muestra la calificación según los resultados obtenidos.

Tabla N° 7. Cuadro resumen de los resultados obtenidos en el cálculo costo metabólico, estableciendo el nivel de actividad

Tarea	Gasto energético Kcl/Día	Índice WBGT °C	Nivel de Actividad (Escala TLVS)	Nivel de Actividad (Escala de Sherrer, 1967; Granjean, 1969)
Ayudante de Horno	2812	27	Trabajo pesado	Trabajo pesado
Operario de Válvulas	2124	20.6	Trabajo Moderado	Trabajo pesado
Operario Laminación	2071	28.2	Trabajo moderado	Trabajo pesado

Fuente: Datos de la investigación, Enero 2008 - Julio 2009

3. Índice WBGT en las tareas estudiadas

Para obtener el índice WBGT las mediciones se realizaron en un día soleado y en condiciones de producción normal, los resultados de las mediciones para los puestos estudiados y calculados a partir de los valores registrados de Tbs, Tbh y Tg. son: para el ayudante de horno 27°C, para el operario de válvulas 20,6°C y para el operario de laminación 28,2°C. La Tabla N° 8 presenta los resultados obtenidos.

Tabla N° 8. Índice WBGT en grados centígrados para las actividades estudiadas

Tarea	Índice WBGT °C
Ayudante de Horno	27.0
Operario de Válvulas	20.6
Operario de Laminación	28.2

Fuente: Datos de la investigación, Enero 2008 - Julio 2009

Los valores límites de exposición al calor especificado en la Tabla N° 1, expresan las condiciones en las cuales se cree que casi todo trabajador, puede estar expuesto de manera continua sin efectos nefastos para su salud a condiciones térmicas exigentes. Estos TLV están basados en la hipótesis, según la cual casi todos los trabajadores, están aclimatados, completamente vestidos (pantalones ligeros y camisa) y consumen suficiente agua y sal. Adicionalmente, establece que los trabajadores deberían poder funcionar de manera eficaz en las condiciones de trabajo dadas sin que su temperatura corporal profunda sobrepase los 38°C.

En nuestro caso se adiciona a estos valores el valor de índice Clo. En las tareas estudiadas se establece para los operarios de laminación el factor de corrección por vestimenta indica que para el cálculo de régimen de trabajo, la temperatura a tomar en cuenta se encuentra entre 27°C y 29°C. Para el ayudante de horno, por el uso de piezas de baja capacidad de liberación de calor, la temperatura a tomar en cuenta es de 31°C.

Otras condiciones registradas indican la presencia de un programa de hidratación (uso de jugos naturales y agua) y la disposición de áreas de descanso para las tareas con distribución porcentual de tiempos de recuperación (laminación 75% trabajo, 25% recuperación).

Discusión

A continuación se abordan tres aspectos de discusión: la pertinencia del método empleado para la determinación de la carga de trabajo, los problemas técnicos de este tipo de estudio en situación de trabajo y el interés en el uso de una herramienta de este tipo.

1. Pertinencia del método

La evaluación de la carga de trabajo a partir de un método indirecto, que no utiliza indicadores fisiológicos tomados directamente de los trabajadores en situación de trabajo, parece una vía útil para estimar la carga de trabajo y así poder determinar en qué trabajadores y en cuáles situaciones es necesario realizar estudios más profundos al tiempo que permite precisar las estrategias de prevención a poner en marcha.

Este método es una vía económica para identificar trabajadores en situación de riesgo, puede utilizarse también como una metodología sistematizada de seguimiento y de control continuado de las formas de

exposición y de las estrategias de manejo de la carga de trabajo, sin embargo, se debe conservar la precaución asociada al uso de métodos basados en la observación (nivel de experticia de quien lo aplica).

El aporte de la ergonomía analítica es fundamental para el desarrollo de este método basado en la observación, ya que la estimación del metabolismo de trabajo responde a los siguientes principios:

- a. Identificar el problema (estimación de la carga de trabajo y evaluación de la exposición a una exigencia térmica),
- b. Analizar el problema a partir de herramientas de observación sistemática y asistida (codificación de acciones y registro en función del tiempo efectivo de ejecución),
- c. Contribuir al desarrollo del diseño de soluciones adaptadas a las condiciones de trabajo (establecimiento de régimen de trabajo, diseño de espacios y determinación de estrategias de hidratación y de períodos de reposo y actividad).

