

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

Colegio de Ciencias e Ingenierías

¿Es crossfit un deporte de alto riesgo? Estudio ergonómico de la postura corporal de las personas que realizan crossfit en la ciudad de Quito.

Sistematización de experiencias prácticas de investigación

Rodrigo Javier Alejandro Bravo

Ingeniería Industrial

Trabajo de titulación presentado como requisito
para la obtención del título de
Ingeniero Industrial.

Quito, 15 de diciembre de 2016

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

COLEGIO DE CIENCIAS E INGENIERÍAS

**HOJA DE CALIFICACIÓN
DE TRABAJO DE TITULACIÓN**

¿Es crossfit un deporte de alto riesgo? Estudio ergonómico de la postura corporal de las personas que realizan crossfit en la ciudad de Quito.

Rodrigo Javier Alejandro Bravo

Calificación:

Nombre del profesor, Título académico

Cristina Camacho, Msc.

Firma del profesor

Quito, 15 de diciembre de 2016

Derechos de Autor

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Firma del estudiante: _____

Nombres y apellidos: Rodrigo Javier Alejandro Bravo

Código: 00100082

Cédula de Identidad: 1104569551

Lugar y fecha: Quito, 15 de diciembre de 2016

Resumen

Desde que Crossfit inició en el año de 1995, el número de deportistas que lo practican se ha elevado exponencialmente, y cada vez son más personas las que se ven afectadas por lesiones músculo esqueléticas (Glassman, 2005). Al ser un deporte relativamente nuevo no existen mayores aportes en el tema y por tal motivo, el objetivo de este estudio es analizar y cuantificar los riesgos de la postura corporal de las personas que practican este deporte y determinar los factores de riesgo que pueden afectar a que el deportista se lesione. El presente estudio incluye un análisis RULA a un total de 109 personas, en el cual se encontró que el 47% de personas que practican crossfit en Quito se han lesionado. Asimismo, se analizaron los datos mediante regresión logística multivariable, con el objetivo predecir el resultado la cantidad de lesiones en función de las variables independientes (Fernández & Sánchez, 2015), de esta manera, se determinó que la flexibilidad de tronco, cadera y piernas es significativa frente a las lesiones de los participantes. Adicionalmente, este estudio incluye diversas recomendaciones para evitar lesiones en la práctica de crossfit así como también limitaciones del estudio.

ABSTRACT

Since crossfit started in the year of 1995, the number of athletes that practice it has been increased exponentially, and the number of injures have increased (Glassman, 2005). The objective of this investigation is to analyze and quantify the postural risks of the athletes and determine the risk's factors that may be responsible for the injuries. The present investigation also includes a RULA analysis of 109 people, where 47% of the people who practices crossfit in Quito had been injured. Likewise, the data has been analyzed with a multivariable logistic regression with the objective of predict the result of the quantity of injuries in function of the independent variables (Fernández & Sánchez, 2015), therefore, the flexibility of the hip and toes is significant to the quantity of injuries. Finally, this investigation includes recommendations to avoid injuries in crossfit and also limitations of the investigation.

¿Es crossfit un deporte de alto riesgo? Estudio ergonómico de la postura corporal de las personas que realizan crossfit en la ciudad de Quito.

Rodrigo Javier Alejandro Bravo

Universidad San Francisco de Quito, Colegio de Ciencias e Ingeniería- Politécnico-
Diego de Robles y Vía Interoceánica, Campus Cumbayá, Edif. Maxwell. Casilla Postal 17-1200-841, Quito, Ecuador.

Resumen

Desde que Crossfit inició en el año de 1995, el número de deportistas que lo practican se ha elevado exponencialmente, y cada vez son más personas las que se ven afectadas por lesiones músculo esqueléticas (Glassman, 2005). Al ser un deporte relativamente nuevo no existen mayores aportes en el tema y por tal motivo, el objetivo de este estudio es analizar y cuantificar los riesgos de la postura corporal de las personas que practican este deporte y determinar los factores de riesgo que pueden afectar a que el deportista se lesione. El presente estudio incluye un análisis RULA a un total de 109 personas, en el cual se encontró que el 47% de personas que practican crossfit en Quito se han lesionado. Asimismo, se analizaron los datos mediante regresión logística multivariable, con el objetivo predecir el resultado la cantidad de lesiones en función de las variables independientes (Fernández & Sánchez, 2015), de esta manera, se determinó que la flexibilidad de tronco, cadera y piernas es significativa frente a las lesiones de los participantes. Adicionalmente, este estudio incluye diversas recomendaciones para evitar lesiones en la práctica de crossfit así como también limitaciones del estudio.

1. Introducción

Desde la creación de Crossfit en el año de 1995, la cantidad de personas que han empezado a practicar este deporte alrededor del mundo se ha incrementado de manera exponencial en cada rincón (Glassman, 2005). En el año 2016, se registraron 178,510 personas a nivel mundial en el campeonato abierto clasificatorio (crossfitgames.com, 2016). No obstante, es importante dar una definición de Crossfit a nivel general para con ello dar una idea de la clase de deporte que es y los materiales que utiliza. Crossfit es un deporte de alta intensidad que consta de 3 clases de movimientos: monoestructurales, gimnasia y halterofilia (Reebook Crossfit BCN). Definiendo los movimientos monoestructurales como los movimientos que se realizan mediante instrumentos que necesitan coordinación: movimientos de gimnasia como

aquellos especializados en el dominio del peso corporal y finalmente halterofilia o en otras palabras el deporte de levantamiento olímpico de pesas (Reebook Crossfit BCN).

