

Carga física y consumo de oxígeno en conductores de vehículos de carga y de pasajeros

L. A. Saavedra Robinson, L. Quintana Jiménez^a

Recibido: 29 Marzo 2005

Aceptado: 11 Abril 2006

RESUMEN

Objetivo: Analizar la carga física de los conductores de vehículos de carga y pasajeros a través de la medición directa del consumo de oxígeno para determinar si la actividad de conducir se encuentra bajo las recomendaciones metabólicas internacionales y establecer comparaciones entre estos dos tipos de conductores con el fin de establecer qué vehículo exige una mayor carga física.

Métodos: De un estudio mayor con una muestra de 80 conductores se seleccionaron nueve trabajadores representativos de los grupos de conductores profesionales de carga y pasajeros (hombres, 31 a 50 años). Sobre esta submuestra se realizaron mediciones en el laboratorio con un protocolo de carga incremental de 25W cada minuto hasta lograr el máximo y recuperación de 5 minutos. Posteriormente se realizaron mediciones de campo durante la tarea de conducir un vehículo de carga o pasajeros tanto en la ciudad de Bogotá como fuera de ella.

Resultados: Se encontraron valores del VO_2 máximo en laboratorio entre 21,77 y 48,63 ml/min/kg y valores de VO_2 promedio en la tarea entre 5,18 y 10,30 ml/min/kg.

Conclusiones: Las tareas de conducir un vehículo de carga o de conducir un vehículo de pasajeros son de poca exigencia física, según los datos analizados y las normas internacionales. Se observa también que los conductores de mercancías presentan exigencias fisiológicas adicionales frente a los conductores de vehículos de pasajeros.

PALABRAS CLAVE: Carga de trabajo, consumo de oxígeno, espirometría, ergonomía

PHYSICAL WORKLOAD AND OXYGEN CONSUMPTION IN FREIGHT AND PASSENGER VEHICLE DRIVERS

ABSTRACT

Objective: To analyze and compare the physical workload of drivers of freight and passenger vehicles through direct measurement of oxygen consumption (VO_2), both in the laboratory and the field, to determine if these activities are consistent with internationally recommended guidelines.

Methods: From a larger study of 80 healthy drivers, nine men, ages 31 to 50 years, were selected for more intensive study. Measurements were taken in the laboratory, using a progressive incremental workload protocol of 25 watts/minute, until maximum effort was reached, followed by a recovery stage at 25 watts for 5 minutes. Subsequently, direct oxygen consumption measurements were obtained in the field, while driving either freight trucks or buses, both in Bogotá and outside this city.

Results: Maximum VO_2 in the laboratory ranged from 21.77 to 48.63 ml/min/kg, whereas average VO_2 during task performance in the field was between 5.18 and 10.30 ml/min/kg.

Conclusion: Based on these results and in comparison with international guidelines, driving a freight truck or bus is associated with low physical demand. Drivers of freight vehicles have additional physiological demands as compared to drivers of passenger vehicles.

KEYWORDS: Workload, oxygen consumption, spirometry, ergonomics

^a Centro de Estudios de Ergonomía.
Departamento de Procesos Productivos.
Pontificia Universidad Javeriana.

Correspondencia:
Luis Saavedra Robinson
Centro de Estudios de Ergonomía
Departamento de Procesos Productivos
Calle 40 # 5-37
e-mail: l.saavedra@javeriana.edu.co
Teléfonos. (57) 3208320 Ext. 5351-5371
Bogotá, Colombia

INTRODUCCIÓN

Existen numerosos estudios acerca de los riesgos laborales en trabajadores conductores de vehículos de carga y pasajeros (principalmente, camiones y autobuses) debido a las particulares características que implica su trabajo¹. Los riesgos a los que están expuestos estos trabajadores se relacionan con la ocurrencia de accidentes y de enfermedades o alteraciones debidas a exposiciones tanto físicas como psicosociales.

Los accidentes de circulación en este colectivo se han relacionado con el estado del vehículo y la carretera, las condiciones ambientales y el nivel de alerta o fatiga de los conductores². Por su parte, la fatiga asociada a este tipo de accidentes se ha relacionado con la hora del día, el tiempo que el conductor permanece despierto y desordenes en el sueño y en la nutrición². En otros estudios se han identificado también como elementos que contribuían al cansancio y a la probabilidad de que sucediera un accidente factores como la conducción durante largas distancias, bajo presión, en carreteras monótonas o poco conocidas, tras el consumo de alcohol o en condiciones meteorológicas extremas³. Además del riesgo de accidentes, otros estudios han evaluado la prevalencia e incidencia de alteraciones cardiovasculares en estos conductores profesionales⁴.

