

**TIEMPO MAXIMO ACEPTABLE DE EXPOSICION A CARGAS VARIABLES DE
TRABAJO EJECUTADAS CON MIEMBROS SUPERIORES EN
TRABAJADORES DE LA CIUDAD DE CALI, 2014**

SANDRA XIMENA SOLARTE MARTINEZ



**UNIVERSIDAD DEL VALLE
ESCUELA DE SALUD PÚBLICA
MAESTRIA EN SALUD OCUPACIONAL
SANTIAGO DE CALI
2014**

**TIEMPO MAXIMO ACEPTABLE DE EXPOSICION A CARGAS
VARIABLES DE TRABAJO EJECUTADAS CON MIEMBROS
SUPERIORES EN UN TRABAJADORES DE LA CIUDAD DE CALI, 2014**

SANDRA XIMENA SOLARTE MARTINEZ

**Trabajo de grado presentando como requisito para optar al título de Magíster en Salud
Ocupacional**

Director

DR JUAN CARLOS VELASQUEZ

**UNIVERSIDAD DEL VALLE
ESCUELA DE SALUD PÚBLICA
MAESTRIA EN SALUD OCUPACIONAL
SANTIAGO DE CALI**

2014

Nota de aceptación

Firma del Presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Santiago de Cali, Junio de 2014.

A Dios por cada momento y experiencia vivida, por ser mi guía. A mi familia por ser mi soporte, por su paciencia, por darme la fortaleza, apoyo y ánimo para seguir adelante, por ser mi ejemplo. A los docentes por compartir su experiencia y guiarme en el área académica.

AGRADECIMIENTOS

A los trabajadores que fueron parte de este trabajo de investigación.

A la Universidad del Valle y a la IPS por prestarnos sus instalaciones para la ejecución del proyecto.

A mi hermano por brindarme su apoyo incondicional.

Al Dr. Juan Carlos Velázquez por su paciencia, dedicación y empeño para sacar adelante esta investigación.

TABLA DE CONTENIDO

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	6
2. JUSTIFICACIÓN.....	7
3. PERTINENCIA	9
4. HIPOTESIS	10
4.1 HIPOTESIS NULA: Ho	10
4.2 HIPOTESIS ALTERNA: H1	10
5. OBJETIVOS	11
5.1 OBJETIVO GENERAL.....	11
5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	11
6. MARCO TEORICO	12
6.1. ERGONOMIA.....	12
6.1.1. Dominios de la Ergonomía.	12
6.1.1.1. Ergonomía Física.	12
6.1.1.2. Ergonomía Cognitiva.	13
6.1.1.3. Ergonomía Organizacional.....	13
6.2 ENFOQUES DE LA ERGONOMÍA	14
6.2.1. Enfoque Biomecánico.	14
6.2.2. Enfoque Psicofísico	14
6.2.3. Enfoque Fisiológico	14
7. CARGA DE TRABAJO	15
7.1 CARGA FISICA DE TRABAJO	16
7.1.2. Métodos de evaluación de la carga física de trabajo.....	19
7.1.2.1 Método directo (Prueba de esfuerzo máxima).	21
7.1.2.2. Método indirecto.	24
8. FISIOLOGÍA DEL EJERCICIO FÍSICO.	28
9. FATIGA LABORAL	30
9.1 CONSECUENCIAS DE LA SOBRECARGA MUSCULAR EN LAS ACTIVIDADES LABORALES	32
10. ESTADO DEL ARTE.....	36
11. MARCO LEGAL	42
12. METODOLOGIA	43
12.1. MODELO DE INVESTIGACION.....	43

12.2. TIPO DE ESTUDIO.	43
12.3. POBLACION ESTUDIO Y MUESTRA.	43
12.4. TAMAÑO DE MUESTRA	43
12.5. CRITERIOS DE INCLUSION Y EXCLUSION	45
12.5.1. <i>Criterios de inclusion</i>	45
12.5.2. <i>Criterios de exclusion</i>	45
12.5.3. <i>Criterios de exclusión de la población expuesta en el desarrollo de la investigación.</i>	45
13. MATERIALES Y METODOS.....	46
14. INSTRUMENTOS	48
15. METODOS PARA REALIZAR LA PRUEBA DE ESFUERZO.....	49
16. VARIABLES.....	51
17. PROCEDIMIENTO	54
18. CRITERIOS ETICOS.	58
19. RESULTADOS.	59
19.1. ANÁLISIS UNIVARIABLE.....	59
19.2. ANÁLISIS DE CORRELACIÓN	66
20. DISCUSION	81
21. CONCLUSIONES	85
22. RECOMENDACIONES	87
23. BIBLIOGRAFÍA.....	88
24. ANEXOS	93

LISTA DE TABLAS

TABLA 1. RIESGO DE DME SEGÚN SEGMENTO CORPORAL	34
TABLA 2 . ERROR A Y B SEGÚN MUESTRA SELECCIONADA.	44
TABLA 3. CARACTERÍSTICAS ANTROPOMÉTRICAS DE LA POBLACIÓN ESTUDIADA.....	59
TABLA 4. CARACTERÍSTICAS DE MEDICIÓN DEL VO2.....	65
TABLA 5 . TMTA VS VO2 MAX	68
TABLA 6. TMTA VS %VO2R	70
TABLA 7 . TMTA VS %ICCR	73
TABLA 8 .TIEMPOS MAXIMOS ACEPTABLES PARA CARGAS DE TRABAJO DEL 20%, 30%, 40% Y 50% EN MIEMBRO SUPERIOR.	80

LISTA DE GRAFICOS

GRAFICA 1 . RELACIÓN Y TENDENCIA ENTRE TIEMPO DE TRABAJO Y %VO2 MÁXIMO DE MIEMBROS SUPERIORES EN TRABAJADORES DE LA CIUDAD DE CALI EXPUESTOS A DIFERENTES CARGAS DE TRABAJO.	67
GRAFICA 2 . RELACIÓN Y TENDENCIA ENTRE TIEMPO DE TRABAJO Y %VO2 MÁXIMO DE MIEMBROS SUPERIORES HOMBRES TRABAJADORES DE LA CIUDAD DE CALI EXPUESTOS A DIFERENTES CARGAS DE TRABAJO.	67
GRAFICA 3 . RELACIÓN Y TENDENCIA ENTRE TIEMPO DE TRABAJO Y %VO2 MÁXIMO DE MIEMBROS SUPERIORES MUJERES TRABAJADORES DE LA CIUDAD DE CALI EXPUESTOS A DIFERENTES CARGAS DE TRABAJO.	68
GRAFICA 4 . RELACIÓN Y TENDENCIA ENTRE TIEMPO DE TRABAJO Y % VO2 RELATIVO DE MIEMBROS SUPERIORES EN TRABAJADORES DE LA CIUDAD DE CALI EXPUESTAS A DIFERENTES CARGAS DE TRABAJO.	69
GRAFICA 5 . RELACIÓN Y TENDENCIA ENTRE TIEMPO DE TRABAJO Y % VO2 RELATIVO DE MIEMBROS SUPERIORES EN HOMBRES TRABAJADORES DE LA CIUDAD DE CALI EXPUESTAS A DIFERENTES CARGAS DE TRABAJO.	70
GRAFICA 6 . RELACIÓN Y TENDENCIA ENTRE TIEMPO DE TRABAJO Y % VO2 RELATIVO DE MIEMBROS SUPERIORES EN MUJERES TRABAJADORAS DE LA CIUDAD DE CALI EXPUESTAS A DIFERENTES CARGAS DE TRABAJO.	70
GRAFICA 7 . RELACIÓN Y TENDENCIA ENTRE TIEMPO DE TRABAJO E ÍNDICE DE COSTO RELATIVO (ICCR) EN MIEMBROS SUPERIORES EN TRABAJADORES DE LA CIUDAD DE CALI EXPUESTOS A DIFERENTES CARGAS DE TRABAJO.	71
GRAFICA 8 . RELACIÓN Y TENDENCIA ENTRE TIEMPO DE TRABAJO E ÍNDICE DE COSTO RELATIVO (ICCR) EN MIEMBROS SUPERIORES EN HOMBRES TRABAJADORES DE LA CIUDAD DE CALI EXPUESTOS A DIFERENTES CARGAS DE TRABAJO.	72
GRAFICA 9 . RELACIÓN Y TENDENCIA ENTRE TIEMPO DE TRABAJO E ÍNDICE DE COSTO RELATIVO (ICCR) EN MIEMBROS SUPERIORES EN MUJERES TRABAJADORAS DE LA CIUDAD DE CALI EXPUESTOS A DIFERENTES CARGAS DE TRABAJO.	72
GRAFICA 10. RELACIÓN Y TENDENCIA ENTRE ÍNDICE DE COSTO CARDIACO RELATIVO (ICCR) Y VO2 MÁXIMO EN MIEMBROS SUPERIORES EN TRABAJADORES DE LA CIUDAD DE CALI EXPUESTOS A DIFERENTES CARGAS DE TRABAJO.	74
GRAFICA 11 . RELACIÓN Y TENDENCIA ENTRE ÍNDICE DE COSTO CARDIACO RELATIVO %(ICCR) Y VO2 MÁXIMO EN MIEMBROS SUPERIORES EN HOMBRES TRABAJADORES DE LA CIUDAD DE CALI EXPUESTOS A DIFERENTES CARGAS DE TRABAJO.	75
GRAFICA 12 . RELACIÓN Y TENDENCIA ENTRE ÍNDICE DE COSTO CARDIACO RELATIVO %(ICCR) Y %VO2 MÁXIMO EN MIEMBROS SUPERIORES EN MUJERES TRABAJADORAS DE LA CIUDAD DE CALI EXPUESTOS A DIFERENTES CARGAS DE TRABAJO.	75
GRAFICA 13. RELACION Y TENDENCIA ENTRE INDICE DE COSTO CARDIACO RELATIVO %(ICCR) Y %VO2 RELATIVO EN MIEMBROS SUPERIORES EN TRABAJADORES DE LA CIUDAD DE CALI EXPUESTOS A DIFERENTES CARGAS DE TRABAJO.	76
GRAFICA 14 . RELACION Y TENDENCIA ENTRE INDICE DE COSTO CARDIACO RELATIVO %(ICCR) Y %VO2 RELATIVO EN MIEMBROS SUPERIORES EN HOMBRES TRABAJADORES DE LA CIUDAD DE CALI EXPUESTOS A DIFERENTES CARGAS DE TRABAJO.	77
GRAFICA 15 . RELACION Y TENDENCIA ENTRE INDICE DE COSTO CARDIACO RELATIVO %(ICCR) Y %VO2 RELATIVO EN MIEMBROS SUPERIORES EN MUJERES TRABAJADORES DE LA CIUDAD DE CALI EXPUESTOS A DIFERENTES CARGAS DE TRABAJO.	77
GRAFICA 16. RELACIÓN Y TENDENCIA ENTRE TIEMPO Y CARGA MÁXIMA DE TRABAJO EN MIEMBROS SUPERIORES EN TRABAJADORES DE LA CIUDAD DE CALI EXPUESTOS A DIFERENTES CARGAS DE TRABAJO.	78
GRAFICA 17 . RELACIÓN Y TENDENCIA ENTRE TIEMPO Y CARGA MÁXIMA DE TRABAJO EN MIEMBROS SUPERIORES EN HOMBRES TRABAJADORES DE LA CIUDAD DE CALI EXPUESTOS A DIFERENTES CARGAS DE TRABAJO.	79
GRAFICA 18 . RELACIÓN Y TENDENCIA ENTRE TIEMPO Y CARGA MÁXIMA DE TRABAJO EN MIEMBROS SUPERIORES EN MUJERES TRABAJADORAS DE LA CIUDAD DE CALI EXPUESTOS A DIFERENTES CARGAS DE TRABAJO.	79

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los cambios tecnológicos y las formas de organización laboral han traído modificaciones sustanciales en las características del trabajo.

El desarrollo industrial tiene como resultado un creciente número de ocupaciones que son físicamente agotadoras, exigiendo una dinámica intensa de trabajo con diversos grupos musculares. Al mismo tiempo muchos trabajos se han convertido en estacionarios y utilizan solo un lado del cuerpo imponiendo así trabajos estáticos, estáticos/dinámicos y asimétricos, especialmente en el área de brazo y hombro. (1)

Estas modificaciones han generado una situación compleja donde coexisten las antiguas exigencias laborales con las nuevas. Bajo estas características, los trastornos musculo esqueléticos (TME) y la fatiga crónica son problemas centrales a estudiar en cualquier proceso laboral que exija a los trabajadores: largas jornadas, acelerados ritmos de trabajo, cuotas de producción y alto control de calidad en los productos (2).

El más frecuente e importante campo de investigación que ha tenido la ergonomía, ha sido el estudio del desempeño humano frente a las exigencias biomecánicas (postura, fuerza, movimiento) que demandan los puestos de trabajo a la población económicamente activa. Cuando estos requerimientos sobrepasan la capacidad de respuesta del individuo o no hay una adecuada recuperación biológica de los tejidos, este esfuerzo puede asociarse con el origen o la presencia de Desórdenes Músculo Esqueléticos (DME) relacionados con el trabajo. Máxime cuando la exposición se da de manera conjunta, se repite histórica y acumulativamente en la vida laboral de la persona. En tal caso, se incrementa significativamente la posibilidad de desarrollar o padecer un DME. (3)

Como lo reporta la Agencia Europea para la Seguridad y Salud en el Trabajo, 2001 (4), los DME constituyen el problema de salud de origen laboral más frecuente y significativo en Europa, los países industrializados y una de las primeras causas de ausentismo, con importancia creciente de manera exponencial en las últimas décadas, afectando a trabajadores de todos los sectores de actividad y ocupaciones independientemente de la edad y el género, cuyos costos sociales y económicos son particularmente elevados. El gran impacto económico de estas lesiones es debido a que estos problemas originan muchos días de ausentismo por su difícil tratamiento y una cantidad importante de recaídas; dificultando que los trabajadores se reincorporen a sus puestos de trabajo.

En Colombia, el Informe de Enfermedad Profesional 2010, adelantado por el Ministerio de la Protección Social, reporta que esta ha aumentado, es decir, cada vez se presentan más del 38% de enfermedades producto de la forma y de las condiciones de cómo se trabaja. En el 2010 ocurrieron y fueron reportadas más de 8769 enfermedades profesionales. (5)

La Organización Internacional del Trabajo (OIT) 1997, con base en los registros de la Unión Europea, estima que la tasa mundial de morbilidad por enfermedades relacionadas con el trabajo podría ser de 30 a 50 por 10.000 trabajadores y que su incidencia mundial anual oscila entre 68 y 157 millones de enfermedades relacionadas con el trabajo.

Las principales enfermedades que aquejan a los trabajadores colombianos, según estadísticas del año 2010 (6) son de carácter osteomuscular (85%) y dentro de este grupo la de mayor incidencia es el síndrome de túnel carpiano, enfermedad que representa el 30% de este grupo, seguido de la tendinitis de Quervain 7.5% y síndrome del manguito rotador 7.5%.

Otro factor importante cuando los requerimientos sobrepasan la capacidad de respuesta del individuo o no hay una adecuada recuperación biológica de los

tejidos, es la fatiga laboral, este es un aspecto que se encuentra presente en cualquier situación de trabajo. Sin embargo, cuando ésta es excesiva o no se presenta un nivel adecuado de descanso que permita controlarla, pueden originarse algunas situaciones que podrían afectar el bienestar de los trabajadores, como es el caso de la ocurrencia de accidentes e incidentes laborales. Este aspecto se encuentra sustentado en algunas investigaciones relacionadas con el tema, donde se ha demostrado la relación que existe entre la fatiga y los accidentes e incidentes laborales. (2) (7) (8) (9) (10) (11)(27)

La fatiga no sólo provoca malestar instantáneo, sino que sus efectos se suman con el tiempo. Por esta razón la fatiga también puede contribuir a serias lesiones del sistema músculo esquelético. Estas lesiones se pueden desarrollar posteriormente en condiciones crónicas que pueden ser más difíciles de tratar de manera eficiente (12).

Dado que existe una tendencia cada vez mayor de adoptar horarios flexibles de trabajo, algunos sistemas de turnos de trabajo hoy en día son más largos que el tradicional de 8 horas diarias.

Uno de los métodos comúnmente utilizados en la investigación de las tareas de manipulación de los materiales es determinar las capacidades fisiológicas del individuo asociado a una tarea en particular. Estas capacidades se pueden evaluar a través de la medición de las respuestas fisiológicas tales como el consumo de oxígeno, la frecuencia cardíaca, la presión sanguínea, y la acumulación de ácido láctico. Una de las medidas que ha sido ampliamente utilizada para determinar la capacidad de trabajo fisiológico es el Límite de fatiga fisiológica (PFL). Este límite representa el límite fisiológico en el trabajo durante una tarea prolongada. Normalmente se expresan como un porcentaje máximo de la capacidad aeróbica, este es el nivel de absorción de oxígeno, por debajo del cual se puede esperar realizar un trabajo físico. (1)

Cuando estos requerimientos sobrepasan la capacidad de respuesta del individuo o no hay una adecuada recuperación biológica de los tejidos, este esfuerzo puede asociarse con la presencia de lesiones músculo-esqueléticas relacionadas con el trabajo. Actualmente, se reconoce que el mecanismo de aparición de las TME es de naturaleza biomecánica; cuatro teorías explican el mecanismo de aparición: la teoría de la interacción multivariante (factores genéticos, morfológicos, psicosociales y biomecánicos), la teoría diferencial de la fatiga (desequilibrio cinético y cinemático), la teoría acumulativa de la carga (repetición) y finalmente la teoría del esfuerzo excesivo (fuerza) (13).