Sin embargo, el ser un deporte nuevo no necesariamente implica que sea seguro. Los diferentes movimientos aplicados tienen cierto nivel de riesgo para los participantes (Glassman, 2005). Según Weithsenthal, Beck, Maloney, DeHaven & Giordiano (2014), 7 de cada 10 personas que han practicado crossfit han tenido que soportar una lesión en algún punto de su entrenamiento.

Por lo tanto, en un entrenamiento de crossfit no deja de existir un riesgo, motivo por el cual es importante analizar las diferentes posturas y denominar el nivel de riesgo al que los

atletas se encuentran expuestos, así como determinar los factores que influyen a que las lesiones se presenten y determinar la relación entre sí.

1.1 Definición del Problema

Primeramente es importante definir los diferentes términos que se van a utilizar durante el estudio. De esta manera, ergonomía se define como el estudio de la relación del entorno de trabajo y quienes realizan el trabajo (participantes) (Wolfgang & Joachim, 2007), mientras que lesiones se definen como alteraciones estructurales en el cuerpo, ya sean en órganos, tejidos, tendones, etc. (Ministerio del trabajo e inmigración, 2003).

La mayor parte de las Lesiones Músculo Esqueléticas (LME por sus siglas) se desarrollan a través el tiempo y son provocados por movimientos realizados durante las actividades laborales o por el entorno en el que se encuentran (Ministerio del trabajo e inmigración, 2003). Estas lesiones han venido incrementándose con el pasar de los años y no solo en el ámbito laboral sino también en el deporte (Rodríguez Romero & Dimate García, 2013).

Con el inicio del deporte Crossfit en 1995, las lesiones también empezaron a ocupar un lugar importante. Para el año 2015, algunos estudios han empezado a revelar importantes cifras que sin duda alguna hay que tomar en cuenta a la hora de practicarlo (Glassman, 2005). Por ejemplo, según Hodzovic & Hickey (2003) en su artículo *The Nature and Prevalence of Injury During Crossfit* nos explican que Crossfit tiene un gran impacto en ciertas partes específicas del cuerpo, las cuales se reflejan en LME. Este estudio indica que el 58% de las lesiones se localizaron en los hombros, 34% en la espalda baja, y el 8% en la rodilla (Glassman, 2005). Asimismo, según el estudio titulado *Crossfit-based High Intensity Power Training Improves Maximal Aerobic Fitness and Body Composition* (2013), los factores que influyen a la aparición de lesiones son la cantidad de horas de entrenamiento diarias, la edad y la flexibilidad de cada persona (Smith, Sommer, Starkoff, & Devor, 2013).

De la misma manera, Greg Glassman (2005), creador de crossfit, explica en su artículo *Crossfit Induced*, que la gran mayoría de las lesiones son causadas por trabajo gimnástico de peso corporal y levantamiento olímpico, lo que resulta una gran cantidad de lesiones de hombro y muñecas.

1.2 Propósito del estudio

El presente estudio se basa en realizar un análisis de la postura corporal de las personas que realizan crossfit en dos clases de movimientos, halterofilia y gimnasia. Se eligieron solamente estos dos grupos de movimientos debido a que los monoestructurales no representan un riesgo y a su vez, son

actividades naturales como correr, remar y saltar la cuerda (Glassman, 2005). El análisis se lo realizará mediante el método RULA (Rapid Upper Limb Assesment), el cual fue diseñado para detectar posibles lesiones de trabajadores que se encuentran expuestos constantemente a un riesgo y que pueden causar trastornos en las extremidades superiores (Ministerio del trabajo e inmigración, 2003). De esta manera, el objetivo es determinar los riesgos que se encuentran expuestas estas personas en los movimientos antes mencionados y determinar la relación de los factores de interés frente a la cantidad de personas lesionadas. Es importante mencionar que, este análisis no ha sido realizado en crossfit anteriormente, por lo tanto, es una investigación nueva en un deporte que cada vez tiene mayor crecimiento y popularidad en las personas.

2. Participantes

En la ciudad de Quito se tiene un total de 1285 personas que practican crossfit. Cabe mencionar que la cifra mostrada se la ha obtenido directamente de la totalidad de crossfit certificados existentes en la ciudad de Quito.

Debido a que 1285 personas es una población muy grande para realizar el estudio, se ha calculado un tamaño de muestra, el cual sea estadísticamente representativo de la población de estudio (Montgomery & Runger, 2007). La elección del tamaño de muestra es crítico debido a que las conclusiones que se puedan obtener sobre la muestra deben ser válidas para toda la población (Montgomery & Runger, 2007).

De esta forma, la ecuación usada para el cálculo de tamaño de muestra es la siguiente (Levine, Szabat, & Stephan, 2014):

$$n = \frac{n_0 N}{n_0 + (N - 1)}$$

n_0 : Factor de correlación de la población

N : Tamaño de la población.