El uso de tablas y escalas adaptadas, sin embargo, requiere un análisis cuidadoso desde el punto de vista de la identificación de la estructura de la actividad del trabajador, así como desde el punto de vista de requerimientos físicos y biomecánicos (posturas, movimientos, fuerzas estáticas y dinámicas), en estos casos es esencial precisar y diferenciar los períodos de exposición y de ejecución efectiva de las acciones (análisis cuidadoso de los tiempos efectivos, los reales no los teóricos). Lo cual constituye un medio de seguimiento a la situación de trabajo en términos de exposición y de los recursos de adaptación desarrollados por los trabajadores.

2. Problemas técnicos

Dos problemas deben ser destacados en el uso de este tipo de herramientas, en primer lugar el análisis de composición de las tareas, exige un observador entrenado y el uso de instrumentos de registro apropiado (Horwart, Meyer & Malchaire, 1988), en consecuencia la validez de estos registros, depende en gran medida del número de observaciones así como de la validación de estas observaciones con los trabajadores.

Este último aspecto es relevante si se toma en cuenta que existen, variaciones y regulaciones de una actividad que no son visibles a la simple observación, algunas estrategias de intervención dependen de la

búsqueda de índices de control o de regulación del proceso. Dichas regulaciones están constituidas de informaciones útiles que en muchos casos reducen el compromiso físico de los trabajadores o a la inversa que demandan una exigencia física elevada en ciertas situaciones de alteración en el funcionamiento habitual de un sistema.

En estos casos, la observación debe integrar estos aspectos, ya que realizar el análisis a partir de un único registro, en una situación de variación extrema produce resultados distantes de las reales condiciones de exposición a la fuente de calor. La falta de un seguimiento riguroso de la exposición real de los trabajadores en función del tiempo efectivo de ejecución de las acciones, puede conducir a sobre estimaciones o sub estimaciones de la carga de trabajo.

De otro lado, en condiciones térmicas exigentes, el uso exclusivo del índice WBGT, presenta ciertas dificultades. Tal como lo indican Meyer, Rapp & Vogt (1997) este es un índice de fácil registro, sin embargo, es poco preciso si no se desarrolla un protocolo de análisis que sea consecuente con el desarrollo de las tareas.

En este punto, el análisis sistemático de tareas permite precisar cuál debe ser la cartografía a aplicarse en la toma de datos para obtener registros más confiables que permitan una correcta estimación del régimen de trabajo. La utilidad del índice WBGT se restringe al tamizado de situaciones de riesgo, es decir, es un útil de discriminación básica. Se debe recordar que este índice solo permite establecer que en situaciones de trabajo que están por encima de 25°C puede presentarse riesgo térmico (Meyer et al, 1997).

3. Interés y límites de los métodos indirectos

El uso de escalas de referencias y tablas de cálculo del metabolismo de trabajo requiere tener a disposición datos cercanos a las características de la población estudiada, para ello se requiere estudiar los perfiles (nutricional, carga energética, metabolismo de base, somatotipos, indicadores antropométricos y fisiológicos) de la población trabajadora colombiana. Adicionalmente, aspectos como la edad de los trabajadores, género, estado físico, grado de entrenamiento y especialmente el factor de aclimatación pueden modificar la estimación de metabolismo de trabajo, esto considerando el espectro térmico diario en los países tropicales.

Se debe integrar en estos análisis los valores relacionados con el índice de aislamiento térmico por indumentaria, el uso de conjuntos de algodón o de elementos de protección no adaptados a las exigencias de permeabilidad e higroscopia, aumentan la sensación de calor afectando el confort térmico, lo cual produce deformaciones en los datos utilizados.

En la estimación del metabolismo de trabajo algunas precauciones deben ser consideradas, de acuerdo a Malchaire (2003) para un mismo trabajo y en condiciones semejantes de ejecución de una tarea, el metabolismo puede variar en aproximadamente +/- 5% de un trabajador a otro. Adicionalmente, cuando en la situación de trabajo se presentan grandes variaciones en la estructura de la tarea se pueden llegar a constatar variaciones que pueden ir hasta el 20% (Por adaptación de estrategias o por ausencia de éstas).