La Carga de trabajo aceptable representa el equilibrio entre el trabajo físico y capacidad cardiorrespiratoria durante 8 horas de trabajo (Aminov et al. 1998). Es decir, cuando existe equilibrio entre el consumo de oxígeno (VO_2) y Frecuencia cardiaca (FC) se mantendrá un estado estacionario con un trabajo constante de salida. Después de trabajar un tiempo muy prolongado, una acumulación de ácido láctico en la sangre pone una carga adicional sobre el sistema cardiovascular y causa un repentino incremento de la frecuencia cardiaca (FC). Por lo tanto, la FC es mayor (alrededor de 10 latidos por encima del estado estacionario) hacia el final de un turno de trabajo, en comparación con la FC en estado estacionario observado durante las primeras horas de trabajo; en este sentido también se observa que existe una clara señal de fatiga. Este criterio ha sido aplicado para determinar que la carga de trabajo aceptable sea para una jornada de 8 h (Saha et al.1979). (14)

Teniendo en cuenta las teorías anteriores y su importancia dentro del contexto osteomuscular, se han realizado estudios que han encontrado una relación directa entre la capacidad física del individuo y el tiempo máximo aceptable de trabajo, sin embargo estos han estado orientados a miembro inferior.

Estudios han mostrado diferencias significativas en los niveles de fatiga en miembro inferior y miembro superior, cuando se exponen ambos a iguales cargas,

el esfuerzo físico en miembro superior es mayor, por lo tanto la concentración de ácido láctico también y esto conlleva a fatiga muscular, por lo tanto determinan que la carga física de trabajo en miembro superior debe ser menor que en miembro inferior. (15)

Nueve hombres sanos (con edades entre los 54 y los 59 años) ejecutaron 30 minutos de ejercicio de pedaleo (miembros inferiores) y manivela (miembros superiores) en un ergómetro a cargas de trabajo relativas de 50 y 75% de consumo de oxígeno máximo ($VO_{2m\acute{a}x}$) para el grupo muscular correspondiente, y 60 minutos a cargas de trabajo relativas de 30% de $VO_{2m\acute{a}x}$ para el grupo muscular correspondiente. En las pruebas, se midieron la frecuencia cardiaca (FC), presión arterial, variables de intercambio gaseoso, percepción de esfuerzo (PE) y mediciones de lactato en sangre. En el nivel de 75% de intensidad, cuatro sujetos interrumpieron la prueba de manivela y un sujeto interrumpió la prueba de pedaleo. Debido a las diferencias en los valores pico durante las pruebas de manivela y pedaleo, la carga de trabajo y el VO_2 fueron mayores durante el pedaleo. No hubo diferencia en la FC entre los dos modos de trabajo, pero la FC se aumentó en mayor medida durante la prueba de manivela en comparación a la prueba de pedaleo, en los niveles de 30% y 50% ($P < 0.05$). De forma similar, la PE aumentó más durante el ejercicio de manivela en comparación con el de pedaleo en cada nivel de ejercicio. La concentración de lactato en sangre fue mayor después del ejercicio de manivela que en el de pedaleo; en el nivel de ejercicio de 50% la diferencia fue estadísticamente significativa. Los resultados indican un esfuerzo fisiológico mayor en el tiempo durante el ejercicio de miembros superiores que durante el de miembros inferiores a las mismas intensidades relativas para cada grupo muscular. Por lo tanto, la carga física aceptable, expresada como el $VO_{2m\acute{a}x}$ para el grupo muscular correspondiente, debe ser menor durante el ejercicio de miembros superiores que durante el de miembros inferiores. Sin embargo, la PE y la FC relativa, expresadas como porcentaje de $FC_{m\acute{a}x}$ para los grupos musculares correspondientes, fueron al parecer

indicadores comparables del esfuerzo (fatiga) fisiológico durante las pruebas de manivela y pedaleo. (15)

Este trabajo pretende enfocarse en el estudio de cargas de trabajo variables ejecutadas con en miembros superiores, con el fin de determinar tiempos máximos aceptables de trabajo en una población colombiana, teniendo en cuenta que las estadísticas muestran resultados en donde los miembros superiores están siendo afectados significativamente en el ámbito laboral, Se pretende con ello aportar herramientas e instrumentos para la prevención con factores asociados a la etiología de los desórdenes ósteomusculares como la fatiga física y específicamente la producida por sobre carga laboral.

1.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Por lo tanto con el presente estudio se pretende responder a la siguiente pregunta:

¿Cuál es la relación entre tiempo máximo aceptable para trabajo con miembros superiores y la carga de trabajo a la cual está expuesto cada individuo y su capacidad de trabajo?

2. JUSTIFICACIÓN

La carga física de trabajo se define como el conjunto de requerimientos físicos a los que está sometido el trabajador durante la jornada laboral. Se basa en el trabajo muscular estático y dinámico. La carga estática viene determinada por las posturas, mientras que la dinámica está determinada por el esfuerzo muscular, los desplazamientos y el manejo de cargas. (16)

El gasto energético de un puesto de trabajo deberá confrontarse contra la capacidad de gasto energético que tiene el trabajador que labora en ese puesto. A esta capacidad de gasto energético se le llama Capacidad física para el trabajo (CFT) que es definida como la posibilidad de realizar trabajo por la acción coordinada e integrada de una variedad de funciones principalmente: a) procesos generadores de energía (consumo máximo de oxígeno, capacidad anaeróbica máxima) b) actividad neuromuscular y c) factores psicológicos (tolerancia subjetiva al ejercicio).

Para garantizar condiciones de seguridad y salud en el trabajo es importante determinar la carga máxima de trabajo físico que puede ser soportada por un trabajador durante una jornada laboral, sin llegar a ocasionar fatiga.

Cuando las demandas físicas exceden las capacidades físicas del trabajador pueden aparecer como consecuencias inmediatas la fatiga física, discomfort o dolor, si este tipo de exposición a esas condiciones inadecuadas es continua pueden conducir a la aparición de lesiones de mayor importancia y frecuentes como lesiones músculo esqueléticas.

Es entonces como, para mantener y/o mejorar la productividad del trabajador, es necesario que este tenga una carga de trabajo óptima. Siendo importante saber que la fatiga aumenta exponencialmente en el tiempo, al contrario de la

recuperación, y que las diferentes partes del cuerpo tienen diferentes tasas de recuperación (17).

Regular la forma en la que se realiza una labor hace posible que personas con menor capacidad de trabajo se desempeñen competentemente en tareas que pueden ser excesivamente demandantes. La consideración de factores como: 1. la intensidad del esfuerzo (trabajo de cuerpo entero, esfuerzo muscular localizado) y 2. La duración del mismo, resultan de suma importancia para este fin.

3. PERTINENCIA

Se pretende que los resultados de esta investigación (tiempos máximos aceptables de exposición a cargas variables de trabajo en miembros superiores) sean tenidos en cuenta como indicadores, estándares o límites fisiológicos para el trabajador. Evitando así la fatiga en el trabajador y por lo tanto sobrecarga fisiológica muscular esquelética previniendo lesiones y enfermedades ósteomusculares.

4. HIPOTESIS

4.1 HIPOTESIS NULA: H_0

El tiempo máximo aceptable para trabajo con miembros superiores no está relacionado con la carga de trabajo a la cual está expuesto cada individuo y su capacidad de trabajo.

4.2 HIPOTESIS ALTERNA: H_1

El tiempo máximo aceptable para trabajo con miembros superiores está relacionado con la carga de trabajo a la cual está expuesto cada individuo y su capacidad de trabajo.

5. OBJETIVOS

5.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar en trabajadores el tiempo máximo aceptable de exposición a cargas variables de trabajo en miembros superiores.

5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ⊙ Establecer la relación entre consumo de oxígeno y tiempo de trabajo.
- ⊙ Establecer la relación entre índice de costo cardiaco relativo (ICCR) y tiempo de trabajo.
- ⊙ Establecer la relación entre consumo de oxígeno relativo, absoluto e índice de costo cardiaco relativo.
- ⊙ Determinar la relación entre la carga de trabajo, en potencia de trabajo y el tiempo de trabajo aceptable.

6. MARCO TEORICO

6.1. ERGONOMIA

A lo largo de los años se han propuesto varias definiciones de Ergonomía; la asociación internacional de Ergonomía (AIE) la define como: la disciplina científica relacionada con la comprensión de las interacciones entre los seres humanos y otros elementos de un sistema, la profesión que aplica la teoría de sistemas, los principios, datos y métodos de diseño para optimizar el bienestar humano y el rendimiento global del sistema. (18)

6.1.1. Dominios de la Ergonomía.

Derivada del griego, ergon (Trabajo) y Nomos (Ley) el término es para denotar la ciencia del trabajo. Es una disciplina sistemáticamente orientada, que ahora se aplica a todos los aspectos de la actividad humana. La práctica del ergonomista debe tener un amplio entendimiento del panorama completo de la disciplina, teniendo en cuenta lo físico, cognitivo, social, organizacional, ambiental, entre otros factores relevantes. Los ergonomistas usualmente trabajan en un sector económico particular o dominios de aplicación. Estos dominios de aplicación no son mutuamente exclusivos y evolucionan constantemente. Algunos nuevos son creados, los antiguos toman nuevas perspectivas. Dentro de la disciplina, los dominios de especialización representan competencias profundas en atributos específicos humanos o características de la interacción humana.

6.1.1.1. Ergonomía Física.

La Ergonomía Física concierne a las características anatómicas, antropométricas, fisiológicas y biomecánicas humanas que se relacionan con la actividad física. Los tópicos relevantes incluyen posturas de trabajo, manipulación de materiales, movimientos repetitivos, desórdenes musculo esqueléticos relacionados con el trabajo, distribución del lugar del trabajo, seguridad y salud.

6.1.1.2. Ergonomía Cognitiva.

Es lo concerniente con procesos mentales, tales como percepción, memoria, razonamiento, y respuestas motoras, como ellos afectan la interacción entre humanos y otros elementos de un sistema. Los tópicos relevantes incluyen carga mental, toma de decisiones, desarrollo de habilidades, interacción hombre-computadora, responsabilidad humana, estrés laboral y entrenamiento y como ellos pueden relacionarse para el diseño del sistema humano.

6.1.1.3. Ergonomía Organizacional.

La Ergonomía organizacional es concerniente a la optimización de sistemas socio técnicos, incluyendo su estructura organizacional, políticas y procesos. Los tópicos relevantes incluyen comunicación, gestión de recursos organizacionales, diseño del trabajo, diseño de tiempos laborales, equipo de trabajo, diseño participativo, ergonomía participativa, trabajo cooperativo, paradigmas de nuevos trabajos, cultura organizacional, organización virtual, teletrabajo y gerenciamiento de la calidad"

En Colombia, así como en todos los países latinoamericanos y en la mayoría de los países del mundo, el dominio de estudio de la ergonomía que más se ha estudiado y desarrollado ha sido en el plano físico. Es decir, el relacionado con las posturas de trabajo, los movimientos, la capacidad fisiológica de la persona y la aplicación de fuerza principalmente. Incluso dentro de éste, se ha hecho énfasis principalmente en tres factores: postura, movimiento y fuerza. En este marco de ideas, resulta comprensible decir que los principales problemas ergonómicos que se han encontrado en la población laboral colombiana están dados por las condiciones biomecánicas del trabajo, cuyo resultado de exposición se expresa a través de la aparición y diagnóstico de lesiones en el sistema ósteomuscular. (19)

6.2 ENFOQUES DE LA ERGONOMÍA

6.2.1. Enfoque Biomecánico.

El objetivo es diseñar tareas acordes a la capacidad del sistema musculo esquelético, el cual está compuesto por músculos, tendones y huesos y cuya función es efectuar los movimientos y esfuerzo necesarios para la vida.

Se basa principalmente en las fuerzas compresivas de la columna vertebral y su propósito es controlar que la tarea no sobrepase la capacidad del sistema musculo esquelético del trabajador lo cual realiza a través del diseño.

6.2.2. Enfoque Psicofísico

Está relacionado con la medición del estrés a las tareas realizadas y es uno de los diseños más apropiados para establecer capacidades en la manipulación de materiales. Algunos de los parámetros que se tienen en cuenta en dicho enfoque son la frecuencia, la distancia vertical, el punto de inicio u el fin de la carrera, la posición, el tamaño de la carga, la distancia horizontal, la duración de la actividad y las variables antropométricas.

Utiliza la percepción de esfuerzo por parte de los sujetos para establecer límites de carga física de trabajo en condiciones de trabajo determinadas y diseñar tareas “aceptables” para los trabajadores.

6.2.3. Enfoque Fisiológico

Está relacionado con los requerimientos de energía de una tarea en particular y el estrés fisiológico del cuerpo asociado a dicha tarea. Se preocupa por la reacción del sistema cardiovascular evaluado a través del pulso, presión sanguínea, consumo de oxígeno y acumulación del ácido láctico. Su finalidad es definir límites

basados en variables metabólicas y cardiovasculares para poder establecer capacidades físicas según la tarea determinada.

Esta investigación está basada en el dominio físico y enfoque fisiológico de la ergonomía con el objetivo de establecer márgenes de seguridad que permitan posteriormente conservar el equilibrio entre capacidad física del trabajador y las demandas impuestas al trabajador en términos de carga física de trabajo (dinámica) para miembros superiores, con el fin de prevenir la aparición de fatiga y así preservar la relación salud - trabajo y potenciar la productividad.

7. CARGA DE TRABAJO

La carga de trabajo es definida como el “conjunto de requerimientos psico-físicos a los que el trabajador se ve sometido a lo largo de la jornada laboral” (Institución Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo NTP 177: la carga física de trabajo: definición y evaluación. España: INSTH; 1986) particularmente, la exigencia física de trabajo puede ser comparada con las demandas fisiológicas durante el desarrollo de una práctica deportiva o ejercicio de alto rendimiento. (20)

Aunque, en general, el progreso técnico implica un crecimiento de los requerimientos mentales en detrimento de los físicos en muchos puestos de trabajo, no es menos cierto que aún existen puestos en los que las exigencias físicas siguen siendo elevadas, por lo que es necesario evaluarlas y aportar las medidas correctoras precisas para eliminar en lo posible los trabajos pesados.

La herramienta más adecuada es aquella que ayuda a evaluar el riesgo ergonómico en cada ocasión y esto con la suficiente garantía para asegurar la existencia o no de factores de riesgo de manera significativa y en caso afirmativo poder orientar directamente sobre las acciones preventivas o correctivas

oportunas, se realiza necesariamente a través de métodos cuantitativos para una situación en concreto, para una mejor orientación. (21).

7.1 CARGA FISICA DE TRABAJO

El propósito de éstos métodos es identificar la capacidad de desempeño físico del trabajador y con base en éstos resultados evaluar su capacidad con los requerimientos laborales. Es decir, medir el trabajador y el trabajo con el fin de comparar las exigencias del segundo (el trabajo) con las posibilidades del primero (el trabajador), para así tomar decisiones que permitan transformar la dualidad proceso de trabajo trabajador. No sobra decir que en la medida en que se ajusten el uno al otro (trabajo al trabajador y viceversa) las condiciones de riesgo disminuirán y las potencialidades del trabajador se materializarán e incrementarán, revirtiéndose en el proceso de trabajo, en el producto (bien material o servicio) y en la calidad de vida del trabajador. (21)

La capacidad de desempeño físico está determinada por factores intrínsecos al trabajador que se derivan específicamente de los procesos productores de energía, para lo cual es fundamental la incorporación, almacenamiento y distribución de combustible y la incorporación, distribución y el consumo de oxígeno.

Adicionalmente la capacidad de desempeño físico está condicionada por factores psicológicos (actitud, motivación), factores somáticos (peso, talla, tipo de fibra muscular), entrenamiento, adaptación, entre otros; por factores externos propios del proceso de trabajo como son el ambiente de trabajo (altura, presión del aire, contaminación ambiental, ruido, ambiente térmico, etc.), la organización y división del trabajo (intensidad, duración, técnica, ritmo, posición, programa de trabajo, tipo de jornada, tipo de contrato, etc.) y factores externos relacionados con procesos

de reproducción de la fuerza de trabajo (descanso, alimentación, vivienda, recreación, educación, etc. (9).

Se define la capacidad de trabajo físico (CTF) como la cantidad máxima de oxígeno que puede procesar o metabolizar un individuo, por lo que también se le denomina capacidad aeróbica o potencia máxima aeróbica, pues la cantidad de energía anaeróbica con que puede contar el hombre es muy pequeña, comparada con la aeróbica. Las diferencias individuales respecto a la capacidad de trabajo físico son significativas, aunque es posible hacer estimaciones para situaciones que no sean críticas. (22)

La capacidad aeróbica máxima es sinónimo de consumo máximo de oxígeno (VO_{2max}), refleja la capacidad combinada de los sistemas cardiovascular y respiratorio para obtener, transportar y entregar oxígeno a los músculos durante el trabajo, como también la eficiencia de este tejido para usarlo.

Se puede decir que es también la máxima capacidad de realizar un trabajo de máxima intensidad compatible con el estado de equilibrio cardiorrespiratorio. Entre los factores que influyen la VO_{2max} ., se pueden incluir los siguientes: Edad: la VO_{2max} . Aumenta hasta los 25 años donde alcanza su máximo nivel y se mantiene más o menos constante en este “pico” máximo hasta aproximadamente los 30 años. A partir de esta edad empieza a disminuir su valor en hombres y mujeres. Se calcula que a los 70 años de edad se tiene el 50% del pico máximo alcanzado de la VO_{2max} . Género: en mujeres la VO_{2max} está aproximadamente entre el 70% al 75% de la VO_{2max} del hombre; no obstante se ha visto que la potencia aeróbica máxima se conserva en mujeres durante toda la edad fértil, luego disminuye. Está influenciada además por estados patológicos, estado nutricional, tamaño y composición del cuerpo. La potencia aeróbica también está condicionada por factores externos como la temperatura ambiental, la presión

atmosférica, la humedad relativa del aire, factores derivados de la organización y división del trabajo como el tipo de contratación, salarios, tareas a realizar, etc.

