

EVALUACION DE LA CARGA FISICA DE TRABAJO DEL ALBAÑIL DURANTE LA EJECUCION DE MAMPOSTERIA CON BLOQUES

EVALUATION OF THE PHYSICAL WORKLOAD OF BRICKLAYERS DURING THE EXECUTION OF BLOCK WALLS

Pág. 91-99

Por / By María Tamara Villagra, Carlos Tores Formoso

Resumen

El creciente interés por la búsqueda de la calidad y productividad en la construcción civil está estimulando a conducir estudios que conlleven a mejoras en los puestos de trabajos, más seguridad y disminución de las enfermedades, aumentando de esta forma la satisfacción de los empleados.

Así, la aplicación de conocimientos del área de ergonomía a este sector cada vez más adquiere una mayor importancia, debido a que muchos obreros ejecutan actividades con alto grado de peligrosidad y dificultad.

Este artículo presenta un método para evaluar la carga física de trabajo del albañil en la ejecución de paredes de mampostería de bloques cerámicos, basado en los registros continuos de la frecuencia cardíaca de los obreros en su puesto de trabajo, utilizándose el monitor Polar Sport Tester y un software específico para el cálculo del costo fisiológico. Se pretende demostrar la aplicabilidad de este método en el análisis de esta tarea.

El objetivo principal de este estudio es determinar el costo fisiológico de la tarea e investigar si éste varía de acuerdo con el tipo de bloque empleado, así como también identificar las posturas y planos de trabajo más desfavorables.

Los resultados indican que el mayor gasto energético ocurre en la ejecución de las filas al nivel del piso, en la cual es necesaria la posición más desfavorable. El costo energético presentó diferencia significativa de acuerdo con el tipo de bloque.

Palabras claves: *Ergonomía, costo fisiológico, carga física, mampostería, bloque.*

Abstract

The increasing demand for improving quality and productivity in the construction industry has encouraged the development of research studies related to the improvement of working conditions, site safety and hygiene, and satisfaction of the work force. For that reason, the application of ergonomics in this sector should become more important due to the heavy and hazardous physical demand of workers that typically exists in construction sites

This paper presents a method to measure the workload of bricklayers during the construction of brickwalls, based on their heart rate, monitored by an electronic equipment named Polar Sport Tester, and an estimate for the work physiological cost. The applicability of this method for the bricklaying task was evaluated in a case study.

The main objective of the case study was to determine the physiological cost of the task and to examine how it was affected by the weight of ceramic blocks. Posture alignments and unfavorable positions during the tasks were also analyzed.

The results indicated that the physiological cost was higher for the bricklayers while working in the first layer. The type of block used also had a significant effect on the energy cost.

Keywords: *Ergonomics, physiological cost, workload, brickwalls.*

1. INTRODUCCION Y OBJETIVO

En la construcción civil los trabajadores son, generalmente, sometidos a malas condiciones de trabajo en la obra, bajos salarios, e inestabilidad laboral. Pese a esta situación, los obreros son, algunas veces, considerados los responsables por la falta y mala calidad de la producción y por el elevado índice de desperdicios de materiales. Esto

provoca bajos niveles de satisfacción y motivación en el obrero, y se refleja en el poco interés por parte de éstos en relación con la eficiencia y a la calidad del trabajo.

Debido al tipo de trabajos que ejecuta, al número de obreros que emplea y a la falta de concientización, la construcción civil registra índices de accidentes de trabajo mucho más elevados que otras industrias. Es ampliamente conocido también el alto grado de dificultad del trabajo en este sector.

En este contexto es evidente la necesidad de estudios que conduzcan a mejorar los lugares de trabajo. Las posibles ganancias son de mejorar la productividad, seguridad, disminuir las enfermedades e incrementar la satisfacción para los empleados.

Las empresas brasileñas, de acuerdo con Wisner (1987): “aprovechan apenas 60% de la capacidad del trabajador, por deficiencias que podrían ser suplidas introduciendo mejoras de tipo ergonómico”.

Se constatan en las bibliografías, pocos estudios de aplicación de la ergonomía en análisis y desenvolvimiento de los lugares de trabajo en la construcción civil, y son rarísimos los métodos objetivos para evaluar estos trabajos. Se dispone de pocos datos para evaluar el gasto energético global en el trabajo y una buena evaluación de esta actividad es muy difícil, debido a la variedad de operaciones individuales envueltas, (Astrand, 1980).

Se percibe, entonces, la necesidad de formular metodologías adecuadas a las características de este sector. En este ámbito surgió la necesidad de aplicar un método para evaluar la carga física del albañil durante su trabajo y demostrar su aplicabilidad en la tarea de ejecución de mampostería.

La oportunidad para la realización de este estudio surgió a partir del cambio de sistema constructivo convencional por parte de una empresa de construcción de edificios, envuelta en la búsqueda por mejorar sus índices de productividad. Esta empresa desarrolló un bloque de mayores dimensiones que el usado convencionalmente y además modulado con la estructura. En este proceso de cambio había fuerte preocupación con el grado de aceptación de esta nueva tecnología, debido al posible aumento de esfuerzo físico a que el obrero sería sometido al usar el nuevo bloque.

2. REVISION BIBLIOGRAFICA

Ergonomía es, “el conjunto de conocimientos científicos referentes al hombre y necesarios para la concepción de instrumentos, máquinas y dispositivos que puedan ser utilizados con confort, seguridad y eficiencia”, (Wisner apud LaVille, 1977).

Hay pruebas de que mayor confort para realizar las tareas conlleva directamente al aumento de la productividad. Por eso, la ergonomía es considerada como una ciencia que puede traer muchas contribuciones en términos de aumento de la productividad.

