

# Modelo de regresión del $VO_2$ máximo: una propuesta para el futbolista colombiano

**José Gerardo Cardona Toro.**  
*Magíster en Investigación de Operaciones y Estadística. Especialista en Instrumentación Física (área Biomédica). Docente Departamento de Matemáticas, Universidad Tecnológica de Pereira.*

**Luis Fernando Jaramillo Correa**  
*Especialista en Instrumentación Física (área Biomédica). Docente programa Ciencias del Deporte y la Recreación, Universidad Tecnológica de Pereira.*

**Luis Andrés Parra Londoño**  
*Estudiante X sem, Programa Ciencias del Deporte y la Recreación, Universidad Tecnológica de Pereira. Preparador físico Primera C, Club Deportivo Pereira.*

## **Resumen**

---

*Actualmente en algunos equipos del fútbol Colombiano, se vienen aplicando pruebas de campo para conocer y monitorear la condición física y en especial el consumo máximo de oxígeno de sus futbolistas a cambio de pruebas de laboratorio, y para tal efecto se está empleando el test de Course Navette (L. Leger y cols o prueba de 20 metros). El objetivo de nuestro trabajo fue conocer la validez de la prueba en futbolistas, y de acuerdo a los resultados plantear un modelo de regresión aplicable a jugadores de nuestra región y proyectarlo al futbolista colombiano, para ello se realizó un estudio con integrantes del Club Deportivo Pereira (año 2006). La prueba se realizó en un campo aledaño a la Facultad de Ciencias de la Salud de la Universidad Tecnológica de Pereira y se obtuvo una base de datos de 50 futbolistas.*

**Palabras clave:** prueba de Leger,  $VO_2$  máximo, potencia aeróbica máxima

**Recibido para publicación:**  
15-11-2006

**Aceptado para publicación:**  
04-05-2007

## **Introducción**

---

En los últimos 15 años, en el deporte de altos logros en Colombia se ha evidenciado mayor nivel de exigencia para el deportista y un mayor control del entrenamiento, situación que ha exigido mayor cualificación de los preparadores físicos, técnicos y demás profesionales del deporte. Específicamente en el fútbol profesional se ha evidenciado mayor equilibrio en el desempeño de los diferentes equipos, situación que ha exigido mejor control de la preparación física y por ende el conocimiento de la condición física de todos los deportistas por parte de los preparadores físicos, quienes ante la falta de recursos para evaluar un aspecto como la potencia aeróbica máxima de sus dirigidos con tests estrictamente controlados (bajo condiciones de laboratorio), han optado por utilizar algunos tests de campo los cuales se vienen popularizando. Estos test le permiten al preparador físico evaluar rápida y simultáneamente varios deportistas en menor tiempo y costo, obteniendo resultados confiables si estos están bien controlados, además de la posibilidad de repetirlos con mayor frecuencia.

El test de campo que más se está utilizando (popularizando) en los últimos años para evaluar la potencia aeróbica máxima corresponde a la prueba de Course Navette (L. Leger y cols). La prueba de Course Navette o carrera de 20 metros, es un test de aptitud cardiorrespiratoria que mide la potencia aeróbica máxima e indirectamente el consumo máximo de oxígeno (1).

Los deportistas o personas que se evalúan comienzan la prueba caminando y la finalizan corriendo. Se desplazan de un punto a otro situado a veinte metros de distancia al ritmo indicado por una señal sonora que va acelerándose progresivamente (figura 1). Deben llegar al otro punto en el momento que suena la señal y hacer un cambio de sentido (regresarse) para encaminarse al punto inicial al que deben llegar cuando vuelve a sonar la señal y así sucesivamente. El momento en el que el futbolista interrumpe la prueba es el que indica su resistencia cardiorrespiratoria.

**Figura 1. Procedimiento prueba Course Navette.**



Los futbolistas deben desplazarse corriendo de una línea a otra separada veinte metros, al ritmo que marca una grabación magnetofónica (figura 2). Este ritmo de carrera aumentará cada minuto. Los futbolistas comienzan la prueba a una velocidad de 8 kilómetros por hora (tabla 1), el primer minuto aumenta a 8.5 kilómetros por hora y, a partir de aquí, cada minuto aumenta el ritmo medio kilómetro por hora. La prueba finaliza cuando no pueden seguir el ritmo marcado (no pisan la línea en 3 ocasiones seguidas).