La CTF se puede medir sometiendo al sujeto, bajo determinadas condiciones ambientales, a un aumento progresivo de la carga de trabajo físico, lo que irá provocando el incremento del consumo de oxígeno hasta que a un nuevo incremento de la carga de trabajo, ya no se producirá más incremento del consumo de oxígeno. En ese momento el individuo habrá llegado a su potencia máxima aeróbica. La capacidad física de trabajo depende de factores individuales como son sexo, edad, entrenamiento, condiciones ambientales, estados emocionales, etc. y disminuye con la fatiga. (22)

El conocimiento de la capacidad aeróbica es importante para definir ubicación laboral, determinar el grado de entrenamiento o adaptabilidad del trabajador, brinda información sobre el nivel de trabajo sostenido que conviene al trabajador, la eficacia de la rehabilitación física y la readaptación laboral; además permite reconocer los niveles de rendimiento óptimo sin que los trabajadores se fatiguen. Su medición o estimación ha sido una preocupación permanente de los especialistas en el tema. La única forma de medir la capacidad aeróbica en forma directa es sometiendo al sujeto en estudio a pruebas de esfuerzo máximo (21).

Para garantizar la seguridad y la salud en el lugar de trabajo, Brody (1945) propuso que un adecuado margen de seguridad tal vez sería necesario en trabajos físicamente exigentes. Esto significaba que la determinación de la carga de trabajo máxima que puede mantenerse a lo largo de un día de trabajo de una manera segura y saludable es muy importante. Varios resultados de investigación, Michael et al. 1961, Bink 1962, Lehmann 1962, Imarinen 1992) sugiere que el 33%(debido a la acumulación de metabolitos como el ácido láctico) de la capacidad aeróbica máxima (VO₂max) del individuo debe ser la carga de trabajo

aceptable para uso general ocho horas de trabajo (14). Este máximo variara dependiendo de la edad y sexo del trabajador y del tiempo real de trabajo.

Limitar la fatiga fisiológica (PFL) se utiliza a menudo y sirve como un límite de seguridad en el diseño de puestos de trabajo. Muchos investigadores han utilizado la información sobre los límites fisiológicos sobre la base de las tareas estándar y aplicada. (8)

Conocido el gasto que provoca la tarea y la capacidad de trabajo físico del trabajador que la va a realizar, es posible diseñar y organizar el trabajo adecuadamente, incluyendo frecuencias de movimientos, posiciones, esfuerzos, formas de llevar la carga, tiempos y descansos o cambios de actividad, etc. de la misma forma, con unos valores óptimos de referencia, es posible hacerlo para todo un colectivo de trabajadores.

7.1.2. Métodos de evaluación de la carga física de trabajo.

Toda actividad física entraña un aumento del gasto energético y la puesta en marcha de varios mecanismos de compensación que permiten el ajuste de ciertas funciones.

En síntesis, existen tres métodos para estimar el gasto energético:

a. La observación de las actividades desarrolladas por el sujeto, descomponiéndolas en ciclos de movimientos elementales y estimando posteriormente el gasto energético a través de tablas.

b. La medición del consumo de oxígeno. Esta variable presenta una relación lineal clásica con la carga en Watts. Su dispersión es muy reducida, de tal modo

que todos los sujetos consumen aproximadamente la misma cantidad de oxígeno para los mismos niveles energéticos.

El consumo de oxígeno es una variable fisiológica que integra la frecuencia cardíaca (FC), el volumen sistólico (VS) y la diferencia arteriovenosa de oxígeno (dif (a-v)O₂). Expresado en la siguiente fórmula:

$$\text{VO}_2 = \text{FC (lat/min.)} \times \text{VS (Lt/min.)} \times \text{dif (a-v)O}_2 \text{ (Lt O}_2 \text{ x Lt sangre)}$$
$$\text{VO}_2 = \text{Lt O}_2 / \text{min.}$$

El consumo de oxígeno es la cantidad de oxígeno por unidad de tiempo que demanda una determinada actividad. La medición de esta variable puede ser de tipo absoluto, siendo las unidades Litros /minuto (Lt/min., Lt * min⁻¹) o puede ser relativa al peso corporal, donde las unidades son en mililitros / Kg / min. (mL/kg/min.; mL * kg⁻¹ * min⁻¹). La medición relativa se deriva entonces de convertir el consumo absoluto a valores en mililitros y dividirlo por el peso del sujeto. Esta última manera de medición es la más empleada pues permite comparaciones entre los sujetos.

El VO₂ de un adulto normal en reposo es de 0.250 L/min. pero puede alcanzar en situaciones de máximo esfuerzo valores de 5.1 L/min. La determinación del consumo máximo de oxígeno (VO₂max) es una de las variables más usadas actualmente para determinar la resistencia o potencia aeróbica de una persona. En este sentido, se han establecido unos valores para determinar, según la edad y el sexo, el estado de la capacidad aeróbica. (23)

c. El tercer método consiste en estimar el gasto energético a partir de la frecuencia cardíaca. Muchos autores describen una relación lineal estricta entre este parámetro y el gasto energético. Su principal desventaja es la existencia de una mayor dispersión entre la potencia desarrollada y la frecuencia cardíaca observada

entre un sujeto y otro. A su favor, la facilidad de control y las pocas molestias que supone para el explorado, así como su estabilidad intraindividual.

7.1.2.1 Método directo (Prueba de esfuerzo máxima).

Esta variable presenta una relación lineal clásica con la carga en Vatios. Su dispersión es muy reducida, de tal modo que todos los sujetos consumen aproximadamente la misma cantidad de oxígeno para los mismos niveles energéticos. El objetivo es llegar al máximo esfuerzo del sujeto. En ella el sujeto debe hacer cada vez esfuerzos más importantes hasta que no pueda más o se llegue a la frecuencia cardíaca máxima prevista para la edad. A la vez se mide el Consumo de oxígeno VO_2 , la Frecuencia Cardíaca. (24) y la carga en Watts.

Además del metabolismo máximo (Es una característica propia del individuo que determina la capacidad máxima de Trabajo físico del sujeto) conocemos la relación: Frecuencia cardíaca- metabolismo, que es lineal y recta en la mayor parte de su trayecto.

Los metabolismos obtenidos se miden en consumo de oxígeno por minuto, es decir litros de O_2 /min. Estos se pueden pasar a kcal/min o watts por las relaciones siguientes:

$$1 \text{ l } O_2/\text{min} = 5 \text{ kcal/min} = 350 \text{ watts.}$$

El consumo de oxígeno se obtiene mediante ergoespirometría, o usando la técnica del saco de Douglas, la cual establece una diferencia entre el volumen de oxígeno del aire inspirado menos el volumen de oxígeno del aire espirado. Se sabe que la proporción de oxígeno presente en el aire (aire inspirado) es del 20.96%, por lo tanto solo basta conocer el volumen de aire espirado y la proporción de oxígeno presente en el aire espirado para determinar el consumo de oxígeno del trabajador, este se establece en litros por minuto, (consumo de oxígeno absoluto)

o en mililitro por kilogramo de peso del trabajador por minuto (consumo de oxígeno relativo).

Se han desarrollado varios tipos de pruebas de esfuerzo. Entre otras, las pruebas en bicicleta ergométrica, o ergociclómetro, en tapiz o cinta rodante (Tread mill) y las realizadas en escalones o bancos de madera. Los resultados con unas y otras son bastante similares, a condición de que se involucren gran número de músculos, y la carga suministrada es medible y se mantiene constante durante la ejecución de la prueba. (24)

Las pruebas de esfuerzo tienen principalmente por objeto evaluar los efectos del ejercicio físico sobre el corazón y el aparato circulatorio, determinar los límites de actividad de un individuo y hallar los factores que influyen en un pronóstico.

Las pruebas ergométrica se pueden clasificar según la intensidad del esfuerzo en pruebas submaximas (cuando se realiza hasta el agotamiento) o submaximas (cuando finalizan antes del mismo); según la graduación del esfuerzo en: pruebas de carga constante (cuando la carga se mantiene durante todo el tiempo de la prueba) o de carga creciente (cuando el tiempo de cada estadio es tan corto que no permite el ajuste del organismo a cada incremento de carga); escalonadas (cuando el tiempo de cada estadio de carga permite el ajuste del organismo a cada incremento de carga); y discontinuas (cuando la carga impuesta aumenta de forma progresiva, pero con intervalos de descanso o recuperación activa) que presentan el inconveniente de lo prolongada que puede hacerse la prueba de esfuerzo. (39)

Su determinación ayuda a establecer, además de otros parámetros como los umbrales aeróbico y anaeróbico, la capacidad de ejercicio aeróbico del individuo. De entre los métodos empleados el más fiable es el análisis directo de los gases utilizados durante el ejercicio.

Según los objetivos las pruebas de esfuerzo se pueden clasificar en:

- Prueba de esfuerzo convencional
- Prueba de esfuerzo con análisis de gases (ergoespirometría): esta prueba fue la utilizada para el estudio, aquí se valoró el ritmo cardiaco, la tensión arterial y los parámetros de consumo de oxígeno. Para la aplicación de la carga en watts se basó en el protocolo empleado por (Maidorn y Mellerowicz, 1962) el cual consiste en cargas crecientes de 25 watts con incremento de 25 watts con dos minutos de duración en cada carga y una cadencia de 60rpm. Para cuerpo entero se utilizo cargas crecientes de 50W de dos minutos de duración.

Estas pruebas de esfuerzo máximo deben ser aplicadas con extremo cuidado, pues pueden constituir un riesgo para determinadas personas, ya que exigen la realización de un esfuerzo hasta el agotamiento y solicitan al máximo las funciones respiratorias y cardiacas.

La evaluación del VO₂max requiere la ejecución por el individuo de un esfuerzo máximo.

La medición de la capacidad funcional, o VO₂máx, es reconocida ampliamente como la forma más objetiva de determinar la aptitud física y representa la capacidad funcional máxima de un individuo. Medida en situación de reposo, indica el metabolismo basal y corresponde aproximadamente a 3,5 ml/kg/min o unidad metabólica, también llamada MET. Actualmente el VO₂máx ha sido considerado como un determinante del estado de salud (25)

Para el análisis ocupacional, es útil para cuantificar la demanda de energía a los trabajadores. Medir la relación entre el consumo de oxígeno (VO₂) y la frecuencia cardíaca (FC) en un laboratorio, esto se aplica para estimar el gasto de energía de una tarea (Åstrand y Rodahl, 1986). (26)

7.1.2.2. Método indirecto.

Existe una estrecha correlación entre el O₂ consumido durante la actividad y la Frecuencia Cardiaca (FC) alcanzada en la misma.

La frecuencia cardiaca es utilizada para medir la carga física de trabajo determinando el consumo metabólico por medición indirecta. (López J, 2006) (6). Durante la realización de trabajo físico existe un aumento evidente de la FC, esto depende de la velocidad, intensidad y duración del trabajo, el contenido emocional, la temperatura ambiente y humedad, y la aptitud física del sujeto entre otros aspectos. Hay una relación constante entre la captación de O₂ y el volumen minuto, en diferentes investigaciones han encontrado una relación directa entre la frecuencia cardiaca y el consumo de oxígeno, observándose correlaciones significativas para cada tipo de ejercicio y en diferentes estados (12) (27) así como entre la frecuencia cardiaca relativa y el VO₂ relativo.

Cuando la frecuencia cardiaca se mide en diferentes niveles desde el reposo hasta una actividad moderada a fuerte, a menudo se obtiene una relación curvilínea entre frecuencia cardiaca y VO₂ máximo. (Dauncey and James, 1979; Moon and Butte, 1996)

La frecuencia cardiaca (HR) se puede medir fácilmente, y diversas técnicas se han presentado en la literatura para la estimación de VO₂ a partir de Frecuencia cardiaca (Li et al, 1993;.. Spurr et al, 1988). En la fisiología del trabajo, la forma tradicional de utilizar datos de frecuencia cardiaca para estimar VO₂ es determinar una curva de calibración en el individuo HR/VO₂ en una prueba independiente en un laboratorio, por lo general en una cinta de correr o en bicicleta ergómetro (Rodahl et al., 1974). La frecuencia cardiaca y el VO₂ están determinados por variables de estado estacionario, cargas de trabajo y una ecuación de regresión lineal HR/VO₂ que se calcula para cada sujeto. A bajos niveles de actividad, la relación HR/VO₂ a menudo se desvía de la curva de calibración y algunos

métodos suponen un nivel constante de VO₂ cuando la frecuencia cardiaca es baja (Spurr et al., 1988).(25)

La relación HR/VO₂ también se ve afectada, por factores psicológicos, la temperatura ambiente, el tamaño de masa muscular activa, trabajo estático y cambiar dinámicamente intensidades de trabajo (Smolander y Louhevaara, 1998). Especialmente durante las fases de recuperación la frecuencia cardiaca se recupera mucho más lento que el VO₂ (30)

Se usa tecnología basada en pulsímetros, que pueden medir frecuencias cardíacas medias, frecuencias cardíacas mínimas, frecuencias cardíacas máximas, consumo energético de la actividad en kilocalorías, realizando un análisis minucioso.

- Valores e índices derivados del estudio de la frecuencia cardiaca:

El análisis de la frecuencia cardiaca permite estudiar la carga física desde dos puntos de vista bien diferenciados, aunque complementarios:

- Cualitativo

El estudio del perfil de la frecuencia cardiaca a lo largo del día, durante las horas de trabajo, permite detectar aquellas operaciones en las que la demanda cardiaca es intensa; e incluso compararlas según sea el turno de trabajo (mañana, tarde, noche).

- Cuantitativo

Los valores que se pueden obtener a partir de la monitorización de la frecuencia cardiaca son:

- FC de reposo

De él dependen la mayoría de los índices sobre los que se basa la valoración de la carga física.

- Costo Cardíaco absoluto: $CCA = FCM - FCR$

Permite estudiar la tolerancia individual de un trabajador frente a una tarea determinada. Nos da tan sólo una idea aproximada de la carga física de un puesto de trabajo.

- Costo Cardíaco relativo: $CCR = CCA / (FMT - FCR)$

Este índice da una idea de la adaptación del sujeto a su puesto de trabajo.

El índice de costo cardíaco relativo es un indicador que valora el costo en latidos por minuto que implica a un individuo, realizar una actividad partiendo desde el reposo (Costo cardíaco CC) y teniendo en cuenta la edad. "Este índice nos da una idea de la adaptación del sujeto a su puesto de trabajo. Se utilizará como frecuencia máxima teórica el valor $FC_{m\acute{a}x} = (220 - \text{edad})$, con lo que se asume un error de un 5% con respecto a la real que se determinaría mediante una prueba de esfuerzo.

El índice de costo cardíaco relativo está determinado por la siguiente fórmula: $(FC \text{ de trabajo} - FC \text{ de reposo}) / CCA = ICCR$

$ICCR = \text{Porcentaje de carga cardiovascular}$

$FC = \text{Frecuencia cardíaca}$

$FC_{m\acute{a}x} = 220 - \text{edad}$

Durante el ejercicio, las funciones que cumple el sistema cardiovascular son: suministrar a la célula muscular la cantidad de oxígeno y combustibles necesarios, retirar del entorno celular todos los productos del metabolismo y contribuir a los mecanismos de termorregulación.

Esta función presenta un aumento en el gasto cardíaco, que se mide por la cantidad de sangre oxigenada que desde el ventrículo izquierdo sale para todo el cuerpo. La magnitud, de dicho aumento, depende de varios factores, como son la masa muscular utilizada, la intensidad del ejercicio y por la capacidad del corazón para aumentar su volumen sistólico (13).

Durante la actividad física, el aumento del gasto cardíaco se produce en forma lineal y directamente proporcional a la intensidad del trabajo realizado, hasta llegar a una intensidad entre el 60 y 70% del consumo máximo de O₂ (VO₂ máx.); este es la cantidad máxima de O₂ que el organismo puede absorber, transportar y consumir por unidad de tiempo (ml. x kg. x min.). A partir de ese momento, tiende a la estabilidad hasta llegar al 80 y 90%, nivel que, incluso, puede disminuir por la taquicardia excesiva que reduce el llenado diastólico y, por lo tanto, el volumen sistólico (6).

La capacidad de aumentar el gasto cardíaco, a intensidades de ejercicio muy elevadas, es uno de los factores que permiten establecer diferencias en la capacidad funcional de los sujetos (14)

Las variaciones en la frecuencia cardíaca, dan a entender los cambios que se presentan en el volumen sanguíneo suministrado, según lo explica Córdova (15), en reposo es de 5 litros por minuto y en ejercicio puede elevarse a 20 litros por minutos.

- **Método Karnoven. La frecuencia cardíaca de reserva (FCR) como indicador de carga interna.**

La frecuencia cardíaca de reserva permite un cálculo más ajustado de la frecuencia cardíaca de entrenamiento.

La frecuencia cardíaca de reserva, como indicador de carga, permite individualizar el esfuerzo de entrenamiento porque parte de situaciones funcionales particulares de cada persona, como son la frecuencia cardíaca de reposo y la frecuencia cardíaca máxima que se tienen en un momento dado de la vida, considerando que la primera se puede disminuir por efectos del entrenamiento sistemático de la resistencia aeróbica o aumentar por diversos factores, y la segunda porque se sabe que, además de ser un valor particular para cada individuo, está en relación

inversa con la edad; o sea, que a mayor edad menor valor de frecuencia cardiaca máxima. (31)

En criterios de carga se considera la frecuencia cardiaca de reserva como el 100% de intensidad; es decir, como el mayor valor de variación del pulso cardiaco desde la frecuencia cardiaca de reposo hasta la frecuencia cardiaca máxima. (31)

8. FISIOLÓGÍA DEL EJERCICIO FÍSICO.

Durante la realización del ejercicio físico, participan la mayoría de los sistemas y órganos del cuerpo humano.