En donde el factor de correlación se define de la siguiente manera (Levine, Szabat, & Stephan, 2014):

$$n_0 = \frac{Z_{\alpha/2}^2 \cdot p \cdot (1 - p)}{e^2}$$

$Z_{\alpha/2}$: Nivel de confianza = 95%

p : Parámetro de la proporción.

e : Error muestral.

En el presente estudio se tomó como valor p de 0.05 debido a que es el valor que se maximiza la expresión $p(1 - p)$ (Levine, Szabat, & Stephan, 2014). En cuanto al valor e se tomó 0.09 al estar dentro del error permitido (Levine, Szabat, & Stephan, 2014).

De esta manera, el valor del factor de correlación es 118.57 y por lo tanto, el tamaño de muestra es 109 personas.

2.1 Metodología

Se ha tomado la metodología de Observación Directa con el fin de obtener una observación detallada de los participantes y sus posturas (Chiavenato, 1996). El método mencionado tiene por característica 3 pasos importantes (Chiavenato, 1996), a los cuales se les ha aumentado un análisis estadístico. De tal forma, el método que se empleará es el siguiente:

- Observar, describir y explicar.
- Evaluación de datos: Método RULA
- Análisis estadístico.
- Conclusiones, recomendaciones.

a) Observar, describir y explicar:

La primera etapa de la metodología de observación directa es Observar, describir y explicar, en donde el autor Chiavenato (1996) explica la importancia de la observación detallada de las actividades del participante. De esta observación dependerá el resto del estudio. En esta investigación se utilizará video grabadora para poder analizar con mayor detalle cada movimiento. La observación tendrá mayor enfoque en las extremidades superiores, que es en donde mayor influencia de lesiones se han detectado hasta el momento (Glassman, 2005). De la misma manera, se tomará en cuenta diferentes ángulos de movimientos tanto en halterofilia como en gimnasia.

Asimismo, para la recolección de información necesitamos una aportación por parte de los participantes. Esta es información relevante de los factores de interés de la población objetivo. Para recolectar la información se desarrollará y diseñará una encuesta, que será llenada con el fin de segmentar los participantes de interés. Los factores de interés son: Edad, horas de entrenamiento diario, días de descanso a la semana y flexibilidad del participante (Glassman, 2005). Para las mediciones de flexibilidad se utilizaron 2 métodos:

- Test sentar y alcanzar (Hoeger y Hopkins, 1992).
- Flexitest (Pavel y Araujo, 2004)

Mediante el test sentar y alcanzar se tomó la flexibilidad de la parte superior del cuerpo, es decir, espalda, hombros, brazos y muñecas (Hoeger y Hopkins, 1992).

Mediante el método Flexitest se tomó la flexibilidad de las caderas y piernas de cada participante. Este método consiste en una extensión completa de piernas y cadera mientras las manos tocan el piso y se toma como medida la distancia entre los talones y la punta de los dedos medios (Pavel y Araujo, 2004).

b) Evaluación de datos: Método RULA

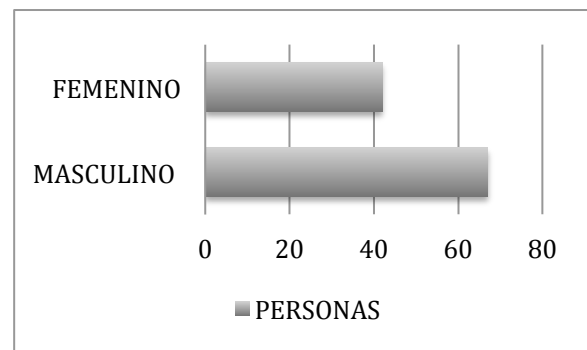
Después de la observación, la información obtenida debe ser analizada para encontrar los factores de riesgo a los que se encuentran sujetos los participantes (Ministerio del trabajo e inmigración, 2003).

El método RULA utiliza diagramas de posturas corporales y a su vez asigna calificaciones tanto para la carga músculo esquelética como para las extremidades superiores e inferiores por separado (Ministerio del trabajo e inmigración, 2003). Mediante la observación se determina las calificaciones posturales por separado de las extremidades y el tronco y a su vez se determina la calificación total del nivel de riesgo al que se encuentra expuesto el participante (García-García, Sánchez-Lite, Camacho, & Domingo, 2013).

c) Análisis estadístico.

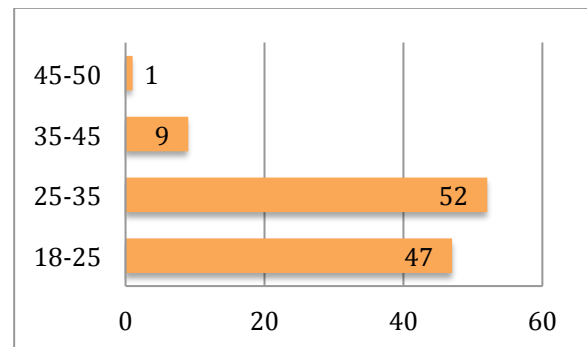
Primeramente se realizó una encuesta a los participantes, en donde se obtuvieron los diferentes factores de interés del estudio. Los resultados fueron los siguientes:

Género:



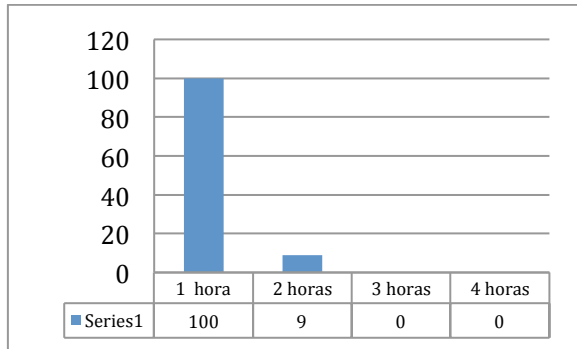
Como se puede notar, la mayor cantidad de personas que realizan crossfit en la ciudad de Quito son de género masculino.

Edad:



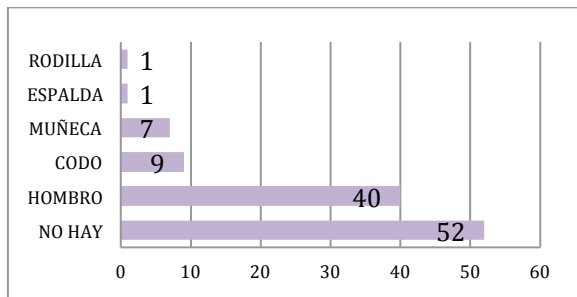
Como se puede notar, 52 personas se encuentran entre 25 y 35 años, mientras que 47 personas de 18 a 25 años, 9 personas entre 35 y 45 años y finalmente 1 persona mayor a 45 años.

Horas de entrenamiento:



De la muestra obtenida, 100 personas realizan un entrenamiento de crossfit de 1 hora, mientras que 9 realizan el entrenamiento en 2 horas.

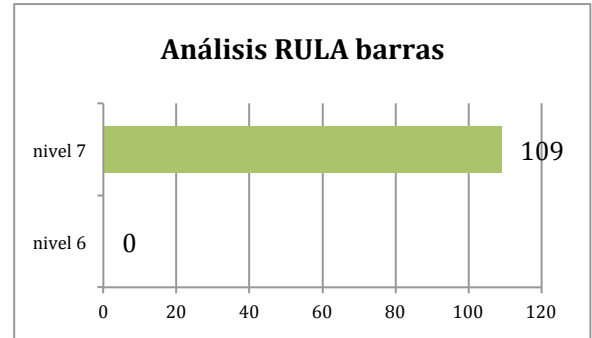
Lesiones de participantes.



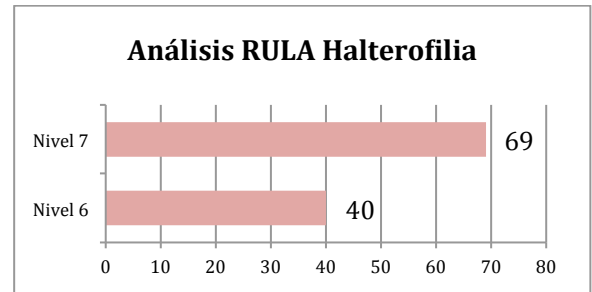
De la misma forma, 52 participantes no han tenido ninguna lesión corporal, lo que conlleva a que el 47% de los participantes no han sufrido lesiones. El 37% obtuvo una lesión en el hombro, 8% en el codo, 6% en la muñeca y el restante en la espalda y rodillas.

RULA:

En cuanto al análisis RULA de los participantes, es importante recordar que se realizaron 2 análisis. El primero en el movimiento gimnástico de barras, mientras que el segundo en el movimiento sentadilla de arranque en halterofilia. Una vez analizado el total de los resultados tenemos el siguiente resultado:



En cuanto al movimiento gimnástico se puede notar que el total de los participantes se encuentra con riesgo 7, lo que quiere decir que es un riesgo inaceptable y por tanto se necesitan hacer mejoras instantáneas para evitar este riesgo de lesión (García-García, Sánchez-Lite, Camacho, & Domingo, 2013).



Por otro lado, en cuanto a halterofilia, el 63% de los participantes corren un riesgo nivel 7 al momento de práctica, mientras que el 37% corre el riesgo nivel 6. Por consiguiente, ambas respuestas indican que el riesgo de una lesión músculo esquelética es muy alto para todos los participantes. En cuanto a los participantes nivel 7, se necesita un cambio inmediato, mientras que para los de nivel 6 se necesita un cambio próximo (García-García, Sánchez-Lite, Camacho, & Domingo, 2013).

Asimismo, se buscó una manera para poder relacionar los factores expuestos frente a las lesiones que han obtenido los participantes mientras practican crossfit. De esta manera, se decidió realizar una regresión logística en donde se determine numéricamente esta relación.

Se ha elegido una regresión logística multivariable, debido a que es un tipo de análisis de regresión utilizado para predecir el resultado de una variable categórica en función de las variables independientes o productoras (Fernández & Sánchez, 2015). Esta es una técnica multivariable de dependencia ya que trata de estimar la probabilidad de que ocurra un suceso en función de la dependencia de otras variables (Fernández & Sánchez, 2015).