Esta área del conocimiento es relevante para la industria de la construcción, en la cual la productividad de la mano de obra tiene gran importancia relativa en la productividad total y donde son considerables los daños que las enfermedades y accidentes de trabajo causan a la productividad.

Desde el surgimiento de esta ciencia, los principios ergonómicos han perfeccionado el trabajo humano de forma tal que, comparado al trabajo artesanal antiguo, se observan ganancias significativas en este terreno.

La adaptación del puesto de trabajo al hombre es uno de los aspectos más relevantes en el análisis de la productividad del obrero y de las consecuencias que el efecto de fatiga puedan causar sobre él. El puesto de trabajo deber ser concebido de forma a convertir el trabajo del hombre lo más cómodo posible, (Frankenfeld, 1990). El estudio ergonómico a nivel del puesto de trabajo comprende el análisis de la tarea, de la posición y de los movimientos del trabajador, de sus exigencias físicas y psicológicas, (Iida, 1992).

2.1 Factores que afectan el desempeño físico

La capacidad de realizar trabajo físico depende, en gran medida, de las funciones responsables en liberar combustible y oxígeno, mediante la transformación de la energía de los alimentos en energía mecánica para la realización del trabajo.

Muchas de esas funciones pueden depender de factores genéticos, del sexo, la edad, medidas del cuerpo, salud y ambiente. Además de eso, el desempeño físico puede ser función de factores psicológicos, como la motivación, la actitud con relación al trabajo y la voluntad de movilizar los recursos propios para la realización de la tarea, (Kroemer, 1994).

El desempeño físico puede también ser influenciado, directa o indirectamente, por factores del medio externo, como por ejemplo, ruido, frío, calor, tipo de trabajo, intensidad y duración del mismo. La postura de trabajo, la técnica y los materiales empleados en la realización de la tarea son de primordial importancia en el sentido de minimizar o aumentar las necesidades de energía.

Todos estos factores pueden causar tensiones al trabajador causando un aumento de la frecuencia cardíaca (FC, expresada por el número de pulsaciones del corazón por minuto) y afectar otros parámetros fisiológicos, reduciendo por consiguiente el desempeño físico.

2.2 Evaluación de la carga física de trabajo

Las exigencias del trabajo no deben ser superiores a la capacidad del trabajador. Las tareas deben ser programadas de forma que le permitan realizar los objetivos con la utilización de sus capacidades, es indispensable entonces conocer su capacidad energética y cuánto un determinado trabajo demanda de esa capacidad. Exceder esta capacidad puede ocasionar sobrecargas (o sufrimiento) al trabajador, que pueden resultar en accidentes y baja productividad.

El foco del presente trabajo consistió en medir el costo fisiológico de la tarea por medio de los latidos cardíacos.

La evaluación indirecta de la carga de trabajo basada en la FC registrada continuamente revela un cuadro general del nivel de actividad durante toda la jornada de trabajo, y es posible identificar las actividades asociadas a determinados valores de FC. Esto último constituye un aspecto importante del presente estudio, pues permite identificar exactamente cuáles son las actividades que el obrero ejecuta y que le incrementan su FC, o sea, las actividades más pesadas.

La FC, expresada en latidos por minuto, es una medida fisiológica conveniente de la carga de trabajo, porque refleja la intensidad del trabajo, aunque ésta pueda ser alterada por factores emocionales, (Eastman Kodak, 1983).

En la construcción civil, Vershuren & Spekkind (1984), probaron la aplicabilidad de la medida de la FC en la construcción y comprobaron que el método es eficaz para el análisis de la carga fisiológica.

Para fines de este trabajo, el interés de medir la FC reside en la relación directa que existe entre ésta y el metabolismo.

3. METODOS Y TECNICAS

Este trabajo consiste en analizar la tarea de ejecución de mampostería en dos sistemas constructivos desde el punto de vista ergonómico. Se optó por evaluar la carga física de trabajo de una forma general, midiéndose la FC para determinar el costo fisiológico de esta tarea.

La muestra de este estudio la constituyen nueve albañiles. El único requisito exigido para la realización de los registros de la FC, fue el hecho de no tener antecedentes cardíacos.

De los equipos utilizados en esta investigación, se presentará brevemente, el monitor de la FC, Polar Sport Tester, por considerarse como la principal herramienta de medición empleada en este estudio.

3.1 Medidor de FC Polar Sport Tester

El monitor de frecuencia cardíaca Polar Sport Tester es un instrumento que monitorea los esfuerzos en plena actividad laboral a través de los registros de la FC. Este instrumento presenta como principal ventaja la facilidad para coleccionar los datos, consta de una unidad transmisora (electrodos) y una unidad receptora.

3.2 Método de investigación

Dado que uno de los objetivos de este trabajo era determinar el costo fisiológico de la tarea del albañil a través de los registros de la frecuencia cardíaca, fueron realizadas medidas en albañiles que trabajaban por tarea con el bloque convencional y también en albañiles que trabajaban por primera vez con un bloque de peso y dimensiones mayores (bloque racionalizado), a fin de determinar el efecto que sobre el metabolismo del albañil podría causar el empleo de este nuevo bloque. Debido a que el uso del bloque racionalizado constituía la primera experiencia de utilización los albañiles, a diferencia del sistema convencional, trabajaron al día.

Inicialmente se definieron planos de trabajo por las posiciones adoptadas con más frecuencia por el albañil para realizar las diferentes actividades de la tarea, estos son: al nivel del piso, rodillas, cintura, pecho y arriba de los hombros. Posteriormente se determinó el costo fisiológico en cada uno de estos planos de trabajo.

Durante las mediciones propiamente dichas, además de efectuar los registros de la FC, se hicieron registros de las actividades del albañil por medio de filmaciones sincronizadas con el monitor de la FC. Esto permitió identificar exactamente la FC correspondiente a cada actividad física efectuada. Registros fotográficos y aplicación de cuestionarios fueron realizados posteriormente.