Es así como, el sistema muscular es el efector de las órdenes motoras generadas en el sistema nervioso central, por lo cual, la participación de otros sistemas, como el cardiovascular, pulmonar, endocrino, renal y otros, es fundamental para el apoyo energético del tejido muscular que mantiene la actividad motora.

La contracción muscular, durante el ejercicio físico, es posible gracias a un proceso de transformación de energía. La energía química que se almacena en los enlaces de las moléculas de los diferentes sustratos metabólicos (el Adenosín trifosfato o ATP es la molécula intermediaria en este proceso) es transformada en energía mecánica. Dicha molécula, procede de las reservas energéticas del organismo o de la ingestión diaria de alimentos, como los hidratos de carbono y las proteínas en última instancia. (32)

Durante los 2 ó 3 primeros minutos de iniciado el ejercicio físico, la energía química que utiliza la célula muscular proviene exclusivamente del metabolismo anaerobio. A partir de este momento, la actividad cardio-circulatoria y la respiratoria posibilitan el aporte adecuado de O₂ a la célula y la energía se obtiene fundamentalmente del proceso metabólico aeróbico. A medida que el ejercicio se prolonga y se hace más agotador, la energía proveniente de la vía aeróbica no será suficiente y los procesos anaerobios volverán a tomar importancia.

La gran mayoría de las actividades laborales son dinámicas, es decir, la energía se obtiene fundamentalmente de procesos aeróbicos. Por tal motivo, es perfectamente válido el valorar la energía consumida en la actividad laboral, midiendo el volumen de O₂ consumido en su realización.

La cantidad de oxígeno consumido durante el ejercicio es directamente proporcional a la cantidad de energía consumida por los músculos que se contraen. (33)

Debido que el consumo de oxígeno se relaciona linealmente con el gasto de energía, cuando se mide el consumo de oxígeno, se está midiendo la capacidad máxima de un individuo de trabajar aeróbicamente en forma indirecta.

Durante la actividad física, el aumento del gasto cardíaco se produce en forma lineal y directamente proporcional a la intensidad del trabajo realizado, hasta llegar a una intensidad entre el 60 y 70% del consumo máximo de O₂ (VO₂ máx.); este es la cantidad máxima de O₂ que el organismo puede absorber, transportar y consumir por unidad de tiempo (ml. x kg. x min.). (López J,2006.) (34)

Los efectos de la carga física se concentran, principalmente, en la generación de fatiga muscular, según (Edwards 1981) (11), se considera como la incapacidad para mantener la potencia desarrollada; es decir, la intensidad del esfuerzo durante un determinado tipo de ejercicio, otros autores la describen como la “sensación general de cansancio y la consiguiente reducción del rendimiento muscular”. Las manifestaciones objetivas, subjetivas y fisiológicas de la fatiga, mencionadas por (Córdova 2003), Apuntan a que, la disminución de la capacidad o rendimiento físico, la sensación de cansancio, la pérdida de interés y la alteración en la presión arterial, son los síntomas que pueden encontrarse más a menudo. De igual forma, se destacan las alteraciones musculares, medidas por Barbany 2002 (35), que incluyen el aumento del tiempo de reacción, modificaciones electromiográficas, el aumento en el riesgo de lesión y de dolores musculares.

9. FATIGA LABORAL

La fatiga laboral es un aspecto que se encuentra presente en cualquier situación de trabajo. Sin embargo, cuando ésta es excesiva o no se presenta un nivel adecuado de descanso que permita controlarla, pueden originarse algunas situaciones que podrían afectar el bienestar de los trabajadores, como es el caso de la ocurrencia de accidentes e incidentes laborales. Este aspecto se encuentra sustentado en algunas investigaciones relacionadas con el tema, donde se ha demostrado la relación que existe entre la fatiga y los accidentes e incidentes laborales. Dentro de las definiciones más significativas se encuentra la de Mengel (1999, citado por Rubinstein, Terrasa y Davante, 2001) quien considera que la fatiga es una queja subjetiva que puede indicar cansancio, debilidad, falta de energía, deseo intenso de dormir, falta de capacidad de concentración, debilidad muscular y hasta disnea. Además, afirma que las personas pueden tener umbrales distintos para percibir la fatiga, en relación al tiempo dedicado al trabajo, al estudio, al sueño, al esparcimiento, entre otras actividades. Así mismo, Muchinsky (2002) define la fatiga laboral como el conjunto de cambios que experimenta el organismo cuando se encuentra sometido a condiciones extremas de sobre entrenamiento, o bien cuando no se está habituado a un tipo de trabajo con una intensidad concreta y se intenta superar el propio límite de esfuerzo. Por su parte, De Arquer (2003) define la fatiga como el producto de la interacción persona-trabajo que engloba las tareas a realizar y las condiciones del desempeño. (10)

Cuando los músculos se estimulan, en la realización de trabajo físico mediante el aumento de cargas, Después de varios segundos se ve que:

- tanto la contracción y relajación se vuelve más lenta;
- la latencia (intervalo entre el estímulo y la contracción) disminuye con el aumento la tensión hasta que el estímulo ya no produce una respuesta.

Este proceso se observa en los seres humanos cuando ocurren contracciones rítmicas de un músculo durante un período.

Este fenómeno de reducción del rendimiento muscular después del esfuerzo se llama fatiga muscular en fisiología, y se caracteriza no sólo por la reducción de

poder, sino también por el menor movimiento. En esto radica la explicación de la alteración de la coordinación y la mayor causa de errores y accidentes que acompaña a la fatiga muscular. (7)

De acuerdo con Norman (1999), las características de la fatiga laboral se pueden resumir en cuatro: en primer lugar, la fatiga generalmente se traduce en una disminución de la capacidad de respuesta o de acción de la persona; en segundo lugar, se trata de un fenómeno multicausal, aunque se pueda encontrar que, en su origen, haya una gran contribución de un factor concreto; en tercer lugar, la fatiga afecta al organismo como un todo (físico y psíquico) y en grado diverso; ésta se percibe de manera personal, lo cual hace que se encuentren diferencias interpersonales e intrapersonales en cuanto a las formas en que se expresa y la intensidad en que se siente. En el campo organizacional, la fatiga va más allá del simple cansancio ya que no sólo se relaciona con el nivel de agotamiento percibido, sino con la manera en que este nivel puede afectar la salud del trabajador y la productividad de la organización (Ponce de León y Neisa, 2004). La fatiga provocada por el trabajo es una manifestación (general o local) de la tensión que éste produce y suele eliminarse mediante un descanso adecuado (De Arquer, 2003). (10).

La Carga de trabajo aceptable representa el equilibrio entre la carga de trabajo física y capacidad cardiorrespiratoria durante 8 h de trabajo (Aminov et al. 1998). Cuando este enfoque de equilibrio, VO₂ y HR se mantengan en estado estable con un trabajo constante de salida. Después de trabajar un tiempo muy prolongado, una acumulación de ácido láctico en la sangre pone una carga adicional en el sistema cardiovascular y causa un repentino incremento de la FC. Así, (unos 10 latidos por encima del estado estacionario) hacia el final de un turno de trabajo, en comparación con el FC-estado estacionario observado durante las primeras horas de trabajo, es un claro signo de fatiga. Este criterio se ha aplicado para determinar la carga de trabajo aceptable para un día de trabajo de 8 h (Saha et al. 1979). (14)

9.1 consecuencias de la sobrecarga muscular en las actividades laborales

El grado de carga física que experimenta un trabajador en el curso de un trabajo muscular depende del tamaño de la masa muscular que interviene, del tipo de contracciones musculares (estáticas o dinámicas), de la intensidad de las contracciones y de las características individuales.

El volumen de oxígeno consumido durante el ejercicio físico es necesariamente dependiente de la carga en los músculos y también de la masa de los músculos en el trabajo. (36)

Mientras la carga de trabajo muscular no supere la capacidad física del trabajador, el cuerpo se adaptará a la carga y se recuperará rápidamente una vez terminado el trabajo. Si la carga muscular es demasiado elevada, se producirá fatiga, se reducirá la capacidad de trabajo y la recuperación será más lenta. Las cargas más elevadas o la sobrecarga prolongada pueden ocasionar daños físicos en forma de enfermedades profesionales o relacionadas con el trabajo. Por otro lado, el trabajo muscular de cierta intensidad, su frecuencia y su duración, también puede tener un efecto de entrenamiento, como, por otra parte, unas exigencias musculares excesivamente bajas pueden tener efectos de desentrenamiento. Estas relaciones se representan mediante el llamado concepto de estrés-tensión expandido desarrollado por (Rohmert 1984) (37)

En general, hay pocas pruebas epidemiológicas de que la sobrecarga muscular sea un factor de riesgo para las enfermedades. Sin embargo, en trabajos con grandes demandas físicas, sobre todo entre trabajadores de más edad, suelen detectarse problemas de salud, incapacidades y sobrecargas subjetivas de trabajo. Además, muchos factores de riesgo de enfermedades musculoesqueléticas relacionadas con el trabajo están relacionados con distintos aspectos de la carga de trabajo muscular, como la aplicación de fuerzas, las posturas inadecuadas, el levantamiento de pesos y las sobrecargas repentinas.

El origen de los DME es multifactorial donde la organización del trabajo, de la producción, el funcionamiento de la empresa en su conjunto, los procedimientos y los equipos definen el contenido gestual de la actividad de trabajo en términos de posturas, esfuerzo, repetitividad de movimientos, amplitud articular y duración de los mismos; los cuales junto con la ecuación personal, el ambiente físico y el mismo contexto social dan origen a una carga física que puede dar origen a cuadros reversibles como la fatiga, hasta generar una lesión irreversible.

En este sentido se considera que los factores de riesgo precipitantes son:

- Los ciclos de trabajo muy repetitivos, dando lugar a movimientos rápidos de pequeños grupos musculares o tendinosos, Relacionados con la organización temporal del sistema de producción.
- Mantenimiento de posturas forzadas de muñeca o de hombros – Referidos como las características de diseño de los medios de trabajo.
- Aplicación de una fuerza manual excesiva – Relacionados con el desarrollo tecnológico, métodos o procedimientos de trabajo.
- Tiempos de descanso insuficientes – Relacionados con la organización temporal del sistema de producción. (38)

La relación epidemiológica existente entre las exigencias biomecánicas y los DME presentada en 1997 por El Instituto Nacional para la Salud y Seguridad Ocupacional (NIOSH), muestra relaciones causales ante una exposición específica a factores de riesgo o frente a una larga duración en la exposición que puede ser fuerte, suficiente, insuficiente o con ausencia de relación causal. Uno de los objetivos de la ergonomía ha sido determinar límites aceptables para las cargas de trabajo muscular que podrían aplicarse para evitar la fatiga y las enfermedades.

La evaluación de la carga física en un puesto de trabajo, servirá para determinar si el nivel de exigencia física impuesta por la tarea y el entorno donde esta se desarrolla esta dentro de los límites fisiológicos y biomecánicos o por el contrario pudiera ser perjudicial para el individuo. (39)

Tabla 1. Riesgo de DME según segmento corporal.

Parte del cuerpo	Exigencia biomecánica	Fuerte evidencia	Evidencia suficiente	Evidencia insuficiente	Sin evidencia
Cuello y cintura escapular	Repetición	---	++	---	---
	Fuerza	---	++	---	---
	Postura	+++	---	---	---
	Vibración	---	---	+/0	---
Hombro	Repetición	---	++	---	---
	Fuerza	---	--	+/0	---
	Postura	---	++	---	---
	Vibración	---	---	+/0	---
Codo	Repetición	---	---	+/0	---
	Fuerza	---	++	---	---
	Postura	---	---	+/0	---
	Combinación	+++	---	---	---
Mano-Muñeca	Repetición	---	++	---	---
	Fuerza	---	++	---	---
	Postura	---	---	+/0	---
	Vibración	---	++	---	---
STC	Combinación	+++	---	---	---
Mano-Muñeca	Repetición	---	++	---	---
	Fuerza	---	++	---	---
	Postura	---	++	---	---
	Combinación	+++	---	---	---
Tendinitis	Repetición	---	++	---	---
	Fuerza	---	++	---	---
	Postura	---	++	---	---
	Combinación	+++	---	---	---

El efecto fisiológico de las pausas de descanso en un trabajo estado no estacionario (2160 kpm / min) fue estudiada. Un sujeto físicamente bien entrenado realiza en una hora a la cantidad total de 64 800 kpm en un cicloergómetro de trabajo intermitente con 0,5, 1, 2 o 3 min de períodos de trabajo y descanso. Se determinó el Consumo de O₂ total, ventilación pulmonar total, el número total de latidos del corazón y la concentración de ácido láctico en sangre durante la hora de trabajo y durante la recuperación. Se encontró que el trabajo pesado cuando se divide en períodos cortos de trabajo y de descanso (de 0,5 o 1 min de duración) se transformó a una carga submáxima en circulación y respiración que fue bien tolerado durante una hora. Con períodos más largos (de 2 o 3 minutos de duración) de trabajo se llega cerca del límite superior de rendimiento y sólo podría ser cumplida con un mayor esfuerzo. Estos resultados se discuten desde un punto de vista fisiológico y práctico. Para explicar los valores de ácido láctico bajos durante los cortos períodos de trabajo y descanso, se propuso que la

miohemoglobina tiene una importante función como una tienda de oxígeno durante períodos cortos de trabajo muscular pesado. (40)

Para la evaluación de la carga física de una tarea se pueden utilizar métodos para determinar el gasto energético, que se basan en la consulta de tablas, o la utilización de parámetros fisiológicos como la frecuencia cardiaca, consumo de energía.

Estos métodos han sido diseñados para determinar el gasto energético global.

10. ESTADO DEL ARTE.

A continuación se mencionan algunos estudios que hacen referencia al Vo2Max, ICCR, VO2R, TMTA y carga física de trabajo.

En Sanders y McCormick mencionan que el 35% de la capacidad aeróbica máxima es el límite para una persona para sostener un trabajo de 8 horas. Otros informes de la literatura dicen que aproximadamente el 33% de la capacidad aeróbica máxima. Se debe tener en cuenta que la mayoría de los estudios han utilizado cinta de correr o pruebas de ciclo ergómetro. (8).

T. Aminoff, J. Smolander, O. Korhonen and V. Louhevaara (15), refieren que niveles entre el 30 al 50% de VO2 máximo para trabajo físico han sido repetidamente dados como un aproximado de los límites aceptables para evitar el metabolismo anaeróbico durante un turno de trabajo de 8 horas. Las recomendaciones disponibles se basan principalmente en el desarrollo de la fatiga.

En 1957 Asmussen y Hemmingsen (41), realizaron un estudio donde buscaban conocer si era posible obtener la misma frecuencia cardíaca máxima con el trabajo de miembros superiores que con miembros inferiores y comparar la relación entre FC - VO2 en el trabajo de MMSS con el de MMII. Con este fin se realizaron pruebas en la banda sin fin para trabajo de piernas y con manivela para el trabajo de brazos, a diferentes inclinaciones. La FC y el VO2 fueron registrados constantemente. Uno de los hallazgos fue que la pendiente de la relación entre la FC y el VO2 resultó ser más inclinada para el trabajo con miembros superiores, que para el de miembros inferiores. Dentro de las conclusiones resaltan que no es posible estimar la capacidad aeróbica total para las piernas a partir de experimentos con trabajo de brazos y viceversa. Y finalizan indicando que “en las

personas normales la capacidad aeróbica es considerablemente menor en el trabajo de MMSS comparado con el de MMII.”

El VO₂máx varía ampliamente de un modo de trabajo a otro, y las respuestas subjetivas y las cardiovasculares dependen de la masa muscular activa y el tipo de ejercicio desempeñado (p.e manivela (mmss) versus pedaleo (MMII); Sargeant and Davies 1973, Lewis *et al.* 1983). En principio, el VO₂máx debe determinarse a través de un procedimiento que active los mismos músculos que se usan durante el trabajo para el que se está evaluando la capacidad física de trabajo. Si el VO₂ en el trabajo de músculos pequeños está relacionado con el VO₂máx, por ejemplo, en el ejercicio de bicicleta, el esfuerzo relativo será subestimado (Louhevaara *et al.* 1988, Pivarnik *et al.* 1988). Se sugiere que los límites para trabajo continuo en tareas de levantamiento deben basarse en el VO₂máx obtenido para esa tarea en particular y no en el VO₂máx obtenido de otra actividad como una prueba en una bicicleta ergométrica (Khalil *et al.* 1985). Sin embargo, la cuestión radica en si la carga física aceptable relativa es similar para las tareas que requieren grupos musculares más pequeños. (15)

En 1986 Astrand y Rodahl (9), refieren que la Monitorización de la frecuencia cardíaca (FC) para predecir el consumo de oxígeno ha sido ampliamente utilizada a nivel deportivo y en menor escala en el ámbito ocupacional. Este enfoque se basa en la relación lineal entre la captación de oxígeno y la frecuencia cardíaca ($HR \times V \& O_2$)

En 1995, Imbeau *et al* (29), llevó a cabo un estudio para comparar los obreros industriales, consumo de oxígeno entre las mediciones de campo y estimación de la frecuencia cardíaca, las cuales indicaron una tendencia de tipo lineal.

En 1998 Shimaoka *et al*, Christensen *et al.* 2000 (14), refieren que el ICCR es elegido con frecuencia como un indicador de la carga física de trabajo asociado

con el trabajo muscular dinámico. Esto se debe a que la FC en el trabajo se puede medir con mayor facilidad y menos costo que el VO₂, pero la FC se puede ver afectada por varios factores que no están relacionados con el trabajo físico (como el calor, la emoción, la nutrición y el estado de forma física). Estos factores deben ser considerados y controlados durante la percepción de los datos de FC de trabajo. Se ha demostrado que los datos de ICCR en un grupo se correlacionan con% VO₂max (ACSM 1995, Sjøgaard et al. 1996). Recientemente, en estudios se ha demostrado que el ICCR es equivalente a VO₂R, pero no a% VO₂máx (Swain y Leutholtz 1997, Pollock et al. 1998). En general, las tareas realizadas con el ICCR (o RVO₂) $\geq 30\%$ podrían considerarse que poseen una alta carga cardiovascular para una jornada laboral de 8 horas.