De hecho, en toda actividad que requiere un esfuerzo físico importante se consume gran cantidad de energía y aumenta el ritmo cardíaco y respiratorio, y es a través del estudio de estos factores que se puede determinar el grado de dificultad física de la tarea en cuestión. La consecuencia directa de una carga física excesiva será la fatiga muscular, que se traducirá en patologías osteomusculares, aumento del riesgo de accidente y disminución de la productividad y calidad del trabajo⁵.

En este trabajo se presenta un método para investigar la fatiga física mediante pruebas de consumo de oxígeno. Ello ha permitido determinar la carga que podría admitir un trabajador del sector de transporte en su jornada, creando un modelo para el estudio y análisis de las diversas tareas relacionadas con este trabajo.

MÉTODOS

Participantes

Los nueve participantes escogidos para esta investigación fueron trabajadores del sector del transporte divididos en dos categorías: cinco conductores de pasajeros y cuatro transportadores de carga. Dentro de los transportadores carga se seleccionaron dos conductores de reparto de mercancía doméstica (participantes 1 y 2), uno para el reparto de mercancía local (participante 3) y un transportador de combustible (participante 4). Por otro lado, en los transportadores de pasajeros se seleccionaron tres conductores de transporte masivo dentro del perímetro urbano (participantes 5, 6 y 9) y dos transportadores intermunicipales (participantes 7 y 8). Sus edades oscilaron entre los 31 y 50, su estatura entre los 1,60cm y 1,77cm y su peso entre los 63 Kg. y 94 Kg.

Instrumentos de medida

Para la realización de la investigación se utilizaron los siguientes instrumentos: ergoespirómetro Metamax3x., cicloergómetro Ergo Fit 177, Polar Heart Rate monitor, jeringa de calibración y cámara fotográfica y de video.

Obtención de datos en el laboratorio y en el trabajo de campo

Se citó a estos trabajadores en el centro de ergonomía de la Pontificia Universidad Javeriana para la realización de una prueba de esfuerzo y así determinar la cantidad máxima de oxígeno que podían procesar estas personas. Para ello se siguió un protocolo de pruebas físicas, utilizando un ergoespirómetro y un cicloergómetro. El protocolo se ejecutó de la siguiente manera: primero tres minutos de reposo del participante, luego se daba inicio a la fase de ejercicio con una carga inicial de 25W, esta carga fue incrementando cada minuto hasta que el participante llegará a su máximo consumo de oxígeno, luego se iniciaba un periodo de recuperación de 5 minutos y se daba por terminada la prueba. Este protocolo se modificó a partir del realizado por Quintana y cols., 2004⁶.

La capacidad del sistema cardiovascular⁷ se determina en el laboratorio a través del test de consumo máximo de oxígeno (VO₂ MAX) expresado en ml/min/kg. Si se atribuye a este VO₂ MAX el 100% de la capacidad del trabajador, se puede estimar la proporción del mismo más razonable para la realización de una determinada tarea de trabajo. Así, un trabajo tolerable (entre 4 y 8 horas) puede consumir aproximadamente del 33 al 50% del VO₂ MAX. El objetivo de este método es tratar de evitar el metabolismo anaeróbico. Rohmert⁸ estableció que un individuo puede trabajar al 50% del VO₂ MAX durante 8 horas al día y seis días a la semana. Jorgensen⁹ recomienda 50% para personas entrenadas y 33% para personas sin entrenar. Rogers¹⁰ sustenta y recomienda que para periodos cortos y largos existen diferentes parámetros: 33% del VO₂ MAX para 8h, 30,5% para 10h y 28% para 12h.

Para los nueve trabajadores incluidos en la muestra y que pasaron por las pruebas de laboratorio se llevó a cabo un trabajo de campo que consistió en observar por medio del ergoespirómetro la cantidad de oxígeno procesada durante la ejecución de las tareas en el proceso habitual de trabajo, con el fin de establecer qué porcentaje de oxígeno se estaba utilizando en relación a la cantidad máxima obtenida en la prueba de esfuerzo máximo en el laboratorio. El tiempo de observación para cada individuo fue de cincuenta minutos y dado que el equipo produce un resultado cada diez segundos, el total de datos obtenidos en estos cincuenta minutos fue de 300 datos. De esta forma, se determinó en forma directa el cálculo del costo energético involucrado en la actividad.

Con el objetivo de determinar si las tareas de conducir un transporte de carga y pasajeros entraban en los límites de carga física establecidos internacionalmente, se realizó una prueba de hipótesis sobre dos proporciones¹¹: la primera proporción fue la media promedio obtenida en el estadística descriptiva de todos los participantes y la segunda proporción es el 33% establecido para el consumo pico de oxígeno.