Los datos fueron leídos por el software de interpretación de los registros continuos de la frecuencia cardíaca elaborado por Malchaire (1988), luego fue calculado el costo energético para todos los operarios en los diferentes planos de trabajo. Las interferencias en el comportamiento de estos datos fueron analizadas mediante la aplicación del análisis de la varianza.

Los obreros fueron trasladados al laboratorio de pesquisas de la Escuela de Educación Física (ESEF) de la Universidad Federal de Río Grande del Sur, para efectuarles las medidas antropométricas, evaluación posicional (para detectar posibles desvíos posicionales) y pruebas de esfuerzo máximo. La Figura 1 ilustra uno de los momentos de la realización de estas pruebas.



Figura 1. Flexión horizontal de la articulación escápulo-humeral

3.3 Levantamiento de las condiciones de trabajo

Los diferentes aspectos relativos al puesto de trabajo fueron analizados a través de los resultados obtenidos de las observaciones objetivas del investigador junto con las opiniones (subjetivas) de los obreros.

Debido a la delimitación de este trabajo, no fueron consideradas medidas cuantitativas, por no considerarse influyentes en las actividades de trabajo.

Fueron abordados aspectos relacionados a la elevación de las paredes y presentadas algunas características relevantes desde el punto de vista ergonómico.

4. METODO DE INTERPRETACION DE LOS REGISTROS DE LA FRECUENCIA CARDIACA (FC)

El método de análisis de datos que será presentado a seguir está basado en el artículo de Malchaire (1988), producto de sus estudios en la Unité Hygiène et Physiologie du Travail da Université Catholique de Louvain, de Bélgica. Partiendo de la experiencia adquirida, desarrolló una metodología general de interpretación de los registros continuos de la FC y posteriormente hizo las adaptaciones necesarias a fin de que pudieran ser utilizados en computadoras.

El artículo presenta un método de interpretación del gráfico de la FC que permite calcular en valores absolutos y relativos la carga de trabajo total en el puesto de trabajo, teniendo en consideración las características individuales de las personas.

4.1 Esquema general de análisis

El método consiste en analizar los ciclos de trabajo, durante una jornada laboral o parte de ella, de forma a determinar la carga de trabajo absoluta y la carga de trabajo relativa para la persona que está siendo objeto de registro.

Para hacerlo, es necesario partir de la FC observada, estimar e ° I metabolismo medio exigido en ese puesto de trabajo y comparar este último con el estimado a partir de las características de las personas (capacidad máxima de trabajo).

Cuando la carga de trabajo aumenta, la FC aumenta paralelamente y la relación entre FC y el metabolismo (M) es casi lineal. Teóricamente, esta relación puede ser expresada por la ecuación de la recta si se conocen dos puntos de esa recta, los parámetros FC_0 , M_0 y $FC_{m\acute{a}x}$, $M_{m\acute{a}x}$, los cuales representan el estado de reposo y el máximo respectivamente.

$$FC = aM + b \quad (1)$$

Donde "a" representa la inclinación (del lado derecho) de esta recta, por lo tanto "a" se puede expresar por $(FC_{m\acute{a}x} - FC_0) / (M_{m\acute{a}x} - M_0)$ y "b" representa la intersección por lo que es igual a $FC_0 - aM_0$. Así, el Metabolismo puede ser deducido a partir de la FC, por la expresión de abajo:

$$M = \frac{(FC - FC_0) \cdot (M_{m\acute{a}x} - M_0)}{(FC_{m\acute{a}x} - FC_0)} + M_0 \quad (2)$$

Donde:

$M_{m\acute{a}x}$: capacidad máxima de trabajo
 M_0 : metabolismo en reposo
 $FC_{m\acute{a}x}$: FC máxima
 FC_0 : FC de reposo
FC : FC media

Debido a la dificultad de someter a una persona a pruebas de esfuerzo máximo, en la práctica se considera que la capacidad máxima de trabajo ($M_{m\acute{a}x}$) puede ser estimada en función del peso y la edad de las personas, para los hombres esta relación se expresa así:

$$M_{m\acute{a}x} = (75 - 0.4edad) \text{ Peso}^{2/3} \quad (3)$$

Donde $M_{m\acute{a}x}$ = CMT (capacidad máxima de trabajo) expresada en watts.

La fórmula presentada arriba, se refiere al peso sin gordura ya que el tejido adiposo perjudica la aptitud física. Según Sptitzer (*apud* Malchaire, 1988) el metabolismo de reposo sentado (M_0), puede ser estimado en 105 watts para un hombre y que este valor es un valor medio que se puede adoptar en función de las características de la persona considerada.

FC_0 según Malchaire (1988), se puede obtener de los registros de la FC que se sobrepasan durante 99% de los tiempos (FC_{99} , representa la frecuencia cardíaca de reposo en el trabajo) durante ese período (idealmente la jornada de trabajo de 8 horas), el individuo dispone de suficientes períodos de reposo.

La FC máxima ($FC_{m\acute{a}x}$) puede ser estimada, tanto para los hombres como para las mujeres por la relación propuesta por Chaffin (*apud* Malchaire, 1988) en función de la edad (I) de la persona:

$$FC_{m\acute{a}x} = 205.5 - 0.62 (I) \text{ lpm} \quad (4)$$

FC media resulta del estudio estadístico que Malchaire hace de la curva de la FC o de fracciones de la misma y que corresponden a las etapas señaladas como más perjudiciales, de esta forma determina la distribución de la FC y su valor medio.