En 1992 Ilmarinen (44) Un estudio realizado a nueve hombres sanos (con edades entre los 54 y los 59 años) ejecutaron 30 minutos de ejercicio de pedaleo (miembros inferiores) y manivela (miembros superiores) en un ergómetro a cargas de trabajo relativas de 50 y 75% de consumo de oxígeno máximo (VO₂máx) para el grupo muscular correspondiente, y 60 minutos a cargas de trabajo relativas de 30% de VO₂máx para el grupo muscular correspondiente. Se indica un esfuerzo fisiológico mayor en el tiempo durante el ejercicio de miembros superiores que durante el de miembros inferiores a las mismas intensidades relativas para cada grupo muscular. Por lo tanto, la carga física aceptable, expresada como el VO₂máx para el grupo muscular correspondiente, debe ser menor durante el ejercicio de miembros superiores que durante el de miembros inferiores. En la literatura las recomendaciones para carga física aceptable han sido generalmente expresadas en términos del VO₂ como porcentaje de la capacidad aeróbica máxima, representando el balance entre la carga de trabajo y la capacidad cardiorrespiratoria. Se han recomendado repetidamente niveles entre el 30 y el 50% del VO₂máx al realizar trabajo físico para evitar el metabolismo anaeróbico durante jornadas laborales de 8 horas. Las recomendaciones disponibles son principalmente basadas en el desarrollo de fatiga en trabajo dinámico prolongado

usando grupos musculares grandes, (trabajo en cicloergómetro, caminatas en bandas sin fin o tareas de levantamiento de cargas).

En el estudio realizado por el Departamento de ingeniería industrial de Lousiana elaborado por Hardianto Iridiastani and Fereydoun Aghazadeh, titulado Physiological fatigue limit of combined manual materials handling tasks (8), tiene como objetivo determinar los valores límite de fatiga fisiológica (PFL) en tareas Combinadas de Manipulación Manual de Materiales (CMMH) mientras se manipula un peso máximo admisible de elevación (MAWL), y así comparar el límite de fatiga fisiológica o el peso máximo aceptable de carga expresadas como porcentajes de la capacidad aeróbica en caminadora y valores expresados como porcentajes de la capacidad aeróbica de manejo manual de materiales. Los resultados del estudio muestran que los valores límites de fatiga fisiológica del manejo manual de materiales son en promedio, aproximadamente el 25% de la capacidad aeróbica de los valores arrojados para cuerpo entero en la caminadora y el 35% de la capacidad aeróbica CMMH. Esta diferencia es estadísticamente significativa.

En el 2003 Hiilloskorpi, Pasanen, e at, (45), realizaron un estudio donde evalúan la capacidad de utilizar la relación entre frecuencia cardíaca y consumo máximo de oxígeno para estimar el gasto energético en actividades físicas de bajas a altas, con diferentes ecuaciones, basados en el ritmo cardíaco. Una de estas ecuaciones corresponde al ICCR. El objetivo era estudiar el valor predictivo de las distintas variables de la frecuencia cardíaca, los resultados muestran que la predicción del gasto energético estimado se vuelve más preciso si ICCR se utiliza en la ecuación. El método de ICCR se basa en la diferencia entre Frecuencia cardíaca de reposo y la frecuencia cardíaca máxima. En él se describe la capacidad aeróbica individual y se utiliza a menudo para describir el nivel de entrenamiento óptimo. La FC en reposo es menor en sujetos entrenados.

Diferentes estudios han establecido relaciones entre la frecuencia cardiaca relativa y VO₂ Relativo%. El American College of Sports Medicine (43), elaboro una investigación donde comprueba que la %FCR es equivalente a VO₂R% y no al % VO₂max, y que la discrepancia entre el% FCR y el % VO₂máx sería inversamente proporcional al nivel de condición física.

En 1996 Swain. D, Leutholtz. (46), realizaron un estudio en 63 adultos realizaron pruebas de ejercicio máximo en un cicloergómetro, donde se tomó la FC y VO₂ en reposo, al final de cada etapa de ejercicio, y se utiliza para realizar regresiones lineales entre FCR% y VO₂máx, y FCR% - VO₂R% para cada sujeto.

Como conclusión establecen que la FCR% no debe considerarse equivalente al VO₂máx. Más bien, FCR% es equivalente a VO₂R%, y esta relación se debe utilizar en la prescripción del ejercicio.

En cuanto a investigaciones tiempo máximo de trabajo aceptable existen algunos estudios, entre los cuales se encuentra el realizado por Wu Wang en el 2002 (14), en donde contaron con la participación de 12 taiwaneses, quienes realizaron una prueba de capacidad máxima en la que se estableció su VO₂ máximo, VO₂ relativo, FCmáx e ICCR. Los resultados mostraron que el TMTA tiene correlación negativa con %VO₂max, ICCR, Vo₂R. Adicionalmente se obtuvieron tres modelos exponenciales de la predicción del TMTA para describir las relaciones con respecto a las variables fisiológicas. Se observó en el estudio una disminución continua en TMTA con un aumento de la física carga de trabajo, con un aumento en la carga de trabajo físico, el TMTA disminuyó rápidamente en las cargas de trabajo más bajas, y luego se trasladó lentamente a mayores cargas de trabajo, el grado de variabilidad al definir la intensidad del ejercicio, fue mayor cuando se define en relación a valores de VO₂máx. Que cuando se utilizan valores de reserva ICCR o VO₂R, el TMTA acercó a cero a medida que la carga de trabajo físico se hizo muy pesada.

Ariza e Idrovo 2005 (47), El objetivo del estudio fue determinar la relación entre la carga física, expresada como frecuencia cardiaca relativa (FCR), y el tiempo máximo de trabajo aceptable (TMTA) en una población trabajadora colombiana (n=30) proveniente de un ambiente tropical.

los resultados mostraron que las variables fisiológicas se correlacionaron negativamente con el TMTA y que el 43% de los trabajadores no cumplían con TMTA.

11. MARCO LEGAL

En Colombia existe un marco legal que sustenta la realización de actividades laborales.

- Ley 9 de 1979, artículo 125 De la medicina preventiva.
- Resolución 2400/79: Ministerio de Trabajo, que establece el reglamento general de Seguridad e Higiene Industrial.
- El Decreto 2566 de 2009 del ministerio de la Protección Social, establece como enfermedades profesionales “otras lesiones ósteomusculares y ligamentosas: trabajos que requieran sobre esfuerzo físico, movimientos repetitivos y/o posiciones viciosas”
- Resolución 1016 de 1989 del Ministerio de Trabajo y seguridad Social, que en su artículo 10 establece que se deben “desarrollar actividades de Vigilancia Epidemiológica que incluirán como mínimo accidentes de trabajo, enfermedades profesionales y panorama de factores de riesgo”.
- Resolución 2346 de 2007 por la cual se regula la práctica de evaluaciones medicas ocupacionales y el manejo y contenido de las historias clínicas ocupacionales.
- Resolución 8430 de 1993 por la cual se establecen las normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación de la salud.

12. METODOLOGIA

12.1. MODELO DE INVESTIGACION.

Con el fin de dar cumplimiento a los objetivos propuestos se desarrolló una investigación cuantitativa. Apoyada en resultados obtenidos mediante las pruebas de esfuerzo que se realizaron a diferentes trabajadores.

12.2. TIPO DE ESTUDIO.

Correlación:

Porque tiene como objetivo medir el grado de relación entre el TIEMPO MAXIMO ACEPTABLE DE EXPOSICION Y CARGAS VARIABLES DE TRABAJO EJECUTADAS CON MIEMBROS SUPERIORES, en un contexto en particular.

12.3. POBLACION ESTUDIO Y MUESTRA.

La población de estudio corresponde a trabajadores de diferentes áreas del sector económico de la ciudad de Cali, mayores de edad.

La muestra fueron 30 personas trabajadoras que participan del proyecto voluntariamente. Por el teorema de límite central, un tamaño de muestra ≥ 30 se considera suficientemente grande.

12.4. TAMAÑO DE MUESTRA

Con base en la subrutina del programa estadístico (medcalc) y la subrutina tamaño de muestra para coeficiente de correlación, considerando un nivel de confianza del 95% (α igual 0.05) un poder del 80%, (β igual 0.20) y un coeficiente

de correlación esperado $\geq$ o igual a 0.7, el tamaño de muestra mínimo requerido para el estudio fue de 13, no obstante, se tomaron 30 trabajadores inicialmente, y para otras pruebas se consideran 15 (8 mujeres y 7 hombres). Ambos tamaños están dentro de los requerimientos de la muestra.

Se anexa la tabla que muestra diferentes tipos de error α y β según tamaño de muestra seleccionada.

Tabla 2 . Error α y β según muestra seleccionada.

Type I error - Alpha

☐ 0.20
☐ 0.10
☒ 0.05
☐ 0.01

Type II error - Beta

☒ 0.20
☐ 0.10
☐ 0.05
☐ 0.01

Input

Correlation coefficient:

Result

Minimal required sample size:

		Type I Error - Alpha			
		0.20	0.10	0.05	0.01
Type II Error - Beta	0.20	9	11	13	18
	0.10	12	14	17	23
	0.05	14	17	20	26
	0.01	20	24	27	35

12.5. CRITERIOS DE INCLUSION Y EXCLUSION

12.5.1. CRITERIOS DE INCLUSION

- ⊙ Trabajadores entre 20 y 40 años.
- ⊙ Conocer el estudio y haber aceptado el consentimiento informado.
- ⊙ Ser trabajadores del sector económico formal
- ⊙ Estar afiliados al sistema de salud (EPS)
- ⊙ Trabajadores que laboren 8 o más de ocho horas al día durante la semana.
- ⊙ Individuos sanos, aptos en el test de PART Q.

12.5.2. CRITERIOS DE EXCLUSION

- ⊙ Trabajadores menores de 20 años y mayores de 40 años.
- ⊙ Trabajadores con restricciones médicas para el ejercicio físico.
- ⊙ Trabajadores con restricciones absolutas o relativas para realizar pruebas de esfuerzo cardio respiratorio
- ⊙ No se incluyeron en del estudio a personas que entrenaban alguna disciplina deportiva más de 4 veces por semana.
- ⊙ Trabajadores que presentaban.
- ⊙ Trabajadores que no presentaran limitación en movimientos en miembro superior o enfermedades musculo esqueléticas en este mismo.

12.5.3. CRITERIOS DE EXCLUSIÓN DE LA POBLACIÓN EXPUESTA EN EL DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN.

Se excluyeron trabajadores que presentaron problemas de salud para la realización de la prueba como:

- Fiebre o deshidratación.
- Fatiga o Cansancio.
- Antecedentes de Trastornos cardiovasculares, respiratorios, metabólicos o endocrinos

13. MATERIALES Y METODOS

Un total de 30 trabajadores colombianos, fueron sometidos a distintas evaluaciones físicas y fisiológicas para determinar sus respuestas fisiológicas frente a una carga física de trabajo (Vo_{2max}), primero se realizó una revisión médica, lo cual se usó para determinar si la persona era apta para realizar las pruebas físicas o tenía restricciones médicas, se tomaron signos vitales, tamizaje de rangos de movilidad en miembros superiores, se calculó el peso y la estatura de los sujetos.

Los trabajadores admitidos en el estudio fueron aquellos que resultaron aptos en el test del PARQ, la revisión médica y aceptaron las condiciones del estudio.

Posteriormente fueron citados para iniciar las pruebas de laboratorio 15 trabajadores, los cuales continuaron el proceso de manera voluntaria, se procedió a la determinación de los signos vitales en reposo; se midió la frecuencia respiratoria, la frecuencia cardíaca y la presión arterial, a los participantes les sirvió para tener una mejor percepción sobre su estado de salud antes de someterlos a las pruebas, después de obtener los signos vitales, se inició la evaluación morfo funcional durante varias sesiones para realizar la prueba de esfuerzo sobre un cicloergómetro, esta actividad fue ejecutada por un médico. Para determinar el VO_2 máx. los sujetos realizaron una prueba de esfuerzo máximo por medio de un cicloergómetro marca monarck de miembro superior, esta prueba permitió estimar de manera directa la potencia aeróbica máxima (VO_{2max}) y a partir de ella calcular la capacidad de trabajo físico. Se siguieron los aspectos técnicos de la prueba descritos en el protocolo: no debe presentar fiebre o enfermedades cardíacas, no haber tomado estimulantes (café o bebidas de cola) y no haber consumido alimentos en las dos o tres horas previas a la prueba. El tiempo de la prueba dependía de cada individuo y su capacidad aeróbica. Para

medir el consumo de oxígeno Los sujetos realizaron la prueba con un detector de ritmo cardiaco. El VO2 máx. se reportó en ml/min.

Se usó estadística descriptiva para establecer medias y desviaciones estándar entre los datos antropométricos de los trabajadores y también entre el VO2 de miembros superiores y VO2 total. El análisis estadístico se realizó con el programa SPSS versión 13.

Se aplicaron para miembro superior un total de 240 pruebas para 15 personas con cargas de (50%, 40%, 30% y 20%) representadas en watts.

14. INSTRUMENTOS

Para la realización de la presente investigación se hizo uso de los siguientes instrumentos:

- Consentimiento informado.
- El test PARQ evalúa si se necesita pedir una revisión médica antes de hacer ejercicio físico. Se llama Test Par-Q (Physical Activity Readiness Questionnaire). Consta de siete preguntas, a las cuales hay que contestar sí o no.
- Formato de recolección de datos antropométricos y fisiológicos.
- Prueba de esfuerzo. Se realizó por medio de un cicloergómetro
- Ergo espirómetro Fírmate
- Cicloergómetro de miembros superiores.
- Pulsímetros polar RS 800
- Tensiómetros marca Tycos.

15. METODOS PARA REALIZAR LA PRUEBA DE ESFUERZO

Para llevar a cabo el proyecto de investigación se contó con la autorización de una institución para utilizar los equipos de medición y sus instalaciones, las cuales fueron idóneas para llevar a cabo el estudio.

Las instalaciones de la empresa prestadora de servicios de salud ocupacional contaba con los equipos necesarios para llevar a cabo las pruebas que se realizaron en el estudio. La empresa cuenta con el personal idóneo para atender cualquier eventualidad que pudiera presentarse (caídas, dolor muscular, fatiga o cansancio extremo, aumento de la frecuencia cardíaca, aumento de la presión arterial, isquemia cardíaca si existe algún antecedente previo de enfermedad coronaria, síncope).

La prueba fue desarrollada por la investigadora principal en compañía de su director de tesis.

- Se mide el consumo de oxígeno máximo para cuerpo entero y miembros superiores.
- Se estableció la carga en vatios a la cual se alcanzó el consumo máximo de oxígeno, para cada individuo.
- Se calculó el 50%, 40%, 30% y 20% de la carga máxima alcanzada para cada individuo en vatios
- Se midió el VO₂ máximo, FC, ICCR y VO₂ relativo para miembro superiores.

Se expuso a cada individuo a las diferentes cargas en vatios así

- a. Día uno 50% de la carga para miembros superiores
- b. Día dos 40% de la carga para miembros superiores
- c. Día tres 30% de la carga para miembros superiores

d. Día cuatro 20% de la carga para miembros superiores.

- Se midió la frecuencia cardiaca y el consumo de oxígeno durante la exposición a cada carga.
- Se utilizó la frecuencia cardiaca y el consumo de oxígeno como indicadores de estabilización del individuo en cada carga.
- Se midió el tiempo de permanencia en la carga sin que se presenten cambios de más de 10 latidos por minuto en la frecuencia cardiaca. Cuando la frecuencia cardiaca aumento en más de 10 latidos por minuto se suspendió la carga y se establecieron los valores de frecuencia cardiaca, consumo de oxígeno como los valores límites y el tiempo como el tiempo máximo aceptable de exposición a la carga.
- Cuando el tiempo de exposición a la carga fue mayor a una hora se estableció un periodo de reposo de 10 minutos para cada individuo cada hora.
- Se dio hidratación horaria a cada individuo con líquidos hidratantes isotónicos, 500 cc por hora.
- La temperatura ambiente se mantuvo en un rango entre 21 a 23 grados centígrados.
- No se midió la velocidad del aire, sin embargo las pruebas se hicieron en un recinto cerrado acondicionado térmicamente.

16. VARIABLES

VARIABLES	TIPO	NIVEL DE MEDICION	DEFINICION	UNIDAD DE MEDIDA
Edad	Cuantitativa	De razón	Años cumplidos según documento	Años
Peso	Cuantitativa	De razón	Masa del cuerpo	kilogramos
Talla	Cuantitativa	De razón	Estatura de una persona	Centímetros.
IMC	Cuantitativa	De razón	Herramienta útil para valorar el estado de adiposidad corporal y estado nutricional de los sujetos.	Kg/mt2
Genero	Cualitativa	Nominal		Masculino Femenino.
Capacidad aeróbica máxima (VO2)	Cuantitativa	De razón	La capacidad máxima del organismo para metabolizar el oxígeno en la sangre (máx. transporte de oxígeno que el organismo puede transportar en un minuto).	Kg*min
Carga máxima en vatios	Cuantitativa	De razón	Unidad de la potencia. Potencia	Watts. (m/kg/sg)

			requerida para realizar un trabajo.	
Frecuencia cardiaca	Cuantitativa	De razón	Numero de pulsaciones por minuto.	Numero de pulsaciones.
VO2 relativo	Cuantitativa	De razón		%
ICCR	Cuantitativa	De razón	El índice de costo cardiaco relativo es un indicador que valora el costo en latidos por minuto que implica a un individuo, realizar una actividad partiendo desde el reposo y teniendo en cuenta la edad.	%
Tiempo de trabajo aceptable	Cuantitativa	De razón	Carga de trabajo físico que puede ser soportada por un trabajador durante una jornada laboral,	Minutos.

			sin llegar a ocasionarle fatiga.	
Carga de trabajo en VATIOS 50%, 40%, 30% y 20%	Cuantitativa	De razón.		%

17. PROCEDIMIENTO

Fase I

Revisión de la literatura científica.