Se toma la máxima velocidad a la que ha conseguido desplazarse antes de terminar la prueba (periodo terminado) y se introduce este valor en una fórmula que calcula el  $VO_2$  máximo (2). Por tanto, se trata de un test máximo y progresivo. Esta prueba mide la potencia aeróbica máxima e indirectamente el consumo máximo de oxígeno ( $VO_2$  máximo). El consumo máximo de oxígeno es la máxima cantidad de oxígeno que pueden absorber las células; se expresa en litros por minuto (L/min) o en mililitros por kilogramo por minuto (ml/Kg/min).

**Figura 2. Equipo requerido en el test de Course Navette.**



Cuanto mayor sea este valor, mayor capacidad tendrá ese organismo para producir energía mediante el metabolismo aeróbico, menor necesidad de recurrir al metabolismo anaeróbico láctico y mayor capacidad de eliminación de ácido láctico en caso de haber sido producido (3).

**Tabla 1. Protocolo del Test de Course Navette, conocido como el Test de Leger-Lambert**

Tiempo acumulado en minutos	Periodo	Km/h	m/min	m/sec	Tiempo por tramos de 20 m (seg.)	VO <sub>2</sub> ml/min/kg
0	1	8	133,3	2,22		26,2
1	2	8,5	141,7	2,36	8.47	39,7
2	3	9	150,0	2,50	8.00	29,2
3	4	9,5	158,3	2,64	7.85	34,9
4	5	10	166,7	2,78	7.2	35
5	6	10,5	175,0	2,92	6.86	37,9
6	7	11	183,3	3,06	6.55	40,8
7	8	11,5	191,7	3,19	6.26	43,7
8	9	12	200,0	3,33	6.00	46,6
9	10	12,5	208,3	3,47	5.76	49,6
10	11	13	216,7	3,61	5.54	52,5
11	12	13,5	225,0	3,75	5.33	55,4
12	13	14	233,3	3,89	5.14	58,3
13	14	14,5	241,7	4,03	4.97	61,2
14	15	15	250,0	4,17	4.80	64,1
15	16	15,5	258,3	4,31	4.65	67,1
16	17	16	266,7	4,44	4.50	70
17	18	16,5	275,0	4,58	4.36	72,9
18	19	17	283,3	4,72	4.24	75,8
19	20	17,5	291,7	4,86	4.11	78,7
20	21	18	300,0	5,00	4.00	81,6
21	22	18,5	308,3	5,14	4,2	84,6
22	23	19	316,7	5,28	4,23	73,8
23	24	19,5	325,0	5,42	4,25	72,8
24	25	20	333,3	5,56	4,28	75,8

Fuente: TEST DE LEGER - BOUCHEROU COURSE NAVETTE (1985)

### **Materiales y métodos.**

Para realizar el test se utilizó un terreno rectangular en grama de 20 por 6 metros, el cual se señaló con bandas de elástico blancas y 16 conos plásticos (figura 1); se utilizó un equipo de sonido con su respectivo reproductor de CD, donde se empleó un CD previamente grabado con las señales sonoras separadas en tiempos requeridos de acuerdo a cada estadio o escalón del test de Legger. A los futbolistas durante las pruebas se le monitorizó el ritmo cardiaco con pulsómetros y se les cronometró el tiempo de duración de la prueba a cada uno (4).

La población accesible estuvo compuesta por jugadores del Club Deportivo Pereira integrantes de las categorías Primera C hasta el equipo profesional; el total de jugadores a los que se les realizó la prueba fueron 200 de los cuales se obtuvo una muestra aleatoria de 50. El promedio de edad fue de  $22,3 \pm 0,93$  años; el promedio de estatura fue de  $174,46 \pm 2,80$ cm y, el peso promedio fue  $71,31 \pm 3,08$ kg.

Los futbolistas fueron citados en grupos de 4 al lugar, fecha y hora de las mediciones, tomándose en una oportunidad el test de terreno (figura 3). Cada uno de los futbolistas de la muestra fueron sometidos a los exámenes en tres oportunidades, bajo las mismas condiciones experimentales y con una diferencia de 24 horas entre cada medición.

La prueba directa del protocolo de consumo de VO<sub>2</sub> máximo en los 50 futbolistas, se realizó en el terreno aledaño a la Unidad Médico Deportiva de la Facultad de Ciencias de la Salud de la Universidad Tecnológica de Pereira, donde se preparó el terreno (figura 1); en nuestro caso se colocó en el sitio de las líneas unos conos plásticos como referencia de giro (figura 4). La prueba inició con un calentamiento previo de cinco minutos, que sirvió de adaptación a la metodología del test y adecuación cardiovascular previa.