En este estudio las diferencias constatadas al hacer uso de las escalas de clasificación de los trabajos muestra como pueden estar presentes variaciones de evaluación, es por tanto importante al utilizar las tablas, determinar de manera simultánea y adecuada la estructura de las tareas, las condiciones térmicas y las características del entorno de trabajo (especialmente los problemas de clima y asoleación), esto permite obtener datos más cercanos a la realidad de las situaciones estudiadas y de las exigencias de trabajo. En este estudio se logró establecer que el tiempo efectivo de exposición con actividad física para el ayudante de horno es de 73%, para los operarios de válvulas y de laminación es de 62% del tiempo efectivo de trabajo. Esto significa una reconsideración al momento de analizar las calificaciones del nivel de actividad, ya que los trabajadores cuentan con tiempos de recuperación. Tiempos que además les permiten el desarrollo de mecanismos de regulación y de adaptación a la condición térmica y a la exigencia física de trabajo.

En el análisis se debe incluir la percepción de los trabajadores ya que el factor de aclimatación afecta de una u otra manera la sensación calor, el cual también influye positiva o negativamente en la percepción de la fatiga. En las situaciones de trabajo abordadas por este estudio, los trabajadores tienden a calificar su situación de trabajo entre normal y calurosa, lo cual muestra que a pesar de un índice WBGT elevado existe un buen factor de aclimatación.

Conclusión

Como se pudo observar en las dos escalas de valoración del nivel de actividad, se presenta una discrepancia en la calificación de los trabajos, sin embargo, esta diferencia se vincula a la intensidad del trabajo y a las consideraciones del nivel de exposición de los trabajadores a estrés térmico. En este sentido, el factor de corrección por vestimenta de la temperatura WBGT para estos trabajadores es de 2, lo que significa, por ejemplo que en los trabajos de laminación el régimen de trabajo – reposo, está bien establecido.

Sin embargo, se debe considerar para el análisis que la ejecución del trabajo del ayudante de horno, requiere prendas en carnaza (derivado del proceso de curtición del cuero, también llamada vaqueta) que lo protegen de partículas proyectadas, estas prendas dificultan la liberación de calor corporal y el sudor. En este caso específico el índice WBGT puede elevarse a 29°C, de acuerdo a la tabla de corrección de factor Clo, es deseable para esta tarea un régimen de trabajo de 50% de trabajo y 50% de descanso. De acuerdo al análisis de tareas, este trabajador tiene la posibilidad de recuperar en 23% del tiempo efectivo de trabajo (7.6 horas). Lo que implica efectivamente se está cumpliendo un régimen de trabajo 50% / 50%.

La exposición a estrés térmico sugiere la necesidad de disponer espacios de recuperación y también el desarrollo de programas de hidratación. La aclimatación al calor es un factor crítico, para determinar si es aceptable o no continuar una actividad, especialmente cuando se sobrepasan los valores límites sugeridos en los criterios TLVS. Recordar que la aclimatación implica una serie de reacciones fisiológicas, que se adquieren gradualmente, que un trabajador para alcanzarlas plenamente puede requerir hasta tres semanas de actividad física continua en condiciones de estrés térmico similares a las del trabajo a desarrollar. De igual manera que la pérdida de la aclimatación aparece cuando se deja la actividad en las condiciones de estrés térmico y que esta pérdida aparece en un plazo de tres o cuatro días.

En el estudio y estimación de la carga física de trabajo estos factores deben ser considerados, cuando los trabajadores parten y regresan de vacaciones o cuando se presenta una incapacidad, también cuando ingresa un trabajador nuevo. Este es un dato relevante especialmente porque la fatiga puede verse aumentada al igual que la pérdida de sales. De acuerdo a Jéquier (1980) la adaptación al calor y al frío afecta esencialmente los mecanismos

implicados en las pérdidas de calor (vaso-dilatación o vaso-constricción cutánea, sudoración) mientras que la producción metabólica de calor se modifica poco.