Se realizó una búsqueda y revisión de la literatura científica con el objetivo de identificar publicaciones relevantes para el tema objeto de estudio de esta investigación.

Fase II

Socialización de la investigación al grupo objeto.

Se realizó reunión con diferentes trabajadores que deseaban participar en la investigación de manera voluntaria, se contextualizó y expuso el objetivo de la investigación, su importancia, pertinencia y relevancia.

Fase III

Reclutamiento y selección de la muestra: se tomaron en un inicio una muestra de 30 personas (trabajadores), los cuales deberán cumplir con los criterios de inclusión, la participación fue estrictamente voluntaria y se garantizó la confidencialidad del resultado de las pruebas, a cada instrumento se le asignó un número y se guardó en carpetas en un archivo. Posterior a la toma de datos de 30 personas, se realizaron las pruebas de laboratorio con 15 personas.

Fase IV

Consentimiento informado: documento escrito que se diligencio por parte de los participantes que hacen parte de la muestra y que estuvieron dispuestos a ser parte de la investigación. Se explicó los posibles efectos físicos que podrán sentir durante la prueba y posterior a ella.

Fase V

Aplicación de pruebas: las pruebas se aplicaron en un lugar con todas las condiciones físicas adecuadas (espacio, privacidad, nivel de temperatura, equipo de primeros auxilios), Se eliminaron en lo posible los estímulos exteriores como ruido, corrientes de aire, material particulado, conversación, vista a sitios con mucho tráfico de vehículos o personas, etc. Se retiraron las personas ajenas a la prueba. La temperatura ambiental se mantuvo entre los $+20^{\circ}\text{C}$ a $+22^{\circ}\text{C}$, con una humedad relativa del ambiente no mayor a 60%. La prueba se inicia con una carga baja que se incrementa periódica y regularmente hasta una carga máxima tolerada por el individuo y cuando la frecuencia cardíaca supere el 90% de la frecuencia cardíaca máxima calculada o se alcance la misma, o por algún evento clínico que amerite la suspensión de la prueba como mareo o vértigo, lipotimia, hipotensión arterial, dolor precordial, disnea marcada, bronco constricción, síncope.

30 y posteriormente 15 individuos voluntarios (7 hombres, 8 mujeres) fueron seleccionados como sujetos. Trabajadores colombianos de diferentes actividades económicas, sanos con edades de entre 20 y 40 años. Su talla corporal coincidía con la distribución típica de altura del cuerpo del trabajador colombiano. Su ICCR, FC_{máx}, VO_{2R}, VO_{2max} y W_{max} fueron medidos en la prueba de capacidad máxima. Todos los sujetos fueron informados en detalle sobre el estudio para la participación. Ellos dieron su consentimiento por escrito para indicar el conocimiento de los procedimientos experimentales y su disposición a participar en el estudio. Se contó con los equipos necesarios para la realización de la prueba como lo son la cicloergómetro para miembro superior, ergo espirómetro, pulsímetro, elíptica, para la realización de la prueba de esfuerzo la cual fue aplicada por parte de la investigadora en compañía de su director de tesis y médico.

Fase VI

Procesamiento de la información: La información recolectada se llevo a una base de datos Excel. El análisis estadístico de los datos se utilizó el paquete estadístico SPSS versión 13.0.

Inicialmente se hizo un análisis exploratorio de cada una de las variables incluidas en el estudio para observar posibles inconsistencias y datos faltantes. En el análisis univariado se utilizaron métodos estadísticos descriptivos. Para las variables categóricas se reportaron frecuencias absolutas y porcentaje. Para las variables numéricas calcularon estadísticos como promedio aritmético, mediana, percentiles y desviación estándar.

Para el análisis bivariado se utilizó la prueba de significación estadística paramétrica t de Student para las comparaciones entre hombres y mujeres. En el análisis de correlación se ajustaron modelos exponenciales y se calculó el coeficiente de determinación. Se utilizó el modelo de regresión lineal simple para las variables que correlacionaban Vo2max e ICCR y así mismo Vo2R- ICCR.

Se estableció a priori un nivel de significación estadística $\alpha=0,05$. Un valor p menor de 0.05 fue considerado como diferencias estadísticamente significantes.

Fase VII

Análisis de resultados: Los resultados arrojados en las pruebas serán consignados en el software SPSS versión 13.0 para su debido procesamiento a través del cual se generó el informe preliminar con el resultado de los cálculos realizados por el programa informático, presentados a través de matrices y gráficas que facilitan el análisis de la información y permitirán determinar los tiempos máximos aceptables de exposición a cargas de trabajo en miembros superiores en diferentes trabajadores.

Fase VII

Socialización de resultados: presentación de los resultados en el programa de maestría en salud ocupacional de la universidad del Valle y a los participantes de la investigación.

18. CRITERIOS ETICOS.

Los trabajadores que participaron en esta investigación pertenecen a diferentes sectores económicos de la ciudad de Cali; de los trabajadores que cumplieron los criterios de inclusión se obtuvo la muestra aleatoriamente. Los trabajadores seleccionados participaron de forma voluntaria, previa explicación de los objetivos del estudio, además se les informo que tipo de pruebas se les realizo y que se buscaba medir con ellas, los posibles efectos que podían presentar al realizarlas, y para que se utilizó la información obtenida en esta investigación.

Al inicio de la prueba se firmó el consentimiento informado, y también se tomaron los signos vitales y se les realizo una demostración de cómo se ejecutaría la prueba, se corrobora que esto fuera comprendido por los participantes, además se contó con un botiquín de primeros auxilios en caso de ser necesario, un médico y un paramédico los cuales estuvieron presentes durante toda la prueba, en caso de que ocurriera un evento adverso.

Las pruebas se realizaron por parte de la investigadora, en compañía del director de tesis, todas las personas culminaron las pruebas, no se hubo ningún riesgo o daño para la salud, todos los trabajadores estaban afiliados a la EPS.

Los resultados obtenidos se presentaran en información grupal y reflejan la situación general del grupo, sin hacer mención de datos particulares cada formato de valoración tiene asignado un código para que no quede registro del nombre de las participantes. Los hallazgos del estudio serán socializados a la Institución y a los trabajadores y serán utilizados para fines académicos.

Según la resolución 8430 de 1993 en el artículo 11 esta investigación estuvo enmarcada en la categoría de riesgo mayor que el mínimo, debido a que se realizaron pruebas de esfuerzo máximo, se aclara que se realizó en individuos sanos, y como se señaló anteriormente no hubo que suspender ninguna prueba.

19.RESULTADOS.

La información general corresponde a 30 trabajadores de diferentes áreas de la economía. Se empleó el programa SPSS versión 13.0 para el cálculo descriptivo de las variables antropométricas. La toma de datos se realizó entre febrero y marzo de 2014.

19.1. Análisis univariable

Tabla 3. Características antropométricas de la población estudiada.

Características	Descriptivas	Valor_p
EDAD (años) n	30	-
Media $\pm$ Desviación estándar	24,2 $\pm$ 4,0	
Rango	22 – 37	
Mediana	27,5	
Rango intercuartil	25 - 32	
EDAD HOMBRES (años) n	13	0,645
Media $\pm$ Desviación estándar	28 $\pm$ 4,5	
Rango	22 – 34	
Mediana	26	
Rango intercuartil	24 - 33	
EDAD MUJERES (años) n	17	
Media $\pm$ Desviación estándar	28,7 $\pm$ 3,7	
Rango	23 – 37	
Mediana	28	
Rango intercuartil	26 - 31	
TALLA (cm) n	30	-
Media $\pm$ Desviación estándar	168,8 $\pm$ 6,2	

Rango	157 – 181	
Mediana	168	
Rango intercuartil	164,7 -173,2	
TALLA HOMBRES (cm) n	13	
Media ± Desviación estándar	173,4 ± 5,0	
Rango	165 – 181	
Mediana	173	
Rango intercuartil	169,0 – 178,5	<0,001 (*)
TALLA MUJERES (cm) n	17	
Media ± Desviación estándar	165,3 ± 4,5	
Rango	157 - 175	
Mediana	165	
Rango intercuartil	162 - 168	
PESO (años) n	30	
Media ± Desviación estándar	65,8 ± 7,7	---
Rango	54 – 85	
Mediana	64	
Rango intercuartil	60,5 – 70,2	
PESO HOMBRES (años) n	13	
Media ± Desviación estándar	68,4 ± 8,9	0,100
Rango	54 - 85	
Mediana	68	
Rango intercuartil	63,5 – 76,5	
PESO MUJERES (años) n	17	
Media ± Desviación estándar	63,7 ± 6,1	

Rango	57 – 78	
Mediana	63	
Rango intercuartil	63 – 65,5	
IMC (Kg./m2) n	30	
Media ± Desviación estándar	23,3 ± 2,84	
Rango	18,3 – 28,7	
Mediana	23,3	
Rango intercuartil	20,9 – 24,9	
IMC HOMBRES (Kg./m2) n	13	0,264
Media ± Desviación estándar	22,6 ± 2,6	
Rango	18,3 – 26,8	
Mediana	22,97	
Rango intercuartil	22,2 – 24,6	
IMC MUJERES (Kg./m2) n	17	
Media ± Desviación estándar	23,8 ± 2,9	
Rango	20,1 – 28,7	
Mediana	24,2	
Rango intercuartil	20,9 – 25,6	
PESO GRASO	30	
Media ± Desviación estándar	12,8 ± 6,2	
Rango	2,8 – 28,5	
Mediana	13,2	
Rango intercuartil	6,2 – 16,6	
PESO GRASO HOMBRES () n	13	(0,028)*
Media ± Desviación estándar	10 ± 7,3	

Rango	2,8 – 28,5	
Mediana	6,3	
Rango intercuartil	5,2 – 15	
PESO GRASO MUJERES () n	17	
Media ± Desviación estándar	14,9 ± 4,3	
Rango	4,8 – 23,6	
Mediana	15,2	
Rango intercuartil	12,5 – 17,0	
% GRASA	30	
Media ± Desviación estándar	18,3 ± 9,06	
Rango	4,7 – 36,0	<0,001 (*)
Mediana	20,1	
Rango intercuartil	8,4 – 25,0	
% GRASA HOMBRES () n	13	
Media ± Desviación estándar	11 ± 5,9	
Rango	4,7 – 22,7	
Mediana	8,5	
Rango intercuartil	6,7 – 16	
% GRASA MUJERES () n	17	
Media ± Desviación estándar	23,9 ± 6,7	
Rango	7,7 – 36,0	
Mediana	24,8	
Rango intercuartil	21,2 – 27,9	
PESO MUSCULAR	30	
Media ± Desviación estándar	30,3 ± 8,6	

Rango	18,0 – 51,5	
Mediana	27,3	
Rango intercuartil	24,2 – 35,1	
PESO MUSCULAR HOMBRES () n	13	
Media ± Desviación estándar	34,4 ± 7,2	
Rango	24,8 – 51,5	
Mediana	32,7	
Rango intercuartil	30,1 – 38,4	
PESO MUSCULAR MUJERES () n	17	(0,019)*
Media ± Desviación estándar	27,1 ± 8,4	
Rango	18 – 50	
Mediana	24,5	
Rango intercuartil	21,8 – 27,3	
% MUSCULAR	30	
Media ± Desviación estándar	45,6 ± 10,6	
Rango	29,2 – 68,2	
Mediana	43,1	
Rango intercuartil	37,2 – 51,3	
% MUSCULAR HOMBRES () n	13	
Media ± Desviación estándar	51,6 ± 8,01	
Rango	41,9 – 67,8	
Mediana	50,1	
Rango intercuartil	46,4 – 53,6	
% MUSCULAR MUJERES () n	17	0,004(*)
Media ± Desviación estándar	41,0 ± 10,1	

Rango	29,2 – 68,2	
Mediana	38,0	
Rango intercuartil	35,7 – 42,4	

(*) Diferencias estadísticamente significantes

El 56.6% de la población está representada por el género femenino, mientras que el 43.4% de la población pertenece al género Masculino.

Respecto a la edad de los trabajadores en el estudio se encontró que el rango oscilaba entre 22 y 37 años, con una media de 24 años.

Dentro de las características corporales de los participantes, con respecto a la estatura, se observó una talla promedio de 169 cm, siendo la media para las mujeres de 165,3 y para los hombres 173,4. De las características corporales de los trabajadores en esta fue la que se observó diferencias estadísticamente significantes.

Se encontró que el peso corporal de los trabajadores está en un promedio de 66 Kg, siendo el peso mínimo 54 Kg. y el máximo 85 Kg y la media para hombres 68 kg y para mujeres 64 kg.

De acuerdo al Índice de Masa Corporal de la población trabajadora se puede concluir que se encuentra dentro de los valores normales de peso saludable con una media de 24. Siendo 22,6 para los hombres y 23,8 para las mujeres.

El peso graso osciló entre 2,8 y 28,5 kg las mujeres tienen rangos más elevados de peso graso que los hombres: la media de las mujeres es 14,9 kg y los hombres 10 kg. La misma tendencia se observa en el % graso, en donde el rango es de 4,7% a 36%, se observó porcentaje de grasa en hombres del 11% y en mujeres del 23,9% con un valor $p < 0,001$. No se observó sobrepeso en los participantes en el estudio.

El peso muscular osciló entre 18,0 – 51,5 kg, con una media de 30,3 kg; para las mujeres la media fue de 27,1 kg y para los hombres de 34,4 kg.

La media de peso muscular de 45.6%, para los hombres 51,6% y para las mujeres 41%. se observaron entre los géneros diferencia significativas valor $p=0,004$.

Tabla 4. Características de medición del VO2.

Características	Descriptivas	Valor_p
VO2 MMSS	30	-
Media $\pm$ Desviación estándar	21,0 $\pm$ 4,0	
Rango	13,6 – 27,9	
Mediana	20,6	
Rango intercuartil	17,4 - 23,9	
VO2 MMSS HOMBRES () n	13	<0,001
Media $\pm$ Desviación estándar	24,6 $\pm$ 2,5	
Rango	20,6 – 27,9	
Mediana	24,6	
Rango intercuartil	22,4 – 27,3	
VO2 MMSS MUJERES () n	17	
Media $\pm$ Desviación estándar	18,3 $\pm$ 2,4	
Rango	13,6 – 23,1	
Mediana	17,6	
Rango intercuartil	16,7 – 20,4	
VO2 TOTAL	30	...
Media $\pm$ Desviación estándar	30,4 $\pm$ 5,5	
Rango	20,5 – 41,2	

Mediana	29,2	
Rango intercuartil	26,6 – 34,6	
VO2 TOTAL HOMBRES () n	13	
Media ± Desviación estándar	34,9 ± 4,4	
Rango	26,1 – 41,2	
Mediana	34,9	
Rango intercuartil	32,0 – 38,2	<0,001 (*)
VO2 TOTAL MUJERES () n	17	
Media ± Desviación estándar	27,1 ± 3,5	
Rango	20,5 – 33,5	
Mediana	28,5	
Rango intercuartil	24,1 – 29,2	

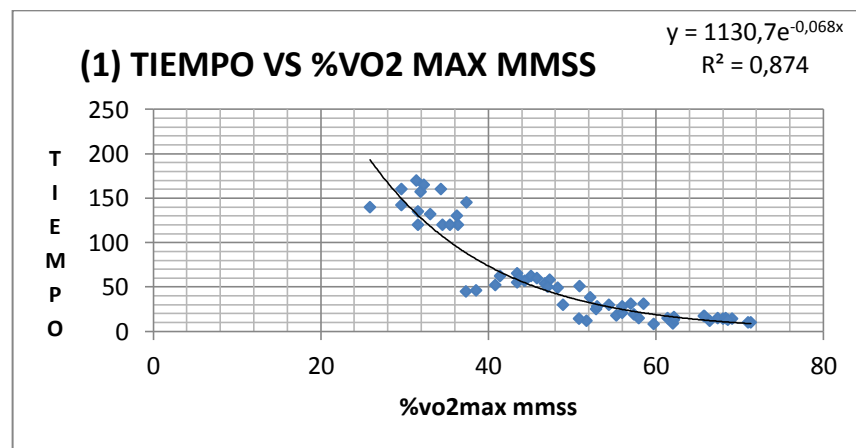
Se observó que la capacidad aeróbica VO2 de miembros superiores se encuentra en un rango entre 13,6 y 27,9 ml/kg-min, con una media para los hombres de 24,6 ml/kg-min y para las mujeres de 18,3 ml/kg-min. Siendo la capacidad aeróbica de miembro superior en los hombres mayor que el de las mujeres, observándose un valor $p < 0,001$ es decir una diferencia estadísticamente significativa.