Malchaire (1988), señala que las estimaciones de la CMT, $FC_{m\acute{a}x}$, FC_0 , son aproximadas y menciona algunos límites y factores dentro de los cuales estas expresiones no son utilizables, a saber: valores de la FC superiores a 110-120 lpm, factores emocionales, condiciones térmicas de trabajo, trabajo estático, esfuerzos de tracción. En casos de esfuerzos dinámicos (marcha, movimientos alternos, etc.), la relación depende de los músculos usados y hay diferencias cuando se trata de un trabajo de brazos o de piernas.

Grandjean (1981), ilustra gráficamente en la Figura 2, las consideraciones arriba mencionadas. Se observa que para determinado consumo de energía puede haber diferentes demandas de FC dependiendo de la condición de trabajo a la cual se está sometido.

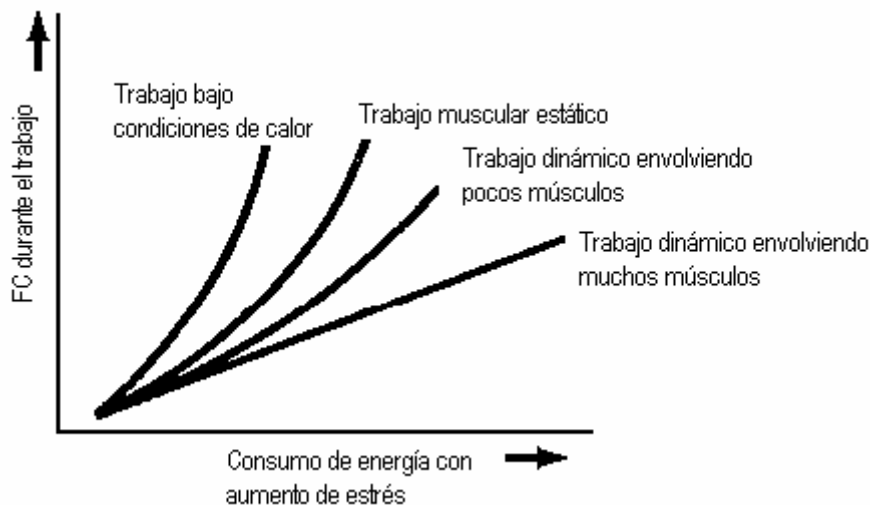


Figura 2. Incremento de la FC y consumo de energía asociada con varios tipos de estrés.

Esos efectos de carga estática, masa muscular y efectos naturales, son imposibles de cuantificar, de manera que los valores de metabolismo deducidos de la FC no podrán ser interpretados como representantes del gasto energético. De esta forma, el valor deducido de la FC es llamado de Metabolismo Equivalente, es decir, que desde el punto de vista ergonómico es la carga metabólica exigida para esta tarea, que sería comparable al valor obtenido durante una prueba de esfuerzo.

5. RESULTADOS

5.1 Características de los obreros

Las características de las personas fueron determinadas con el objetivo de describir la muestra de este estudio, dado que no se disponía de datos del universo de los albañiles.

De las informaciones recopiladas a través del cuestionario aplicado a los albañiles, se constata que la experiencia de la tarea es adquirida en la práctica por los ayudantes, ya que el entrenamiento formal raramente es realizado en el sector de la construcción. El nivel de instrucción, generalmente, es de primaria incompleta.

5.2 Medidas corporales

Estas medidas fueron realizadas con la intención de compararlas con las medidas presentadas por los obreros de otras profesiones. Sin embargo, aunque no hayan sido encontrados esos valores en la bibliografía el levantamiento efectuado puede ser utilizado para realizar comparaciones en futuros estudios.

5.3 Análisis de fuerza máxima

La fuerza máxima media de capacidad muscular presentada por los obreros, sometidos a una de las pruebas de evaluación de fuerza muscular, fue de 47,6 kg comparando este resultado con el peso del bloque más grande (10,5 kg) que es manipulado por el obrero para la ejecución de la mampostería, se constata que este valor representa 22,05% de la fuerza máxima. Usando la representación gráfica de la relación entre tamaño de carga y número de repeticiones, según Saziorski et al. (apud Weineck, 1991), para este porcentaje, se observa en la relación carga/número de repeticiones que es posible realizar aproximadamente 80 repeticiones continuas.

Por otro lado, para ejecutar una fila de bloques en una pared de 3.0 mts de largo, son necesarios alrededor de 11 bloques. Por lo tanto, se concluye que la relación carga/número de repeticiones necesarias para la realización de la tarea está bastante por debajo de la capacidad de fuerza disponible de los obreros.

5.4 Evaluación posicional

De acuerdo a la evaluación posicional de los obreros, todos ellos presentan serias deformaciones en la columna. La situación presentada se agrava por el hecho de que los obreros realizan movimientos de inclinación y rotación simultáneamente, lo que les puede inflamar los tejidos entre las vértebras. Algunos obreros presentaron rodillas levemente flexionadas estando de pies.

La Figura 3, ilustra un ejemplo de la forma cómo los obreros fueron evaluados de acuerdo a la posición adoptada: Lateralmente, de espaldas y de frente.



Figura 3. Análisis del plano sagital de la posición del obrero en el posturógrafo.

5.5 Análisis de posturas de trabajo

Para fines del estudio fueron consideradas tanto las posiciones como los esfuerzos envueltos que ocurren con más frecuencia en el proceso de levantamiento de mampostería. Fueron identificadas cinco posturas: muy inclinada, inclinada, normal, brazos al frente y brazos arriba de los hombros.

Las posturas más desfavorables se dan cuando se están ejecutando las primeras filas, al nivel de los pies. Otras se presentan cuando la pared está siendo finalizada, teniendo el obrero que sostener el bloque arriba del nivel de los hombros. Esta situación se agrava por la constante inclinación de la columna hacia adelante, posición que favorece el apareamiento de dolores en la espalda.