Análisis de datos

Para el análisis estadístico de los datos se utilizó el software SPSS versión 12.00 y se pudo establecer la proporción del esfuerzo en función del consumo máximo determinados en la prueba de laboratorio. Según la hipótesis nula, el promedio del consumo de oxígeno durante el desarrollo de la actividad se encontraría al 33% del consumo máximo de oxígeno. El nivel de confianza se fijó en 0,95.

RESULTADOS

En la Tabla 1 se presentan los resultados del test de ergoespirometría (laboratorio) en los 9 participantes en el estudio. En la Tabla 2, se presentan los resultados obtenidos en el trabajo de campo para estos mismos trabajadores.

El análisis comparativo con las recomendaciones internacionales mostró que en general el consumo de oxígeno en los trabajadores observados en este estudio se encuentra por debajo de estos límites establecidos, pudiendo considerarse los trabajos en cuestión como de nivel ligero.

En la Figura 1 se presenta la comparación de los consumos de oxígeno entre ambos tipos de conductores (de carga y pasajeros). Como se puede observar, el consumo de oxígeno de los transportadores de pasajeros es menor que los transportadores de carga, de lo que se deduce que la actividad de carga de mercancías supone una exigencia fisiológica adicional por parte del individuo. Por su parte, la Figura 2 muestra datos de frecuencia respiratoria en ambos grupos. A medida que aumenta y presenta una mayor fluctuación la frecuencia res-

piratoria, se entiende que el sujeto se encuentra más agitado y por tanto presenta un mayor nivel de estrés. La frecuencia respiratoria media para los transportadores de carga fue de 20,26 L/min (desviación estandar 1,29) y para los transportadores de pasajeros de 17,99 L/min (desviación estandar 1,15). En su conjunto, estos datos ponen de manifiesto que los transportadores de pasajeros presentan menos estrés los transportadores de carga, pues tanto el consumo de oxígeno como la frecuencia respiratoria es menos fluctuante.

Se llevó también a cabo un análisis para la realización de las tareas bajo diferentes presiones atmosféricas. Al inicio de la prueba, la presión atmosférica se muestra constante a 756mbar (altitud de 2.528m sobre el nivel del mar), siendo la frecuencia respiratoria promedio de 23,5 L/min y la ventilación por minuto promedio de 16,7 L/min. Cuando aumenta la presión atmosférica hasta 810mbar (1.828m sobre el nivel del mar), la frecuencia respiratoria promedio cambia a 22,0 L/min y la ventilación por minuto promedio a 15,6 L/min. Ello se debe a que al pasar la persona de un lugar a determinada altitud a otro de menor altitud, el cuerpo aumenta su rendimiento y los valores de frecuencia respiratoria y ventilación.

DISCUSIÓN

El trabajador que mayor consumo de oxígeno presentó durante el desarrollo de los tests de ergoespirometría fue el participante 3 (conductor de vehículos de carga: reparto de mercancía local) y el que menos oxígeno consumió fue el participante 8 (conductor de pasajeros: transporte intermuni-

Tabla 1. Resultados del test de ergoespirometría (laboratorio). Estudio de 9 trabajadores del sector del transporte. Centro de Estudios de Ergonomía de la Pontificia Universidad Javeriana, Colombia.

Participante	Parámetros ^a								
	VO ₂ Pico ml/min/kg	VO ₂ AT ml/min/kg	HRR lat/min	HR máx. lat/min	HRAT lat/min	HRRu %	CFT máx. W/kg	CFTAT W/kg	EE prom kcal/d/kg
1	30	24	82	133	121	99	2,2	1,89	121
2	27,59	16	85	174	125	97	2,44	1,22	136
3	48,63	29	64	170	118	100	3,48	2,09	190
4	43	20	73	166	100	100	3,85	1,93	169
5	47,82	34	70	177	153	100	4,35	3,16	167
6	38,42	29	65	167	143	98	3,13	2,34	130
7	24,03	21	82	168	156	95	2,44	2,13	98
8	21,77	17	85	154	135	97	1,85	1,33	86
9	25,71	21	81	155	138	100	1,28	1,92	120
Media	34,11	23,44	76,33	162,67	132,11	98,44	2,78	2,00	135,22
Desviación estándar	10,49	6,06	8,43	13,51	17,93	1,81	0,99	0,57	34,32

^a VO₂Pico: consumo de oxígeno máximo; VO₂AT: consumo de oxígeno en el umbral anaeróbico; HRR: frecuencia cardiaca en reposo; HR máx.: frecuencia cardiaca máxima; HRAT: frecuencia cardiaca en el umbral anaeróbico; HRRu: porcentaje de la frecuencia cardiaca utilizada; CFT máx.: costo metabólico máximo (relación de potencia en Watt contra el peso en Kg); CFTAT: costo metabólico en el umbral anaeróbico; EE prom.: gasto energético promedio.