De esta manera, se procedió con el análisis de regresión, tomando en cuenta los supuestos del modelo de regresión logística:

- La variable de respuesta no es continua sino discreta. Puede ser de carácter binario (0,1).
- Las variables explicativas pueden ser cualitativas o cuantitativas.
- La distribución de los errores aleatorios no es normal (UNMSM, 2004).

De esta manera, se codificaron las variables y el resultado es el siguiente:

GENERO

MASCULINO	0
FEMENINO	1

Tabla 1: Codificación Género.

Autoría propia.

LESION

SI	1
NO	0

Tabla 2: Codificación Lesión.

Autoría propia.

EDAD POR GRUPO

18-25	1
25-35	2
35-45	3
45-50	4

Tabla 3: Grupo de edades codificadas.

Autoría propia.

UBICACIÓN

NO HAY	0
HOMBRO	1
CODO	2

MUÑECA	3
ESPALDA	4
RODILLA	5

Tabla 4: Codificación Ubicación

Autoría propia.

De esta manera, se obtuvo el siguiente resultado:

Fuente	Valor	Error estándar	Chi-cuadrado de Wald	de Pr > Chi²
Intercepción	1,454	2,095	0,482	0,488
EDAD	-0,013	0,043	0,096	0,757
ENTRENAMIENTO DIARIO	1,028	0,814	1,594	0,207
FLEXIBILIDAD 1	0,051	0,142	0,128	0,721
FLEXIBILIDAD 2	-0,399	0,201	3,951	0,005
RULA BARRAS-7	0,000	0,000		
RULA HALTEROFILIA-7	-0,584	0,435	1,804	0,179
GENERO	-0,114	0,422	0,073	0,787

Tabla 5.

Autoría propia

Como se puede notar en la respuesta del análisis de regresión, solamente el factor flexibilidad 2, el cual contempla la flexibilidad tomada de la cadera y las piernas, es significativo dentro de todo el modelo, es decir, la flexibilidad afecta directamente a que el participante tenga una lesión. Por lo tanto, se puede concluir que a mayor flexibilidad menor cantidad de lesiones. De la misma forma, la ecuación que define toda la relación de los factores frente a las lesiones en base al factor significativo de flexibilidad es:

$$\text{Predicción: } \frac{1}{1 + e^{(1,45 - 0,458 \text{FLEX}2)}}$$

De esta manera, con la ecuación del modelo se puede determinar la probabilidad de lesión de un participante siempre y cuando se le coloque las diferentes variables.

d) Conclusiones

En el deporte crossfit, dos de los tres principales grupos de movimientos tienen una alta incidencia de lesiones. Éstos son: movimientos de gimnasia y halterofilia, de éstos, se ha podido determinar que el 47% de los participantes no ha tenido una lesión, y el 53% sí ha soportado una lesión.

Se ha podido determinar que el 68% de las lesiones han sido en los hombros, el 16% ha sido en los codos, el 12% ha sido en las muñecas y finalmente el 4% entre la espalda y las rodillas, por lo tanto, no se concuerda con la afirmación que el 70% de las personas que realizan crossfit han soportado una lesión (Glassman, 2005).

Adicionalmente, se ha podido determinar que en el movimiento de barras en gimnasia se tiene un nivel de riesgo RULA de 7 en todo momento, por lo que se necesita hacer una intervención inmediata. Asimismo, se ha podido determinar que en el movimiento de Halterofilia se tiene un nivel de riesgo RULA de entre 6 y 7 constantemente, por lo que se necesita implementar cambios de manera urgente.

Finalmente, en el presente estudio, se ha determinado que solamente el factor flexibilidad es de carácter significativo en cuanto a lesiones en el deporte crossfit.

e) Recomendaciones

- En cuanto al nivel de riesgo para halterofilia se recomienda lo siguiente:
 - Uso constante de muñequeras, con lo cual se evitará una flexión pronunciada.
 - Uso de cinturón lumbar, con el fin de evitar flexión en la espalda durante los movimientos.
 - Uso de rodilleras con el fin de disminuir el impacto en la flexión de rodillas.
 - No realizar movimientos de halterofilia con peso hasta mantener una postura correcta.
- En cuanto al nivel de riesgo para gimnasia se recomienda lo siguiente:
 - Uso constante de muñequeras para evitar flexión pronunciada.
 - Uso de cinturón lumbar para evitar flexión en la espalda.
 - Implementación de pesas en los tobillos con el fin de anular la flexión de las piernas durante el movimiento.
- Implementar rutinas de flexibilidad en los participantes, con el fin de aumentar los valores y disminuir el nivel de riesgo correspondiente al análisis RULA.
- Es recomendable practicar este deporte en gimnasios certificados como Crossfit, en donde los entrenadores tengan certificación para enseñar esta clase de movimientos.
- De acuerdo con Ruiz, Flores y Lavant(2007), se recomienda una sesión de calentamiento y estiramiento de cinco a diez minutos para evitar fuerzas extraordinarias en músculos contraídos