Para el análisis estadístico se utilizaron medidas de tendencia central, de dispersión, técnicas de correlación y el estadístico "Z" con un nivel de confianza de 95%, para obtener intervalos de edad, peso y estatura.

## **Resultados**

El VO<sub>2</sub> máximo fue estimado por medio de la velocidad alcanzada (en el último estadio logrado) utilizando el método de mínimos cuadrados para la regresión lineal y realizando un gráfico de consumo máximo de VO<sub>2</sub> vs velocidad (figura 5). La ecuación encontrada fue:

$$VO_2 = 5,53V - 20,06$$

**Figura 3. Realización del test de campo**



**Figura 4. Demarcación de carriles para test de campo**



Donde:

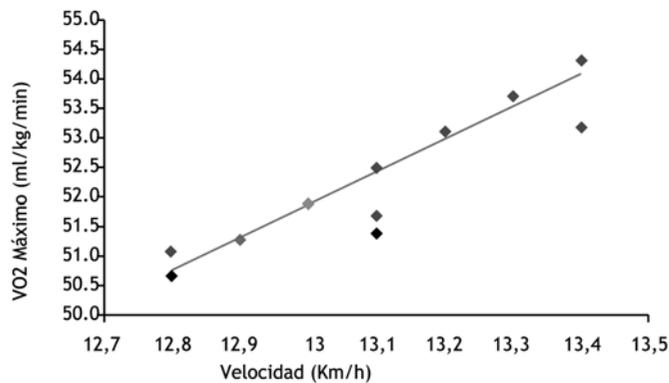
$$VO_2 = \text{Consumo máximo de oxígeno en ml/kg/min}$$

$$V = \text{Velocidad máxima alcanzada en Km/h.}$$

Las condiciones ambientales durante la ejecución del test fueron: temperatura ambiente promedio 23,4° Celsius, humedad relativa promedio de 51%, presión barométrica de 865.2 milibares y una altura de 1342 m sobre el nivel del mar. Los valores obtenidos del VO<sub>2</sub> y la velocidad en los diferentes participantes se observan en la tabla 2.

Tabla 2. Valores de VO<sub>2</sub> y velocidad de los participantes del estudio.

EDAD	Vel (Km/h)	VO <sub>2</sub>	EDAD	Vel (Km/h)	VO <sub>2</sub>
20	13,1	51,4	19	12,9	51,29
19	13,2	53,12	22	13	51,9
19	13,4	53,2	21	13,2	53,12
18	13	51,9	18	13	51,9
18	13,2	53,12	16	12,9	51,29
17	13	51,9	21	13,2	53,12
21	13	51,9	24	13,2	53,12
20	13,1	52,51	28	12,8	50,68
20	13,2	53,12	27	13,1	52,51
17	13	51,9	23	12,9	51,29
19	12,9	51,29	18	13,2	53,12
20	13,1	52,51	18	13,2	53,12
16	13,2	53,12	19	13,3	53,73
21	13,4	54,34	18	13,1	51,7
18	12,9	51,29	20	13,1	52,51
18	13	51,9	20	12,9	51,3
18	13,2	53,12	19	13,2	53,12
19	12,9	51,29	18	12,9	51,3
18	13	51,9	20	12,8	51,1
18	13,1	52,51	18	13	51,9
18	13	51,9	24	13,1	52,51
26	12,8	50,68	18	12,9	51,29
17	13,1	52,51	19	13	51,9
21	13	51,9	18	13,2	53,12
19	12,9	51,29	20	13	51,9

Figura 5. Modelo de regresión lineal entre VO<sub>2</sub> max vs velocidad

El coeficiente de correlación entre las variables fue de  $r=0,96$  mostrando con este resultado una gran relación entre la velocidad y el consumo de VO<sub>2</sub> máximo para el jugador de la región eje Cafetero y el Valle del Cauca.