La única empresa que poseía registros propios de enfermedades más frecuentes en el trabajo, reportó que los problemas de lumbalgias eran los de mayor incidencia, le seguían: la dermatitis y distorsiones.

De los registros y observaciones se consiguió identificar algunos factores que obligan al albañil a realizar actividades bajo posiciones inadecuadas y aumentan sus esfuerzos físicos, éstas son:

- a) ubicación de los materiales en el espacio: algunas actividades que exigen permanentemente la inclinación frontal y rotación del tronco se deben al hecho de que el cajón con mortero y los bloques se encontraban a nivel de los pies (esté el obrero en el piso o sobre andamios).

Conforme la pared es concluida, son incrementados los esfuerzos a la posición de pies, pues, el obrero además de curvar la columna para agarrar los materiales que están en el piso, la colocación de los bloques lo hace a la altura de la frente, lo que lo obliga a estirar los brazos y empinarse.

b) medios de trabajos inadecuados: los andamios son fijos lo que no permite regularlos tanto en altura como adaptarlos a áreas estrechas. Esto obliga a los obreros a trabajar con los miembros superiores e inferiores estirados o encogidos y a improvisar andamios con los equipos que tienen a su disposición. Algunas veces los obreros usan pequeños bancos que lo hacen subir y bajar continuamente, aumentando los esfuerzos en las piernas. Los cajones de madera además de no ser regulables, absorben el agua del mortero, y los torna más pesados.

Los obreros expresaron que la colocación del bloque más grande, en las últimas filas, exige más esfuerzo y es más cansado trabajar con este tipo de bloque lo que provoca disminución en el ritmo de trabajo por la tarde.

5.6 Datos del costo fisiológico

Del análisis de los valores del metabolismo, que representa la carga metabólica equivalente exigida para ese puesto de trabajo, se observó una variación de éste con relación a la altura de la fila.

La Figura 4, muestra la sobreposición de la curva de las FC del Obrero P₆, La curva Fc_{media} de 119 lpm (línea Z) representa el nivel del piso (1^a y 2^a filas), y la curva de 109 lpm el nivel arriba de los hombros (9^a y 10^a filas).

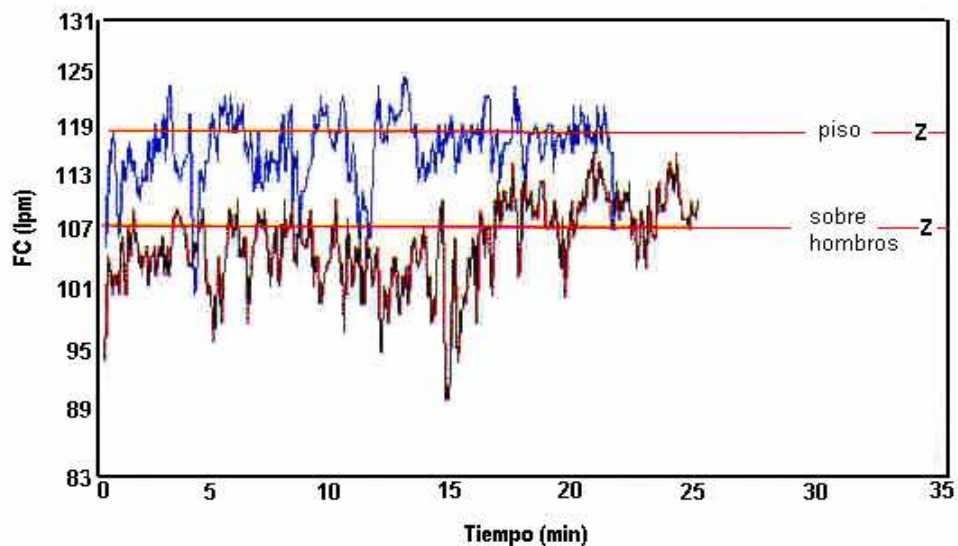


Figura 4. Comparación de las curvas de FC al nivel del piso y arriba de los hombros para el obrero P₆ en el sistema convencional.

La Figura 5 muestra la sobreposición de las curvas de FC para el mismo obrero de los niveles del piso (1^a y 2^a fila), FC_{media}, línea Z, 119 lpm y de la cintura (6^a y 7^a filas), FC_{media}, línea Z, 106.

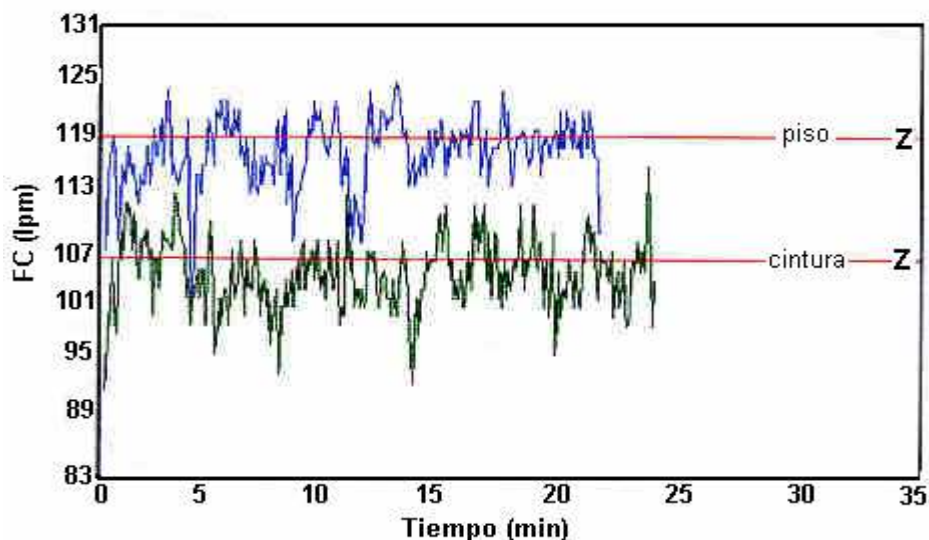


Figura 5. Comparación de FC al nivel del piso y cintura del obrero P_6 en el sistema convencional.