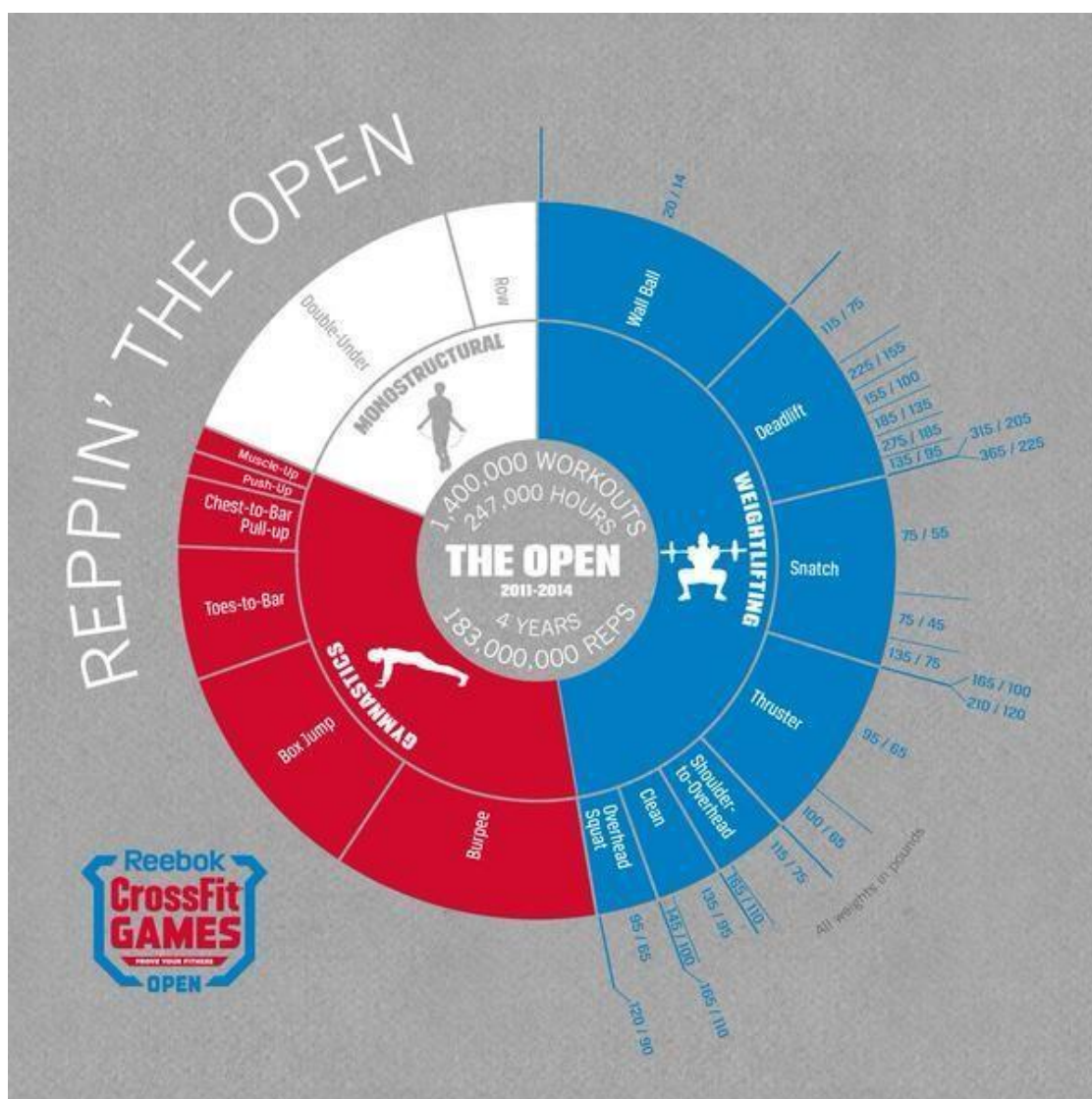
f) Limitaciones

- No se puede realizar una estandarización del número de repeticiones previas al análisis RULA, ya que se está tomando en análisis la peor situación a la que se encuentra expuesto el participante.
- Para analizar las posturas, el enfoque de la cámara fotográfica no es completamente paralelo al participante, ya que por el peso utilizado las muñecas quedaron fuera de la imagen.
- El análisis RULA no considera el tiempo de exposición de los participantes en la tarea, tan solo lleva registro de la repetitividad.
- Debido a la intensidad de las rutinas, el cansancio juega un papel importante, ya que obliga a perder la postura correcta de los participantes.