19.2. Análisis de correlación.

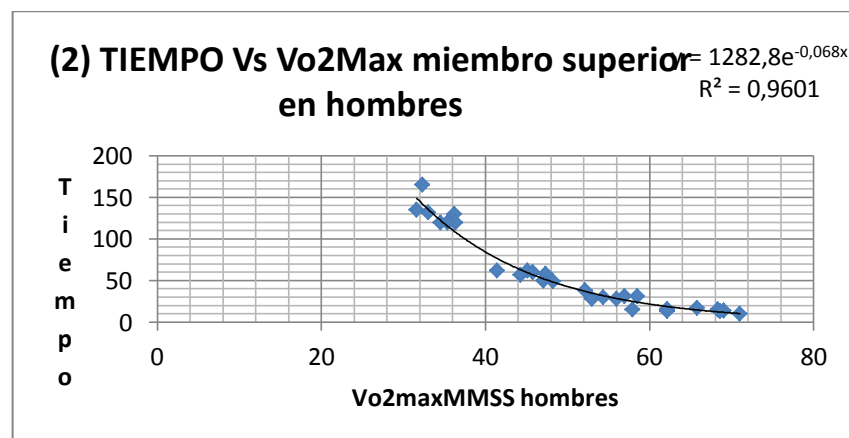
Para el diseño del trabajo seguro, es necesario conocer el tiempo de trabajo máximo aceptable (TMTA) para una carga de trabajo determinada. El objetivo fue establecer la relación entre TMTA y carga de trabajo físico. Pruebas de cicloergómetro para brazos con cuatro cargas de trabajo diferentes en watts (20%, 30%, 40%, 50%) a la capacidad máxima de trabajo personal se realizaron por 15 adultos en el laboratorio (8 mujeres y 7 hombres). El consumo de oxígeno (VO2) en la capacidad aeróbica máxima (% VO2máx), índice de costo cardiaco

relativo (%ICCR) y el consumo de oxígeno relativo (%VO2R) fueron recogidos durante todo el ensayo. TMTA se determinó mediante la observación de la frecuencia cardíaca y los datos enunciados anteriormente durante la prueba. La relación entre TMTA y carga de trabajo físico se obtuvo por análisis de regresión. Los datos experimentales y las curvas ajustadas se muestran en las tablas y gráficos expuestos a continuación:

GRAFICA 1 . Relación entre tiempo de trabajo y %VO2 máximo de miembros superiores en trabajadores de la ciudad de Cali expuestos a diferentes cargas de trabajo.



GRAFICA 2 . Relación entre tiempo de trabajo y %VO2 máximo de miembros superiores hombres trabajadores de la ciudad de Cali expuestos a diferentes cargas de trabajo.



GRAFICA 3 . Relación entre tiempo de trabajo y %VO2 máximo de miembros superiores mujeres trabajadoras de la ciudad de Cali expuestas a diferentes cargas de trabajo.

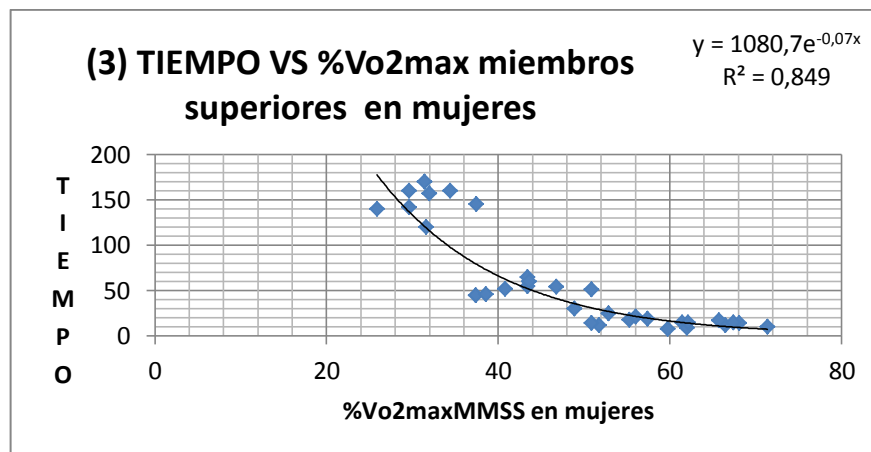


Tabla 5 . TMTA VS VO2 MAX

	50% VO2max MMSS	40% VO2max MMSS	30% VO2max MMSS	20% VO2max MMSS
TMA global (min)	38	74	147	290
TMA Mujeres(min)	33	66	132	266
TMA Hombres (min)	43	84	167	329

En la tabla 5 se muestra la comparación correspondiente entre TMTA y el porcentaje de VO2Max, para diferentes variables, en donde los resultados de los tiempos de exposición varían de acuerdo a la carga suministrada, a mayor carga de trabajo menor tiempo de ejecución y mayor esfuerzo físico, para las diferentes variables se muestra una diferencia de tiempo entre hombres y mujeres que tiende a disminuir con el aumento de la carga, haciéndose más visible la diferencia en la carga correspondiente al 20% VO2max MMSS, esto se puede corroborar en la información que suministra la gráfica 1, 2 y 3, donde para cada una de ellas se

observa una tendencia de tipo exponencial que se explica por la formula
provenida esta misma. Para cada derivación se utilizaron las siguientes formulas:

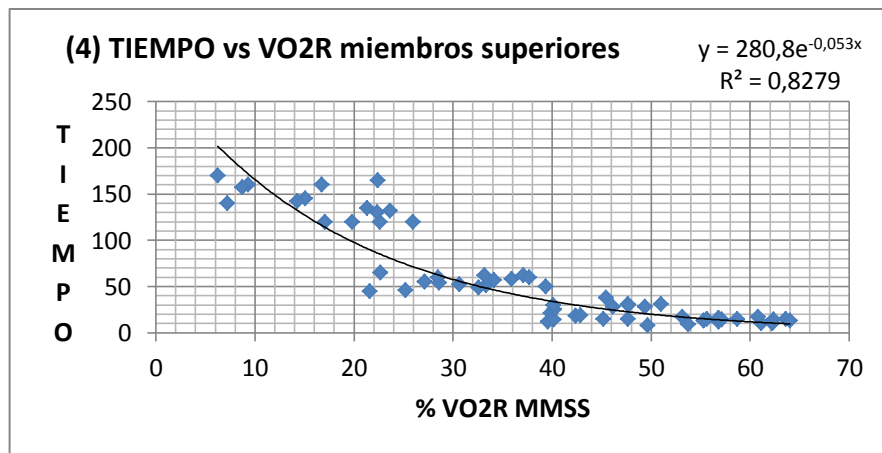
$$(1): y = 1130,7e^{-0,068x} = 0,874$$

$$(2): y = 1282,8e^{-0,068x} = 0,960$$

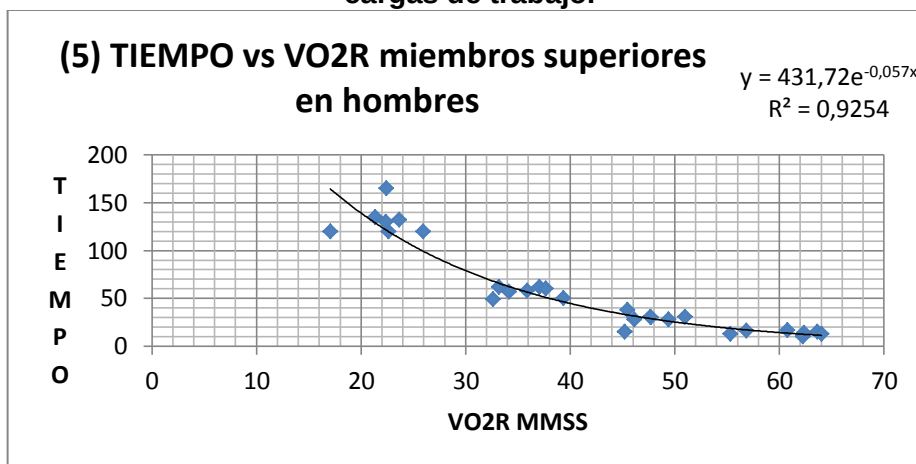
$$(3): y = 1080,7e^{-0,068x} = 0,849$$

Se muestra que para cada uno de los casos hay una alta correlación entre las variables, se observa una pequeña diferencia entre hombres y mujeres, sin embargo ambos géneros presentan el mismo comportamiento.

GRAFICA 4 . Relación entre tiempo de trabajo y % VO2 Relativo de miembros superiores en trabajadores de la ciudad de Cali expuestas a diferentes cargas de trabajo.



GRAFICA 5 . Relación entre tiempo de trabajo y % VO2 Relativo de miembros superiores en hombres trabajadores de la ciudad de Cali expuestas a diferentes cargas de trabajo.



GRAFICA 6 . Relación entre tiempo de trabajo y % VO2 Relativo de miembros superiores en mujeres trabajadoras de la ciudad de Cali expuestas a diferentes cargas de trabajo.

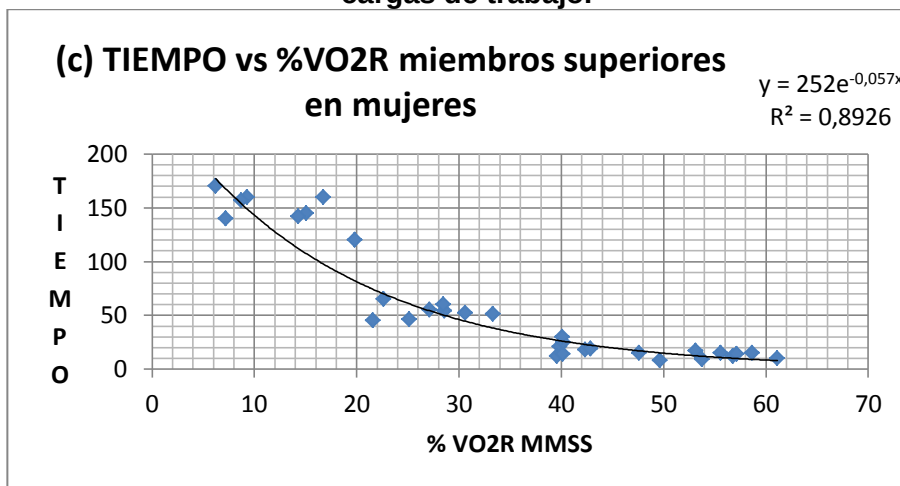


Tabla 6. TMTA VS %VO2R

	50% VOR	40% VOR	30% VOR	20% VOR
TMA global minutos	20	34	57	97
TMA Hombres minutos	25	44	78	138
TMA Mujeres minutos	14,5	26	45,5	80,5

Las gráficas 4, 5 y 6, mostraron una tendencia de tipo exponencial que se explica por las formulas:

$$(4): y = 280,8e^{-0,052x} = 0,82$$

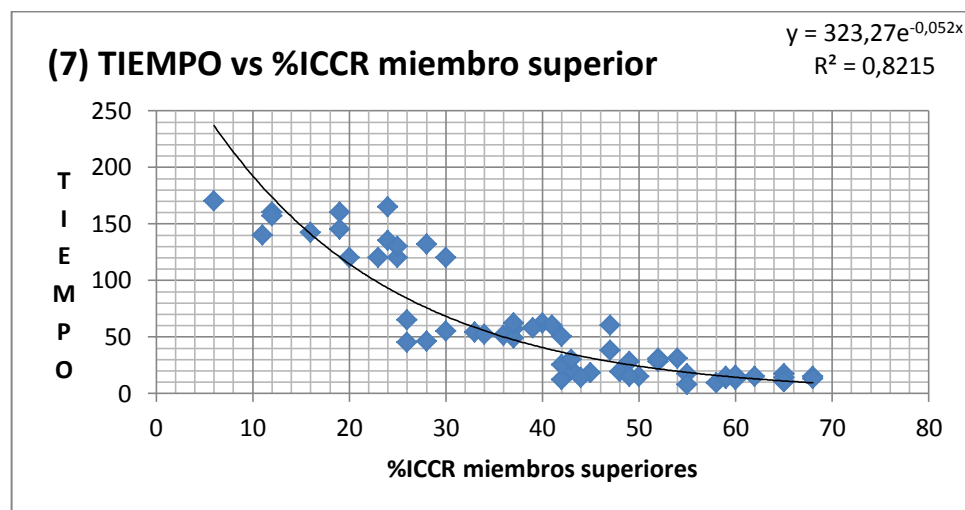
$$(5): y = 431,72e^{-0,057x} = 0,92$$

$$(6): y = 252e^{-0,057x} = 0,89.$$

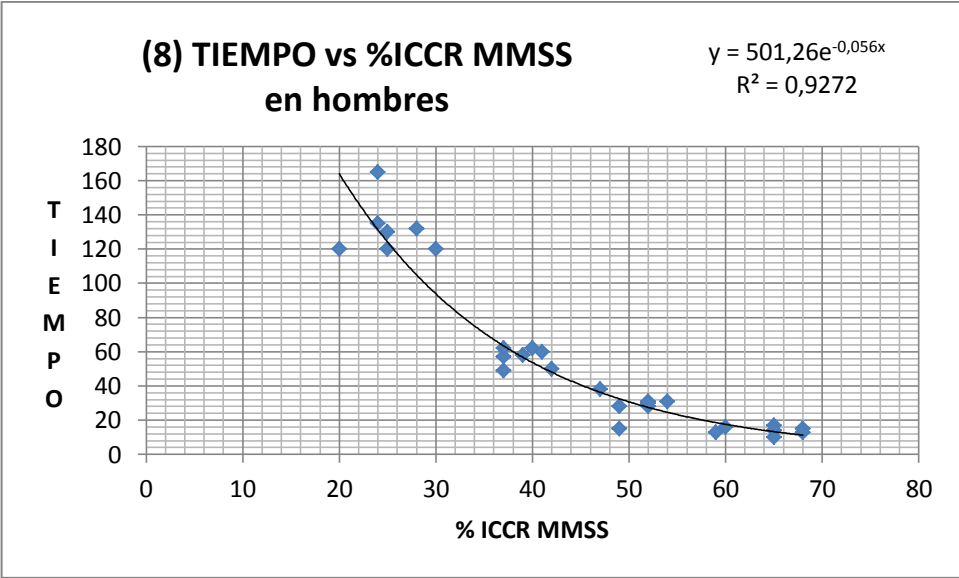
En donde se observan altos grados de correlación para cada una de las variables.

Se observa mayor grado de dispersión en las cargas más bajas de trabajo (20 – 30%) corroborándose esta información con la tabla 6, la cual muestra que a menor carga de trabajo mayor diferencia de tiempos entre hombres y mujeres, esta tabla también muestra valores menores de tiempo comprada con la tabla 5.

GRAFICA 7 . Relación entre tiempo de trabajo e índice de costo relativo (ICCR) en miembros superiores en trabajadores de la ciudad de Cali expuestos a diferentes cargas de trabajo.



GRAFICA 8 . Relación entre tiempo de trabajo e índice de costo relativo (ICCR) en miembros superiores en hombres trabajadores de la ciudad de Cali expuestos a diferentes cargas de trabajo.



GRAFICA 9 . Relación entre tiempo de trabajo e índice de costo relativo (ICCR) en miembros superiores en mujeres trabajadoras de la ciudad de Cali expuestos a diferentes cargas de trabajo.

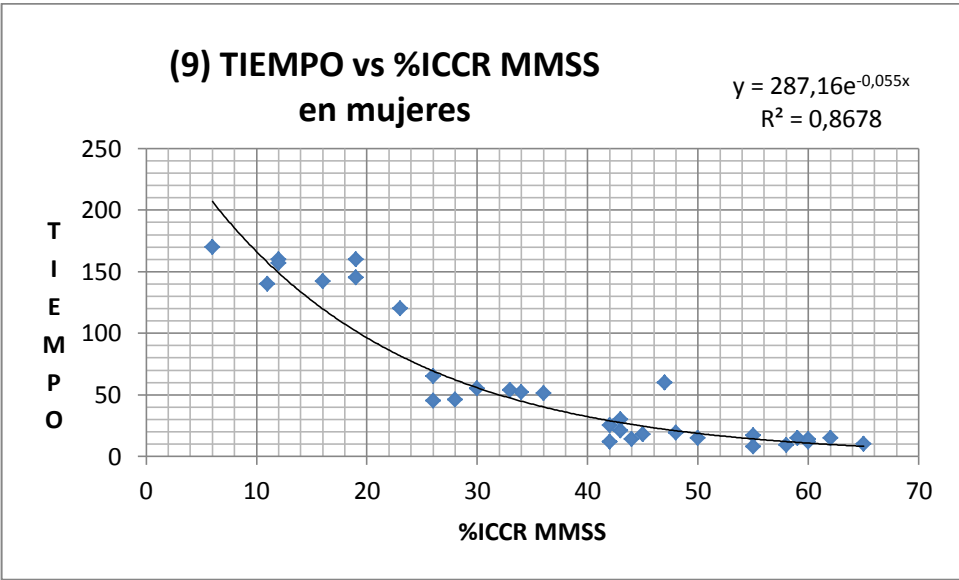


Tabla 7 . TMTA VS %ICCR

	50% ICCR	40% ICCR	30% ICCR	20% ICCR
TMA global (min)	24	40	68	114
TMA Hombres (min)	30,48	53	93,42	163,55
TMA Mujeres (min)	18,36	32	55	95,59

Los resultados entre el tiempo de trabajo y el índice de costo cardiaco relativo (ICCR) en miembros superiores graficas (7), (8) y (9), mostraron una tendencia de tipo exponencial que se explica por las siguientes formulas:

$$(7): y = 223,7e^{-0,052x} = 0,82.$$

$$(8): y = 501,2e^{-0,056x} = 0,92.$$

$$(9): y = 287,1e^{-0,055x} = 0,86.$$

Se observa una correlación alta para cada una de las variables, correspondiendo el valor mayor a la gráfica 8. Esta disposición se observa también para los gráficos 2 y 5.

La tabla 7 muestra el mismo comportamiento que se observa en las tablas 5 y 6, teniendo en cuenta que los resultados para cada una de estas variables es diferente en las tablas.

Para las gráficas anteriores (1, 4 Y 7) se utilizó entonces % VO2max, %ICCR y %VO2R como las medidas de la carga de trabajo físico. La relación entre TMTA y carga de trabajo físico se obtuvo por análisis regresión, mostrando para todas una tendencia exponencial.

La característica común de los tres modelos presentados en las gráficas 1, 4 y 7 son:

- (1) Se observó una disminución continua en TMTA con un aumento de la física carga de trabajo.