Se observó que el nivel del piso (1^a y 2^a fila), en relación con el nivel de la cintura (6^a y 7^a filas) y al nivel arriba de los hombros (9^a y 10^a filas), presenta los valores más altos de FC, le siguen el nivel arriba de los hombros y por último el nivel de la cintura, indica esto que el nivel del piso es el de mayor dificultad para el obrero.

Partiendo de los resultados del metabolismo equivalente para los dos tipos de bloques, fue elaborado un análisis de varianza. De este análisis se verifica que la variable altura de la fila, obrero y tamaño del bloque presentan efectos significativos sobre el metabolismo.

El hecho de que el tamaño del bloque tenga efecto significativo sobre el metabolismo puede ser explicado por existir una diferencia en los ritmos de trabajo medidos en los dos sistemas, (pago por tarea en el sistema convencional y pago por hora en el sistema racionalizado). Los valores de metabolismo en el sistema convencional se presentaron más altos que los del sistema racionalizado. En el sistema convencional el ritmo de colocación del bloque es más acelerado, incrementando así los valores de metabolismo.

Fueron ilustrados los valores medios y el intervalo de confianza de 95% del valor del metabolismo equivalente en relación con el tamaño del bloque. Así se verificó que el tamaño del bloque tiene influencia significativa.

Analizando los porcentajes de los valores medios de utilización de $M_{m\acute{a}x}$, que representan el porcentaje de utilización de la carga máxima de trabajo (CMT), y comparándolos con los valores propuestos, se puede clasificar el trabajo de medio a pesado.

Con el objetivo de clasificar mejor el trabajo del obrero, se decidió hacer inicialmente una comparación de los límites presentados en la Tabla 1, con los valores límites de carga de trabajo aceptables propuestos por Rohmert y Hettinger (apud Grandjean, 1981). Ellos proponen 35 latidos/min, definido como el pulso de trabajo, como siendo el límite para trabajos continuos.

Tabla 1. Pulso y calorías de trabajo de los obreros – sistema convencional.

Filas	Pulso de trabajo (lpm)					Calorías de trabajo (kcal/min)				
	1ª y 2ª	3ª y 4ª	5ª y 6ª	7ª y 8ª	9ª y 10ª	1ª y 2ª	3ª y 4ª	5ª y 6ª	7ª y 8ª	9ª y 10ª
Obreros										
P_1	29,9	29,0	25,4	27,4	-	2,69	2,54	2,27	2,46	-
P_2	28,7	25,1	21,9	20,0	21,9	3,16	2,83	2,46	2,23	2,45
P_3	26,2	24,9	23,8	27,5	-	2,34	2,23	2,11	2,27	-
P_4	45,9	35,3	31,2	30,2	-	4,56	3,48	3,07	2,95	-
P_9	47,8	40,5	41,1	48,5	51,0	5,27	4,45	4,51	5,36	5,65
Media	35,70	30,96	28,68	30,72	36,45	3,6	3,11	2,88	3,05	4,05
Desvío	10,28	6,79	7,76	10,63	20,57	1,25	0,88	0,97	1,32	2,26

En la Figura 6 se representan gráficamente los valores medios de pulso de trabajo (lpm) tanto para el sistema convencional como para el sistema racionalizado.

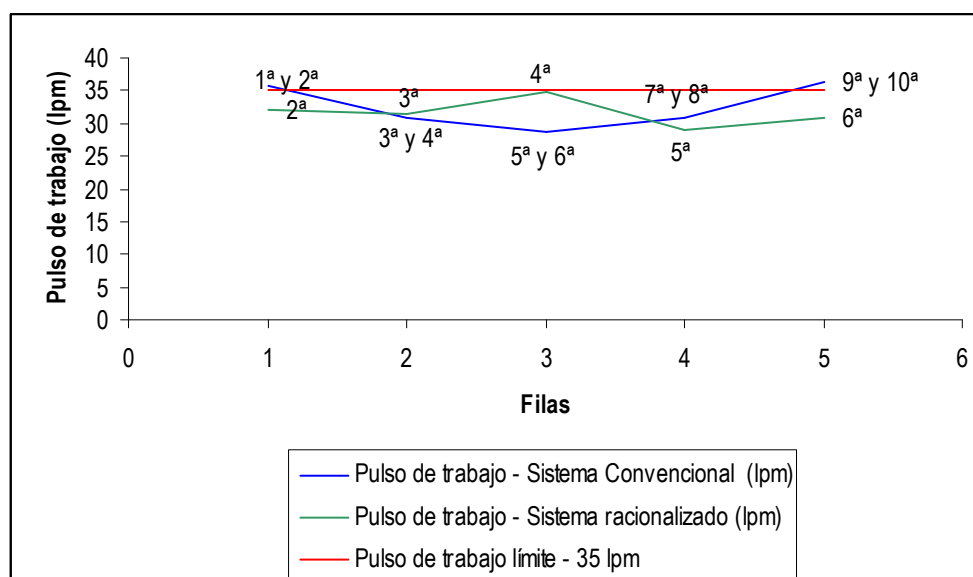


Figura 6. Valores medios de pulso de trabajo (lpm) en los sistemas convencional y racionalizado.