Bibliografía

- Acevedo, M. (n.d.). Acerca de las fajas lumbares.
- Alvarez, R., Da Silva, G., & García, M. (2013). *La Halterofilia aplicada al deporte. Enseñanza, uso y aplicación*. Sevilla, España: Wanceulen Editorial Deportiva.
- Chiavenato, I. (1996). *Administración de recursos humanos* (5th Edition ed.). Mc Graw Hill.
- Chiriboga, M., & Wallis, B. (2010). *Diagnóstico de la Pobreza Rural en el Ecuador y Respuesta de Política Pública*. Quito: Centro Latinoamericano para el Desarrollo Rural.
- crossfitgames.com. (2016). *Open Participants*. Retrieved 08 2016, from World Open : www.crossfitgames.com
- Fernández, & Sánchez. (2015). *UNA APLICACIÓN DEL MODELO DE REGRESIÓN LOGÍSTICA EN LA FÍSICOQUÍMICA EXPERIMENTAL*. Avances en Ciencia e Ingeniería .
- García-García, M., Sánchez-Lite, A., Camacho, A., & Domingo, R. (2013). *ANÁLISIS DE MÉTODOS DE VALORACIÓN POSTURAL EN LAS HERRAMIENTAS DE SIMULACIÓN VIRTUAL PARA LA INGENIERÍA DE FABRICACIÓN*. Medellín: Universidad Nacional de Educación a Distancia .
- Glassman, G. (2005). Crossfit Induced Rhabdo. *The Crossfit Journal Articles* .
- KINOVEA. (n.d.). *Kinovea.org*. Retrieved 03 2016, from kinovea: <http://www.kinovea.org/help/en/index.htm>
- Levine, Szabat, & Stephan. (2014). *Business Statistics. A First Course*. New York: Pearson.
- Ministerio del trabajo e inmigración. (2003). *Transtornos músculo esqueléticos*. España: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene del Trabajo.
- Montgomery, & Runger. (2007). *Probabilidad y estadística aplicadas a la ingeniería*. Arizona: Limusa Wiley.
- Nogadera, S., & Dalmau, I. (1999). *Evaluación de las condiciones de trabajo: carga postural*. España: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo.
- Reebok Crossfit BCN. (n.d.). www.croosfitbcn.com. Retrieved 02 2016, from Reebok Crossfit BCN: <http://www.reebokcrossfitbcn.com/crossfit.php>
- Rodríguez, M., Sabria, F., & Sánchez, P. (2008). *La Cadena de Suministro en la Base de la Pirámide*. Navarra, España: IESE Business School.
- Rodríguez Romero, D. C., & Dimate García, A. E. (2013). *Evaluación de riesgo biomecánico y percepción de desórdenes músculo esqueléticos en administrativos de una universidad Bogotá (Colombia)*. Investigaciones Andina - EBSCO.
- Smith, M., Sommer, A., Starkoff, B., & Devor, S. (2013). *Crossfit-based high intensity power training improves maximal aerobic fitness and body composition* . The Ohio State University.
- Universidad de Málaga. (2007, Octubre). *Fajas lumbares para la manipulación de cargas*. España.
- Weitsenthal, B., Beck, C., Maloney, M., DeHaven, K., & Giordiano, B. (2014). *Injury Rate and Patterns Among CrossFit Athletes*. *The Orthopaedic Journal of Sports Medicine* .
- Wolfgang, L., & Joachim, V. (2007). *Enciclopedia de Salud y seguridad del trabajo* (Vol. 1).

ANEXO 1: Movimientos de Crossfit.



La presente imagen se la tomó de la fuente games.crossfit.com, donde se detallan las 3 clases de movimientos utilizados y detallados con los nombres respectivos. De aquí se tomaron los dos movimientos principales de gimnasia y halterofilia.

ANEXO 2: Posturas para análisis RULA

Movimiento de gimnasia:



Movimiento de gimnasia en barra. Claramente se puede notar que el ángulo de la muñeca está en un rango completamente inaceptable, así como la espalda y el cuello. De esta manera, el nivel de riesgo RULA para el presente movimiento es de 7.

Movimiento de halterofilia:

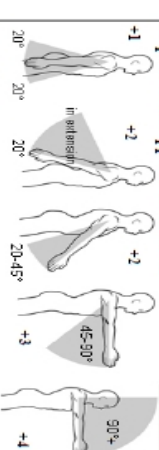


Movimiento de halterofilia con peso menor o igual a 22 libras. En el movimiento expuesto es importante mencionar que la muñeca se encuentra en un ángulo mayor a 15°, puesto que se encuentra completamente doblada. Seguidamente el cuello se encuentra en un valor mayor a 20° y finalmente existe una hiperextensión en la espalda, lo cual hace que el nivel de riesgo sea 7.

RULA Employee Assessment Worksheet based on RULA: a survey method for the investigation of work-related upper limb disorders. McLarnon & Corlett, Applied Ergonomics 1993, 24(2), 91-99

A. Arm and Wrist Analysis

Step 1: Locate Upper Arm Position:



If shoulder is raised: +1
If upper arm is abducted: +1
If arm is supported or person is leaning: -1

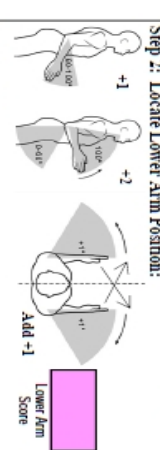
Step 1a: Adjust...

If either arm is working across midline or out to side of body: Add +1

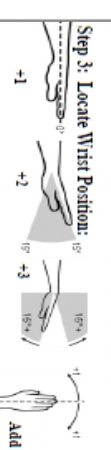
Step 2a: Adjust...

If either arm is working across midline or out to side of body: Add +1

Step 2: Locate Lower Arm Position:



Step 3: Locate Wrist Position:



Step 3a: Adjust...

If wrist is bent from midline: Add +1

Step 4: Wrist Twist:

If wrist is twisted in mid-range: +1
If wrist is at or near end of range: +2

Step 5: Look-up Posture Score in Table A:

Using values from steps 1-4 above, locate score in Table A.