### Conclusiones

1. Se halló una excelente relación entre la velocidad y el consumo máximo de VO<sub>2</sub>.
2. La ecuación hallada se propone como un estándar para el cálculo de velocidad contra VO<sub>2</sub>, para jugadores de Fútbol mayores de 18 años en Colombia.  

$$VO_2 = 5,53V - 20,06$$
3. A la luz de estos resultados el test de Léger parece muy útil, además y especialmente por su gran accesibilidad y facilidad de aplicación, se considera que no necesita de gran espacio físico para su realización, es colectivo, el tiempo de duración es corto, necesita de sólo uno o dos controladores y es muy confiable y válido para ser usado con futbolistas y otros deportes de conjunto e incluso para las personas de juzgamiento en este tipo de deportes.
4. Por ser un test de campo donde al deportista se le lleva a su máxima capacidad de desempeño (prueba de esfuerzo) y no se tiene un adecuado monitoreo cardiovascular como se realiza en el laboratorio, se recomienda solicitar una evaluación médica previa de los deportistas para descartar factores de riesgo a la aplicación de la prueba.

## Agradecimientos

Para la Junta Directiva, Presidente y Cuerpo Técnico del equipo Deportivo Pereira del segundo semestre del 2006, y en especial al Doctor Carlos Eduardo Nieto G, médico Deportólogo del Club por sus aportes técnicos y científicos para la construcción del modelo para nuestra región.

## Referencias bibliográficas

1. Molina Edgardo. Comparación del consumo máximo de oxígeno en estudiantes universitarios activos, sedentarios, fumadores y no fumadores. Proyecto de investigación EF 88-05. Dirección de Investigación Umce. 1988.
2. Bouchard C, Léger L. Group d'étude de Kinn-Québec sur system de quantification de la dépense énergétique (GSQ) Rapport Final. Québec. Oct, 1979. p14.
3. Validez de la prueba de Course Navette para determinar de manera indirecta el VO<sub>2</sub> Max. *Rev Int Med Cienc Act Fis Deporte*, sept 2003; 11:
4. Test de Leger-Boucherou course navette (1985). [www.chronosports.fr/testsphysique/test\\_navette.htm](http://www.chronosports.fr/testsphysique/test_navette.htm)

## Bibliografía.

- 1) Ahmaidi S, Adam B, Préfaut C. Validité des épreuves triangulaires de course navette de 20-M et de course sur piste pour l'estimation de la consommation maximale d'oxygène du sportif. *Science et Sports*, 1990; 5: 71-76.
- 2) Barrow et Macgee. Tecpa Test d'évaluation de la condition physique de l'adulte. Objectifs de l'évaluation, éthique et sécurité: Caractéristiques des test. Fascicule A-a. Comité Kino-Québec sur le dossier évaluation 1981. p41.
- 3) Berthoin S, Gerbeaux M, Guerrin F, Lensele-Corbeil G, Vandendorpe F. Estimation of the VMA. *Science & Sports*, 1992; 7: 85-91.
- 4) Berthoin S, Gerbeaux M, Guerrin F, Lensele-Corbeil G, Vandendorpe F. Comparison of two field tests to estimate maximum aerobic speed. *Soumis J. Sport Sci*, 1994; 12: 355-362.
- 5) Consolazio CF, Johnson RE, Pecora LJ. Physiological measurements of metabolic functions in man. McGraw-Hill (New York). 1963.
- 6) Gadoury C, Léger L. Validité de l'épreuve de Course Navette de 20m avec paliers de 1 minute et du Physitest Canadien pour prédire le VO<sub>2</sub>max des Adultes. *Revue des Sciences et Techniques des Activités Physiques et Sportives* 1986; 7(13).
- 7) Kemper HCG, Verschuur R, de MEY L. Longitudinal changes of aerobic fitness in youth ages 12 to 23. *Pediatr Exerc Science*, 1989; 1: 257-270.
- 8) Le test Navette et son utilisation. *Un document intéressant d'un de nos lecteurs [www.google.com](http://www.google.com)*
- 9) Léger LA, Lambert JA. Maximal multistage 20m shuttle run test to predict VO<sub>2</sub>max. *Europ J Appl Physiol*, 1982; 49: pp1-12.
- 10) Léger L, Boucher R. An indirect continuous running multistage field test. The University of Montreal Track Test. *Can J Appl Sports Sci*, 1980; 5:77-84.
- 11) Léger L, Lambert J, Goulet A, Rowan C, Dinelle Y. Capacité aérobie des Québécois de 6 à 17 ans Test Navette de 20m avec paliers de 1 minute. *Can J Appl Sports Sci*, sept 1984; 9 (2): pp64-69.
- 12) TECPA, *Test d'évaluation de la condition physique de l'adulte*. Capacité Aérobie. Fascicule B-6, Comité Kino-Québec sur le dossier évaluation 1981. 4-16 pp.