Se observa en el sistema convencional que tanto en las 1ª y 2ª filas, como en las 9ª y 10ª filas, los valores de pulso de trabajo superan el límite de 35 lpm (tercera línea de la Figura 6). Para las otras filas los valores medios de pulso de trabajo están próximos al límite confirmándose de esta manera que el trabajo puede ser clasificado como moderadamente pesado, esta clasificación se considera válida para el sistema racionalizado por estar los valores próximos del límite de 35 lpm.

Tabla 2. Pulso y calorías de trabajo de los obreros – sistema racionalizado.

Filas	Pulso de trabajo (lpm)					Calorías de trabajo (kcal/min)				
	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª
Obreros										
P ₂	22,4	22,8	-	18,1	21,5	2,52	2,57	-	2,01	2,41
P ₅	35,75	34,2	32,3	30,95	-	4,87	4,66	4,39	4,23	-
P ₆	36,85	34,36	35,2	32,7	-	3,78	3,52	3,59	3,32	-
P ₈	33,4	34,8	37,15	33,7	40,1	3,17	3,3	3,53	3,20	3,82
Media	32,1	31,54	34,88	28,86	30,9	3,58	3,51	3,82	3,19	3,11
Desvío	6,7	5,7	8,8	6,4	13,3	0,99	0,86	0,48	0,91	0,99

En la literatura se encuentra que la clasificación del trabajo varía de acuerdo con los valores de consumo de energía que los diferentes autores adoptan. Fueron comparados los resultados con los valores propuestos por Christensen (apud McCormick, 1982), Lehmann (apud, McCormick,1982) y Edholm (apud Grandjean, 1981). Este último sugiere considerar 2,000 kcal/día (4,2 kcal/min) como consumo máximo y que los niveles de trabajo deben estar preferiblemente abajo de este valor, para que el mismo sea desarrollado satisfactoriamente.

Grandjean (1981), clasifica el trabajo en cuatro categorías dependiendo del número de calorías de trabajo, se observa como límite máximo para un trabajo de 8h/día, 2000 kcal/día (4,2 kcal/min) confirmando así las recomendaciones de Edholm (apud Grandjean, 1981). En la Tabla 3 se presentan estos valores.

Tabla 3. Clasificación del trabajo por calorías de trabajo.

Tipo de trabajo	Calorías de trabajo 8 h/día (Kcal)	Calorías de trabajo (Kcal/min)
Leve	<1000	<2,0
Moderadamente pesado	1000 - 1600	2,0 – 3,3
Pesado	1600 - 2000	3,3 – 4,2
Severo	>2000	>4,2

Fuente: adaptación de Grandjean (1981)

En las Tablas 1 y 2 se observa que los valores medios de las calorías de trabajo para la ejecución de mampostería, en el sistema convencional varían entre 2,88 y 4,05 kcal/min (Tabla 1), sin embargo en el sistema racionalizado estos valores varían entre 3,11 y 3,82 (Tabla 2).

Comparando estos valores con los de la Tabla 3 se clasifica esta tarea como un trabajo del tipo moderadamente pesado a pesado.

En la Figura 7 se representan gráficamente los valores medios de calorías de trabajo (lpm) tanto para el sistema convencional como para el sistema racionalizado. Como puede observarse estos valores están próximos del valor límite de 4,2kcal/min.

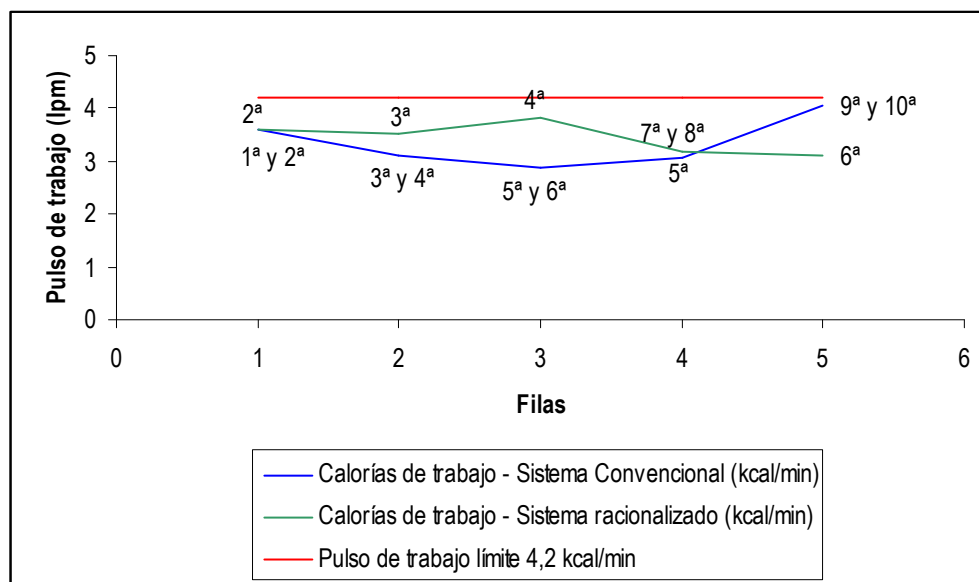


Figura 7. Valores medios de calorías de trabajo (kcal/min) en los sistemas convencional y racionalizado.

Tomando en cuenta las clasificaciones del trabajo anteriormente citadas y comparando los valores especificados por los diferentes autores, se puede inferir que el servicio del albañil en la ejecución de mampostería es moderadamente pesado.

5. CONCLUSIONES

El método utilizado para evaluar la carga física de trabajo del albañil en la ejecución de mampostería, tanto en el sistema convencional como en el sistema racionalizado, presenta como principal ventaja el hecho de poderse determinar el valor de FC para cualquier actividad registrada además de convertirse en un agente de motivación que condujo al obrero a contribuir en la recopilación de los datos. Esto se da porque les es dada la oportunidad de que conozcan el comportamiento de su corazón.