Wrist Posture Score	1	2	3	4
Wrist Twist Score	1	2	3	4
Forearm Score	1	2	3	4
Upper Arm Score	1	2	3	4

Step 6: Add Muscle Use Score

If posture mainly static (i.e. held >10 minutes), Or if action repeated occurs <1X per minute: -1

Step 7: Add Fore/Load Score

If load < 4.4 lbs (2000g): +0
If load 4.4 to 22 lbs (2000g): +1
If load 4.4 to 22 lbs (static or repeated): +2
If more than 22 lbs or repeated or shocks: +3

Step 8: Find Row in Table C

Add values from steps 5-7 to obtain Wrist and Arm Score. Find row in Table C.

Wrist and Arm Score	1	2	3	4	5	6	7	8+
Neck, trunk and leg score	1	2	3	4	5	6	7	8

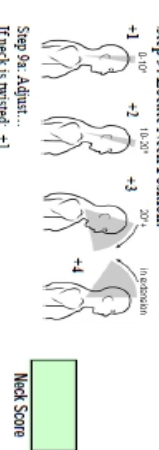
Scoring: (final score from Table C)

1 or 2 = acceptable posture
3 or 4 = further investigation, change may be needed
5 or 6 = further investigation, change soon
7 = investigate and implement change

Final Score

B. Neck, Trunk and Leg Analysis

Step 9: Locate Neck Position:

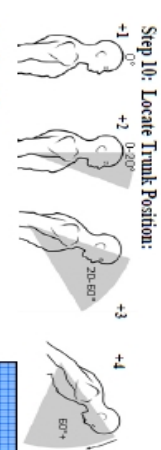


If neck is twisted: +1
If neck is side bending: +1

Step 9a: Adjust...

If neck is twisted: +1
If neck is side bending: +1

Step 10: Locate Trunk Position:



Step 10a: Adjust...

If trunk is twisted: +1
If trunk is side bending: +1

Step 11: Legs:

If legs and feet are supported: +1
If not: +2

Step 11a: Adjust...

If legs and feet are supported: +1
If not: +2

Step 12: Look-up Posture Score in Table B:

Using values from steps 9-11 above, locate score in Table B.

Neck Posture Score	1	2	3	4	5	6
Trunk Posture Score	1	2	3	4	5	6
Legs Posture Score	1	2	3	4	5	6
Trunk and Leg Score	1	2	3	4	5	6

Step 13: Add Muscle Use Score

If posture mainly static (i.e. held >10 minutes), Or if action repeated occurs <1X per minute: +1

Step 14: Add Fore/Load Score

If load < 4.4 lbs (2000g): +0
If load 4.4 to 22 lbs (2000g): +1
If load 4.4 to 22 lbs (static or repeated): +2
If more than 22 lbs or repeated or shocks: +3

Step 15: Find Column in Table C

Add values from steps 12-14 to obtain Neck, Trunk and Leg Score. Find Column in Table C.

Neck, Trunk & Leg Score	1	2	3	4	5	6	7	8
Wrist and Arm Score	1	2	3	4	5	6	7	8

Task name: _____

Reviewer: _____

This tool is provided without warranty. The author has provided this tool as a simple means for applying the concepts provided in RULA.

Date: _____

© 2004 Wesco Consulting, Inc.

provided by Practical Ergonomics

resniker@ergosmart.com (816) 444-1667

ANEXO 4: Encuesta:

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO
Ingeniería Industrial.

- d. Espalda _____
e. Rodilla _____
f. Otro _____

La presente encuesta ha sido realizada con el propósito de analizar los factores de riesgo en la postura corporal de los crossfitters. Es importante, aclarar que la encuesta es de carácter anónimo y servirá para cumplir con el trabajo de titulación. Muchas gracias por su ayuda.

Por favor seleccione su género. M _____ F _____

1. Por favor seleccione su rango de edad:
 - a. 18-25 años _____
 - b. 25-35 años _____
 - c. 35-45 años _____
 - d. 45-50 años _____
 - e. Mayor a 50 años _____

2. Por favor seleccione la actividad laboral que realiza:
 - a. Estudiante _____
 - b. Trabajo de Oficina (mayor tiempo sentado) _____
 - c. Conductor de cualquier clase de vehículo _____
 - d. Obrero (gran esfuerzo físico) _____
 - e. Trabajo mayor parte del tiempo parado _____
 - f. Otros (indique la actividad) _____

3. Por favor indique la cantidad de horas de entrenamiento diarias que realiza:
 - a. Menor a 2 horas _____
 - b. Entre 2-3 horas _____
 - c. Mayores a 3 horas _____

4. Por favor indique la cantidad de días de descanso a la semana:
 - a. 1 día _____
 - b. 2 días _____
 - c. Mayor a 2 días _____

5. Por favor colocar los valores obtenidos de la medición realizada:
 - a. Flexión hombros, cadera y rodilla

 - b. Flexión tronco y cadera

6. Ha sufrido alguna vez alguna lesión practicando crossfit?
SI _____ NO _____

7. Si su respuesta fue SI, por favor indique la localización de la lesión.
 - a. Hombro _____
 - b. Codo _____
 - c. Muñeca _____