Tabla 2. Resultados del test de ergoespirometría (trabajo de campo). Estudio de 9 trabajadores del sector del transporte. Centro de Estudios de Ergonomía de la Pontificia Universidad Javeriana, Colombia.

Participante	Parámetros ^a								
	VO ₂ prom ml/min/kg	VO ₂ prom vs. VO ₂ Pico %	EE prom kcal/jornada	RER ini %	RER final %	PB ini mbar	PB final mbar	Ta máx °C	Tb máx °C
1	6,62	22%	1219	94	63	756	820	25,2	32,1
2	5,18	19%	957	92	61	753	731	26	32,3
3	7,98	16%	1294,2	86	61	752	752	25,4	32,1
4	10,3	24%	1536	87	72	755	755	25,9	32,3
5	8,98	19%	1285,27	86	63	753	753	26,3	32,4
6	6,13	16%	875	--	--	754	754	25,8	32,2
7	7,27	30%	1367	84	73	752	754	25,8	32,2
8	6,85	31%	1472,6	84	73	755	753	26,9	32,6
9	5,44	21%	988	74	78	754	753	28	32,9
Media	7,19	22%	1221,56	85,88	68,00	753,78	758,33	26,14	32,34
Desviación estándar	1,66	6%	233,73	6,01	6,70	1,39	24,30	0,85	0,26

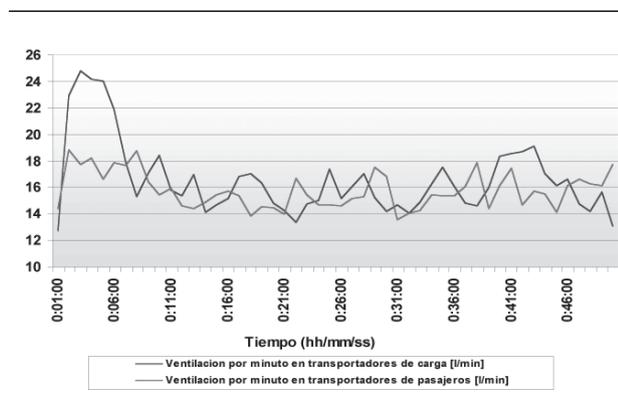
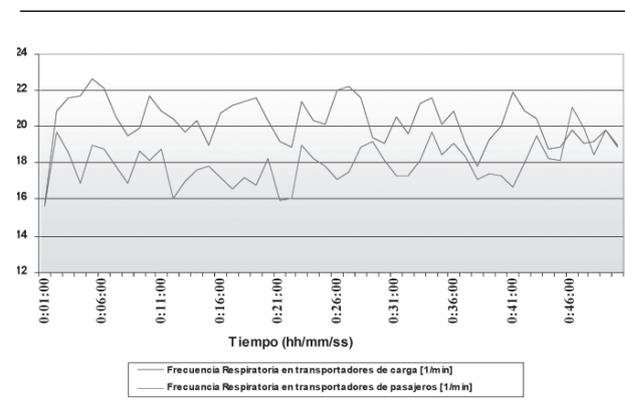
^aVO₂ prom: consumo de oxígeno promedio; VO₂ prom vs. VO₂Pico: porcentaje del consumo de oxígeno en campo frente al consumo de oxígeno máximo obtenido en el laboratorio; EE prom: gasto energético promedio; RER ini: coeficiente respiratorio inicial; RER final: coeficiente respiratorio final; PB ini: presión barométrica inicial; PB final: presión barométrica final; Ta máx: temperatura ambiental máxima; Tb máx: temperatura del aire exhalado.

cial). Cabe señalar que el trabajador que consumió la mayor cantidad de oxígeno refirió desarrollar actividad física con una frecuencia superior a las 6 horas por semana, mientras que el participante con menor consumo de oxígeno refería una actividad física inferior a una hora por semana.

La tarea más estresante fue la conducción de un transporte de carga para el descargue del combustible (participante 4). El manejo de mangueras para la manipulación de este material, por parte del conductor, implicó una actividad física adicional, así como un alto grado de responsabilidad por la peligrosidad de la carga, lo cual agregado a su actividad nor-

mal genera un consumo de oxígeno mayor al que necesitaría si sólo desarrollara la actividad de conducir.