Como el aparato de medición Polar Sport Tester es bastante práctico y de fácil manejo, tornó posible que los obreros efectuasen sus propias mediciones, participando activamente del proceso.

El hecho de encontrarse en un ambiente de laboratorio, en la Escuela de Educación Física de la Universidad Federal de Río Grande del Sur estudiándolos, les permitió también adquirir mayor conocimiento de sí mismos y les motivó a una mayor participación en la investigación consiguiéndose inclusive sugerencias de parte de ellos para futuros estudios.

La ejecución de la mampostería con bloques de cerámica de seis huecos (peso aproximado de 2,5kg) y bloque de 19x29x29 cm (peso aproximado de 10,5 kg.) presentó una diferencia significativa en el gasto energético de los obreros.

El hecho de que el tamaño del bloque tenga efecto significativo sobre el metabolismo puede ser explicado por existir diferencia en los ritmos de trabajo medidos en los dos sistemas: por tarea en el sistema convencional y por día en el sistema racionalizado. Los valores de metabolismo para el bloque convencional se presentan más elevados que los del bloque racionalizado, el tiempo medio para asentar el bloque convencional fue de 22 segundos y de 50 segundos para el bloque racionalizado. En el sistema convencional el ritmo de colocación es más acelerado, incrementando los valores de metabolismo.

El estudio comprobó que el mayor gasto energético ocurre cuando el albañil ejecuta las filas que están al nivel del piso. En el sistema convencional, es evidente que este plano de trabajo se presenta como el más desfavorable, debido a la postura que el albañil adopta para ejecutar la tarea, muy curvado.

Un dato interesante, que no fue verificado, se refiere a las filas que exigen trabajar con los brazos arriba de los hombros, y que fue señalada por los albañiles como dificultosa. Estas presentaron valores de metabolismo más dispersos que las filas intermedias, siendo difícil de ser verificado estadísticamente. Eso puede ser debido a las pocas mediciones realizadas, debiendo esta postura ser mejor investigada en futuros trabajos.

6. BIBLIOGRAFIA

- ASTRAND, P.O., RODAHL. K. (1980), Tratado de fisiología do ejercicio. 2.ED. Río de Janeiro: Interamericana, 617p.
- BRADFIELD, R.B., HUNTZICKER, P.B., FRUEHAN, G.J. (1969), Simultaneous comparison of respirometer and heart-rate telemetry techniques as measures of human energy expenditure. The American Journal of Clinical Nutrition, v.22, n.6, p.696-700, June.
- EASTMAN KODAK COMPANY (1983), Ergonomics Group. Health and Environment Laboratories. Ergonomic design for people at work. New York, V.2, cap.9, p.175-191
- ERGONOMIA (1988), Conforto e mais produção. Dirigente Industrial, São Paulo: v.29, n.11, p. 34-36, ago.1988.
- FRANKENFELD, N. (1990), Produtividade. Rio de Janeiro: Confederação Nacional da Indústria, Departamento de Assistência à Média e Pequena Indústria, 80p.
- GRANDJEAN, E. (1981), Fitting the task to the man: an ergonomic approach. London: Taylor Francis.
- IIDA, I. (1992), Ergonomia: projeto e produção. São Paulo: Edgard Blücher.
- KROEMER, K. (1994), et al. Ergonomics: how to design for easy and efficiency. Englewood Clippis, N.J.: Prentice-Hall.
- LAVILLE, A. (1977), Ergonomia. 3.ed. São Paulo, Ed. Da Universidade de São Paulo, 101p.
- MALCHAIRE, J. (1988), Appreciation da la charge physique au poste de travail. Bruxelles, Université Catholique de Louvain, Département de Médecine et Hygiène du Travail et de L'Environnement.
- MALHOTRA, M. S., SEM GUPTA, J., RAI, R. M. (1963), Pulse count as a measure of energy expenditure. Journal of Applied Physiology, Bethesda, v.18, n.5, p.994-996.
- McCORMICK, E.J. (1982), Human factors in engineering and design. New York: McGraw-Hill.
- VERMA, MALHOTRA, M.S., GUPTA, J.S. (1979), Ergonomics, v.22, n.9, p.1039-1044.
- VERSHUREN, C.P.; SPEKKINK, D. (1987), Workload data system: an important tool for ergonomics in construction. Paper presented to Symposium of CIB W-65 on Organization and Management of Construction, v.2. p.868-879
- WEINECK, J. (1991), Biologia do esporte. São Paulo: Manole, 599p.
- WISNER, A. (1987), Por dentro do trabalho. Ergonomia: método e técnica.. São Paulo: FTD/Oboré, 189p.

María Tamara Villagra

Ingeniero Civil, M.Sc.

Investigador Asistente en la Universidad Federal de Río Grande del Sur

Bairro Cidade Baixa

Porto Alegre – RS, CEP 90570-050

Brasil

Research Engineer, M.Sc.

Research Assistant at The Federal University Of Rio Grande Do Sul

Rua Sarmiento Leite N° 1048 Apt° 404

Bairro Cidade Baixa

Porto Alegre – RS, CEP 90570-050

Brasil

tamara@cpgec.ufrgs.br

Carlos Tores Formoso

Ingeniero Civil, Ph.D.

Profesor Adjunto en la Universidad Federal de Río Grande del Sur

Porto Alegre – RS, CEP 90570 – 050

Brasil

Research Engineer, Ph.D.

Associate Professor at The Federal University Of Rio Grande Do Sul

Rua Dinarte Ribeiro N° 212 Apt° 64

Bairro Moinhos de Vento

Porto Alegre – RS, CEP 90570 – 050

Brasil

formoso@vortex.ufrgs.br