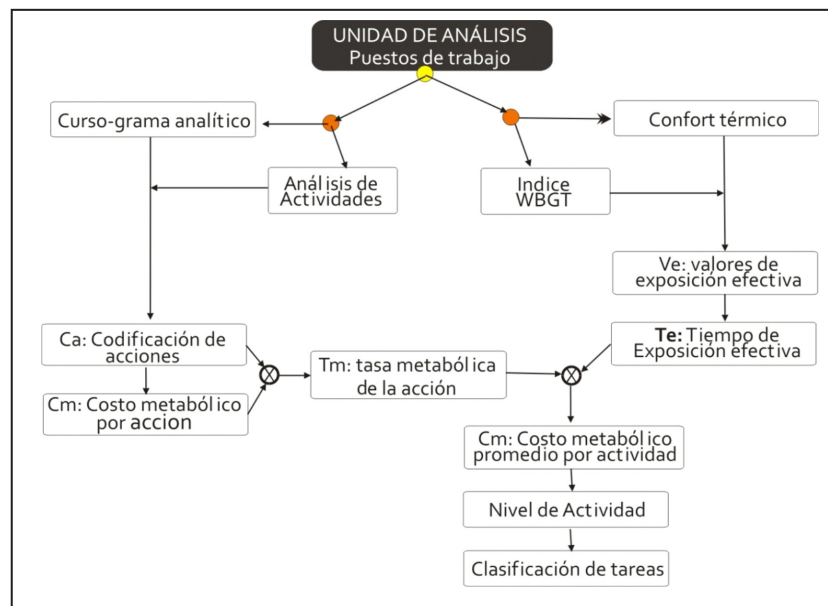
Finalmente, los métodos indirectos de estimación del gasto energético y el empleo de un método factorial de estimación del gasto metabólico, muestran gran utilidad y además ponen en evidencia que es posible evaluar el costo metabólico de trabajo de un trabajador en su jornada a partir del registro sistemático del tipo y duración de las actividades desarrolladas por éste en su jornada de trabajo. También se evidencia que el costo energético de cada actividad puede expresarse en múltiplos del metabolismo de base y contribuir a homogeneizar los resultados obtenidos, a pesar del número de trabajadores estudiados (12), las condiciones de trabajo analizadas y la estructura de tareas permiten concluir que este acercamiento posibilita obtener resultados útiles a la estimación de la carga de trabajo. Sin embargo, es recomendable aplicar este método en una población más amplia para verificar los resultados obtenidos y el procedimiento empleado.

El modelo de intervención desarrollado para este tipo de trabajo es un aporte original de esta investigación que al ser aplicado sugiere la necesidad de llevar a cabo un análisis que se desarrolle por etapas, adicionalmente, éstas deben obedecer a diseño sistemático de registro de información. Como lo muestra el siguiente esquema que sintetiza el método desarrollado, las etapas incluyen diversos factores a integrar al análisis, que a continuación se describen y que están subordinadas al cumplimiento de la etapa anterior (Figura N° 2).

El procedimiento a seguir sugerido indica que para desarrollar la intervención se debe definir previamente las unidades de análisis, esto significa delimitar correctamente el área de estudio. En este caso, se define la situación de trabajo a partir del encadenamiento de acciones que debe desarrollar el trabajador, esto puede significar que el trabajador interviene sobre diferentes dispositivos tecnológicos o actúa con diferentes escenarios los cuales pueden o no estar próximos geográficamente. Este análisis no se debe restringir a la idea tradicional de puesto de trabajo, es decir un espacio geográfico delimitado.

Una vez bien precisada esta unidad de análisis se procede a caracterizarla utilizando para ello, la construcción de cursogramas analíticos. En la elaboración de éstos y para tener una mayor precisión

Figura N° 2. Modelo de intervención para el cálculo y estimación de la carga de trabajo



Fuente: Tomado de Castillo, 2008

en la definición de las acciones y en los tiempos efectivos empleados, se debe registrar varios ciclos y varios trabajadores, este tipo de muestreo permite una mejor comprensión del encadenamiento de acciones, garantiza una adecuada y fiel codificación.

La precisión en la codificación es indispensable para llevar a cabo una correcta estimación de la tasa

metabólica por acción y de igual manera en la obtención del costo metabólico promedio por actividad analizada. Para efectos metodológicos se recuerda que la actividad está estructurada por acciones que dependen del uso de operaciones de intervención precisas, estas últimas utilizadas por los trabajadores según la circunstancia productiva en la que debe desarrollar su actividad de trabajo.