La labor que menor consumo de oxígeno requirió durante la ejecución de la misma fue la conducción de transporte de pasajeros dentro de la ciudad de Bogotá (participante 9). En este puesto de trabajo, a diferencia de los conductores de transportes intermunicipales, no interfieren factores de distracción como la interacción con los pasajeros para el pago del pasaje o los adelantamientos en vías con un solo carril por sentido, entre otras. Esto permite que el trabajador tenga una mayor concentración, un desarrollo de la tarea de forma

Figura 1. Consumo de oxígeno en conductores de vehículos transportadores de carga y de vehículos transportadores de pasajeros.**Figura 2.** Frecuencia respiratoria en conductores de vehículos transportadores de carga y de vehículos transportadores de pasajeros.

más tranquila y que los consumos de oxígeno se encuentren dentro de los límites recomendados.

Se observó igualmente que la presión atmosférica influye en el desempeño del sujeto para la ejecución de la tarea: la frecuencia respiratoria y la ventilación por minuto variaban conforme variaba la presión atmosférica.

Teniendo en cuenta la complejidad y sensibilidad del equipo, pero también las expectativas que generaba en el conductor el uso del mismo, se observó durante la realización de la investigación que los participantes desarrollaron siempre al inicio del test, un periodo de adaptación que afecta los resultados mostrados en las gráficas. Otro aspecto que influye en la aparición de picos en el comienzo es el hecho que cada participante tenía que maniobrar el equipo para construir las marcaciones, lo cual implicaba un grado de responsabilidad mientras se acoplaba al manejo.

El presente estudio se está completando con un análisis del metabolismo basal en estos trabajadores. Ello permitirá comparar las condiciones de los participantes durante el periodo de reposo con sus condiciones durante el desarrollo de las tareas propias de su actividad laboral.

Es recomendable la realización de estudios que permitan determinar si el impacto observado de las actividades complementarias (manejo de combustible, entrega de mercancía, el recibo de pago del pasaje, entre otros) es generalizable al colectivo de conductores o son peculiaridades individuales de autorregulación del estrés en los trabajadores participantes en este estudio. Se recomienda igualmente que futuras investigaciones se centren en un determinado colectivo (por ejemplo, trabajadores del transporte intermunicipal), y así profundizar más en aspectos propios de cada actividad.

Así mismo, dadas las características topográficas de nuestro país es necesaria la realización de estudios que determinen el impacto de la presión atmosférica durante la ejecución de las tareas, teniendo en cuenta que durante los recorridos efectuados con variaciones de dicha presión se evidenciaron alteraciones en el consumo de oxígeno.

BIBLIOGRAFÍA

1. Adams Guppy J. Truck driver fatigue risk assessment and management: a multinational survey. *Ergonomics*. 2003; 46 (8): 763 – 79.
2. Federación Colombiana de Transportadores de Carga por Carretera (COLFECAR). Condiciones de salud y trabajo en conductores de carga por carretera [citado 1 Oct 2005]. Disponible en: <http://www.colfecar.org>.
3. Hartley LR, Penna F, Corry A, Feyer AM. Comprehensive review of fatigue research. Fremantle: Murdoch University. Institute for Research in Safety and Transport; 1996.
4. Netterstrom B, Juel K. Impact of work-related and psychosocial factors on the development of ischaemic heart disease among urban bus drivers in Denmark. *Scand J Work Environ Health*. 1988;14 (4): 231-8.
5. Apud E. Desarrollo y transferencia de tecnologías ergonómicamente adaptadas para el aumento de la productividad del trabajo forestal [citado 1 Oct 2005]. Disponible en: <http://www.ergonomia.cl/>.
6. Quintana L, Niño J, Schulze L, Delclos J, Castellanos D. Prediction of metabolic costs, psychophysical response and carrying workload limits for colombian population. International Annual Conference of the International Society of Ergonomics and Safety. Houston (Texas), 2004.
7. Konz S, Johnson S. *Work Design*. Industrial Ergonomics. Scottsdale: Holcomb Hathaway Publishing; 1999.
8. Rohmert W. Problems in determining rest allowances. Part 1: Use of modern methods to evaluate stress and strain in static muscular work. Darmstadt: Institut für Arbeitswissenschaft, University of Technology; 1973.
9. Jorgensen K. Permissible loads based on energy expenditure measurements. *Ergonomics*. 1985; 28(1): 365-9.
10. Rodgers S. *Ergonomics design for people at work*. New York: Van Nostrand Reinhold; 1986.
11. Montgomery DC, Hines WW. *Probability and statistic in engineering and management science*. New York: John Wiley & Sons; 2000. p. 336-56.