Referencias Bibliográficas

- Ainsworth, B., Haskell, W., Leon, A., Jacobs, D., Montoye, H., Sallis, J. & Paffenbarger, A. (1993). Compendium of physical activities; classification of energy costs of human physical activities. *Medicine and science in sports and exercise*, 25(1)-71-80.
- American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH). (1992). TLV's 1992-1993 Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents and Biological Exposure Indices. Cincinnati: American Conference of Governmental Industrial Hygienists. Appendix C. ACGIH Threshold limit values for hot environments as measured in wet bulb globe temperature index, from OSHA technical manual. Section III: chapter 4, heat stress.
- Borg, G. (1982). Psychophysical bases of perceived exertion. *Med. Sci. Sports Exercise*, 14, 377-381.
- Canadá. MDN/FC-CCHST. (1999). Guide sante et sécurité dans les environnements chauds. Centre canadien d'hygiène et de sécurité au travail.
- Castillo, J. (2008). *Estudio ergonómico de la carga de trabajo en la unidad de producción HOPT*. Manizales, Caldas: Acerías de Caldas S.A.
- Castillo, J. (2006). *Elementos cognitivos para el análisis ergonómico del trabajo*. Working paper. Bogotá: Edit. Universidad El Rosario.
- Epstein, Y. & Moran, D. (2006). Thermal Comfort and the Heat Stress Indices. *Industrial Health*, 44, 388-398.

Referencias Bibliográficas

- Grandjean, E., Hunting, W. & Pidermann, M. (1983). VDT workstation design: Preferred settings and their effects. *Human Factors*, 25.
- Grandjean, E. (1969). *Fitting the Task to the Man-An Ergonomic Approach*. London: Taylor and Francis.
- Guelaud, F., Beauchesne, M., Gautrat, J. & Roustang, G. (1975). *Pour une analyse des conditions de travail ouvrier dans l'emprise*. Paris: A. Collin.
- Horwart, F., Meyer, J. & Malchaire, J. (1988). Validation of a new pocket computer assisted method for metabolic rate estimation in field studies. *Ergonomics*, 31(8), 115-1164.
- ISO 7243 (1982). Hot environments - Estimation of the heat stress on working man, based on the WBGT-index (wet bulb globe temperature).
- ISO 8996 (2004). Ergonomics of the thermal environment. Determination of metabolic rate.
- ISO 9920 (1995). Ergonomics of the thermal environment - Estimation of the thermal insulation and evaporative resistance of a clothing ensemble.
- Jéquier, E. (1980). Métabolisme énergétique. En *Encyclopédie Médical-Chirurgie* (10371A10, 11-1980, pp. 1-14). Paris.
- Kerguelen, A. (1995). Description et quantification en analyse ergonomique du travail : le cas de l'observation systématique. In *L'usage des méthodes statistiques dans l'étude du travail, Cahiers Travail/Emploi*. La documentation française. pp. 131-139. Paris.
- Lehman, G. (1960). *Physiologie pratique du travail*. Paris: Les éditions d'organisation.
- Malchaire, J. (2003). Stratégie SOBANE et méthode de dépistage DEPARIS, Fiche 11: charge physique de travail. *SPF Emploi, travail et concertation sociale*. Bruxelles.
- Malchaire, J. (1986). Validation des indices de contrainte thermique pour la prédiction des astreintes et des durées limites d'exposition. *Rapport final de recherche CECA 7247.22.01*. Brussels.
- Martinet, C., Meyer, J. (1999). Travail à la chaleur et confort thermique. *Notes scientifiques et techniques* 184. Paris: Institut National de Recherche et de Sécurité.
- Meyer, J., Rapp, R. & Vogt, J. (1997). Campagne de comparaison de la validité des principaux indices de contraintes thermiques. *Les notes scientifiques et techniques* 156. Paris: Institut National de Recherche et de Sécurité.
- Norma Belga NBX 10-001. (1981). Principios ergonómicos de la concepción de sistemas de trabajo. Comisariato General de la Promoción del Trabajo (30.04.81).
- Pandolf, K. (1998). Time of heat acclimation and its decay. *Int J. of Medicine*, 19, 157-160.
- Scherrer, J. (1967). Physiologie du Travail (ergonomic), tome 2, ambiances physiques travail psycho-sensoriel. Paris: Masson.
- Spitzer, H. & Hettinger, T. (1966). Tables donnant la dépense énergétique en calories pour le travail physique. Paris: Cahier du B.T.E.

Fecha de recepción: 25 de Septiembre de 2009
 Fecha aceptación: 21 de Abril de 2010