(2) Con un aumento en la carga de trabajo físico, el TMTA disminuyó rápidamente en las cargas de trabajo más bajas, y luego se trasladó lentamente a mayores cargas de trabajo.

(3) El grado de variabilidad al definir la intensidad del ejercicio, fue mayor cuando se define en relación a valores de VO_2 máx. Que cuando se utilizan valores de reserva ICCR o VO_2R .

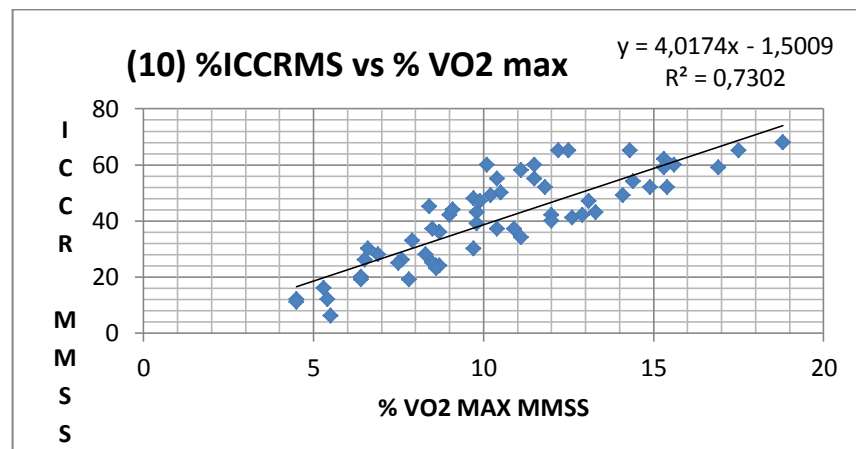
(3) TMTA acercó a cero a medida que la carga de trabajo físico se hizo muy pesada.

(4) Los hombres siempre obtuvieron las correlaciones más altas.

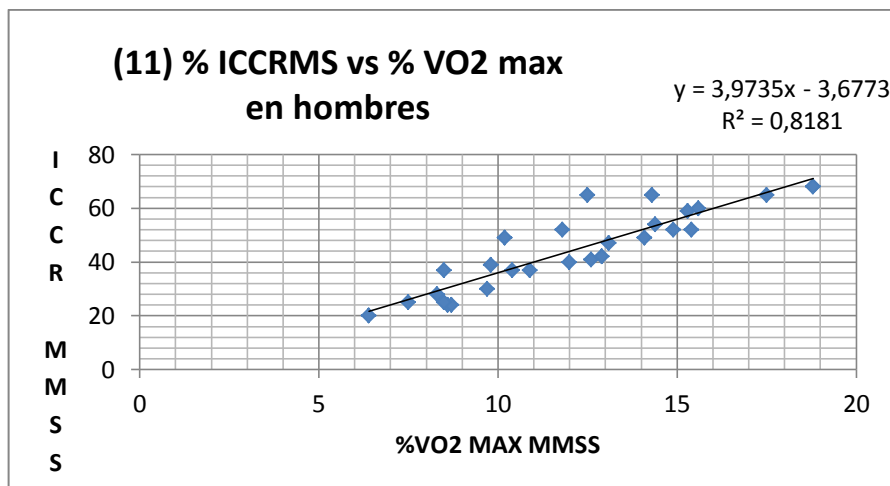
(5) Los valores obtenidos en tiempos teniendo en cuenta % VO_2 Max fueron mayores que los obtenidos para % VO_2R y %ICCR,

Los valores obtenidos y representados por medio de las gráficas 1,4 y 7 muestran la siguiente correlación entre TMTA y VO_2 máx.(87%), VO_2R (82%), % ICCR (82%) y W_{max} (93%).

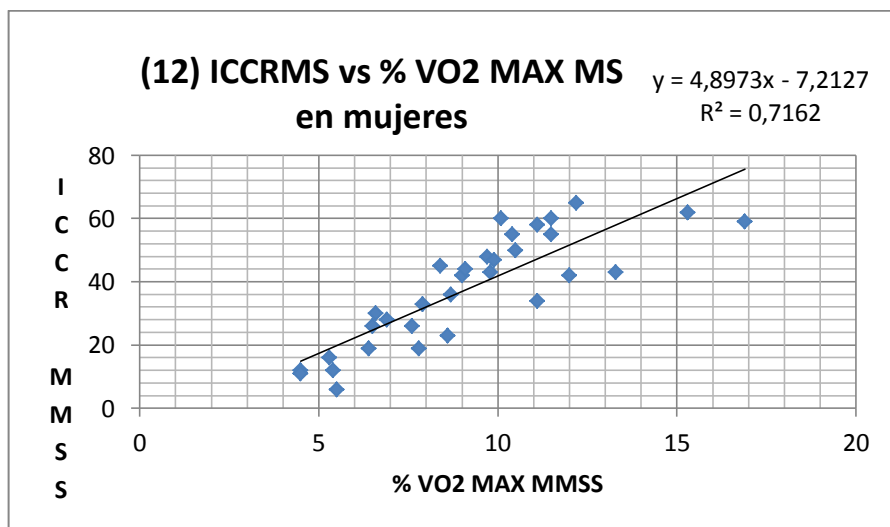
GRAFICA 10. Relación entre índice de costo cardiaco relativo (ICCR) y VO_2 máximo en miembros superiores en trabajadores de la ciudad de Cali expuestos a diferentes cargas de trabajo.



GRAFICA 11 . Relación entre índice de costo cardiaco relativo %(ICCR) y VO2 máximo en miembros superiores en hombres trabajadores de la ciudad de Cali expuestos a diferentes cargas de trabajo.



GRAFICA 12 . Relación entre índice de costo cardiaco relativo %(ICCR) y %VO2 máximo en miembros superiores en mujeres trabajadoras de la ciudad de Cali expuestas a diferentes cargas de trabajo.



Las gráficas 10, 11 y 12 muestra una tendencia de tipo lineal, que se explica con las siguientes formulas:

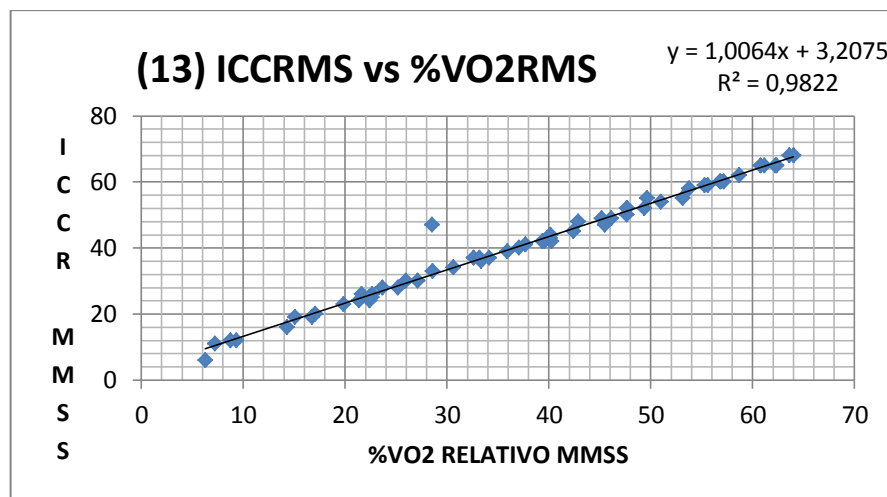
$$(10): y = 4,0174x - 71,5009 = 0,73$$

$$(11): y = 3,9735x - 3,6773 = 0,81$$

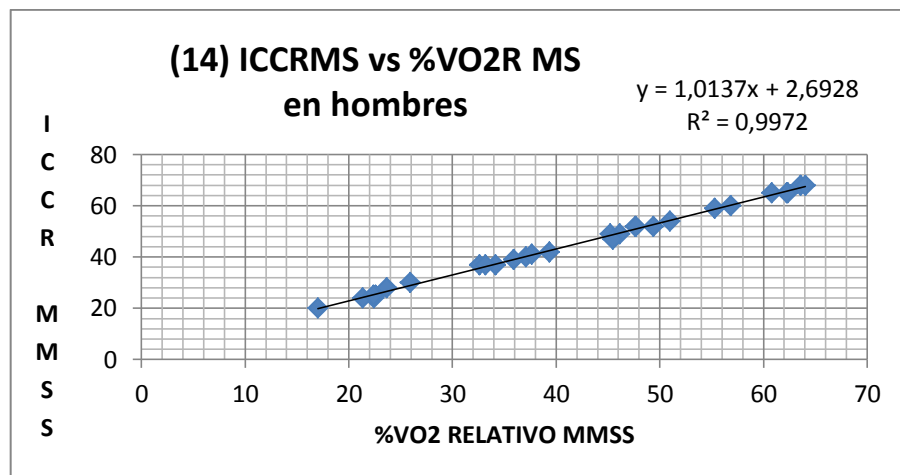
$$(12): y = 4,8973x - 7,2127 = 0,71$$

En donde se observa que a medida que aumenta la carga de trabajo el esfuerzo físico realizado también es mayor, es decir, se observó que el índice de costo cardiaco relativo aumenta proporcionalmente al consumo máximo de oxígeno en miembros superiores.

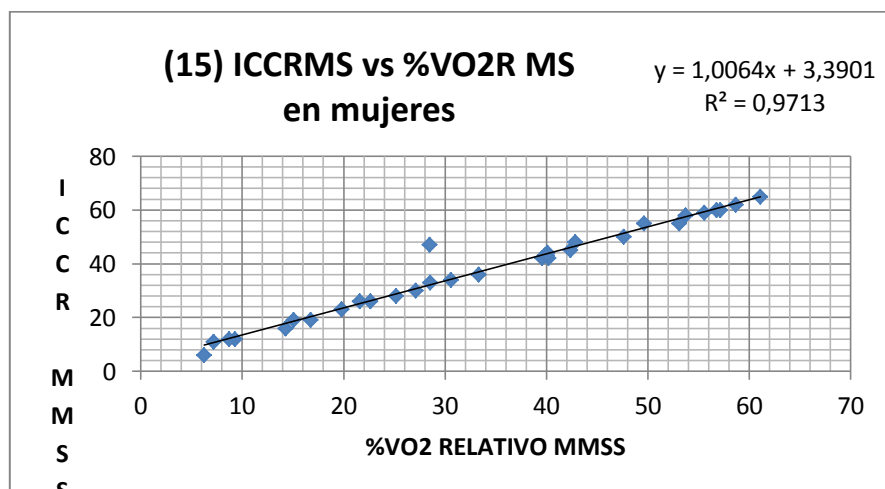
GRAFICA 13. Relacion entre indice de costo cardiaco relativo %(ICCR) y %VO2 relativo en miembros superiores en trabajadores de la ciudad de cali expuestos a diferentes cargas de trabajo.



GRAFICA 14 . Relacion entre indice de costo cardiaco relativo %(ICCR) y %VO2 relativo en miembros superiores en hombres trabajadores de la ciudad de cali expuestos a diferentes cargas de trabajo.



GRAFICA 15 . Relacion entre indice de costo cardiaco relativo %(ICCR) y %VO2 relativo en miembros superiores en mujeres trabajadoras de la ciudad de cali expuestos a diferentes cargas de trabajo.



Las gráficas 13,14 y15, muestran una tendencia de tipo lineal, que se explica con las siguientes formulas:

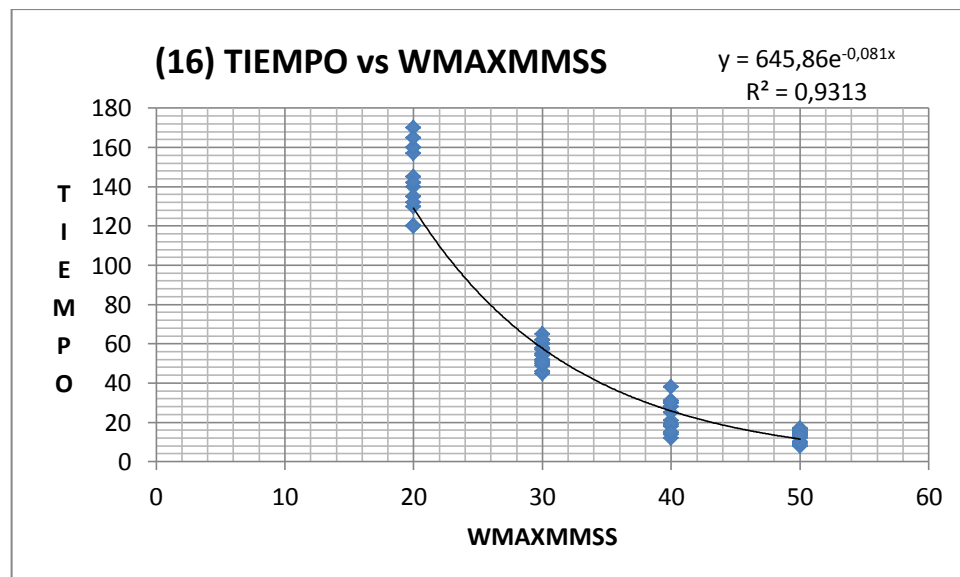
$$(13): y = 1,0064x + 3,2075 = 0,98.$$

$$(14): y = 1,0137x + 2,6928 = 0,99$$

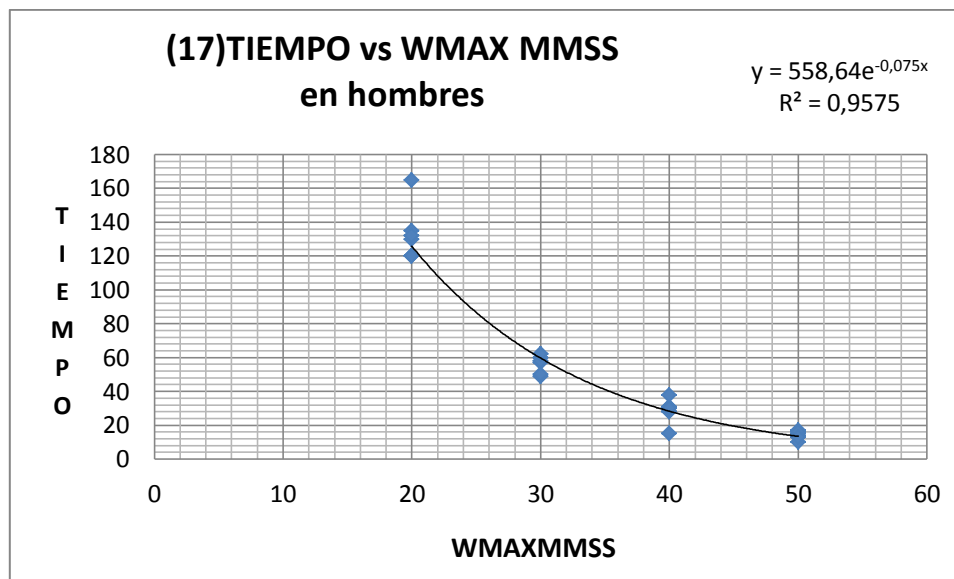
$$(15): y = 1,0064x + 3,3901 = 0,97.$$

Donde enseña una alta correlación para cada una de las variables, la tendencia de los resultados de posicionarse sobre la línea de ajuste confirma la buena aproximación de los resultados, a diferencia de la gráfica 10 donde se observa mayor dispersión en cada una de las variables.

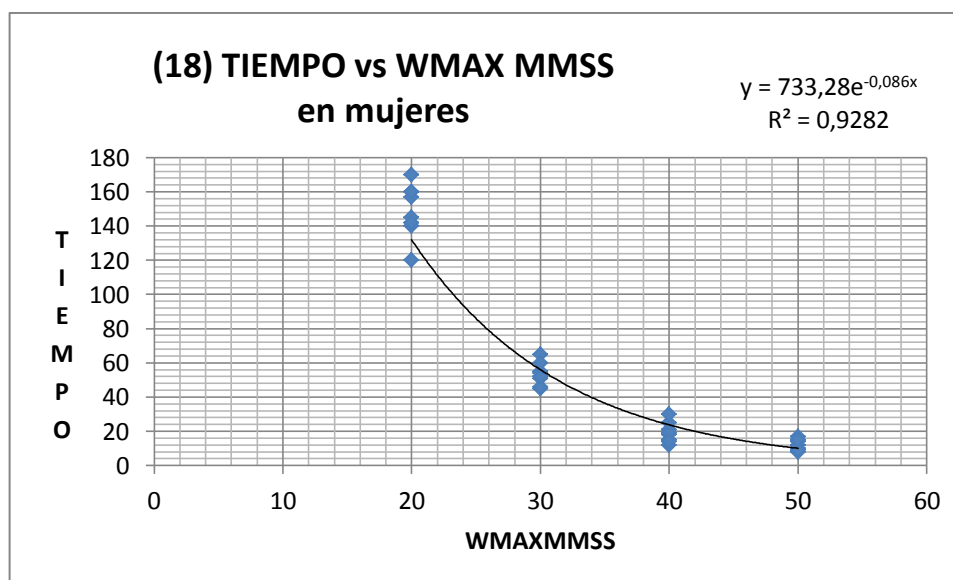
GRAFICA 16. Relación entre tiempo y carga máxima de trabajo en miembros superiores en trabajadores de la ciudad de Cali expuestos a diferentes cargas de trabajo.



GRAFICA 17 . Relación entre tiempo y carga máxima de trabajo en miembros superiores en hombres trabajadores de la ciudad de Cali expuestos a diferentes cargas de trabajo.



GRAFICA 18 . Relación entre tiempo y carga máxima de trabajo en miembros superiores en mujeres trabajadoras de la ciudad de Cali expuestas a diferentes cargas de trabajo.



Las gráficas 16, 17 y 18 muestran una tendencia de tipo exponencial que se explica con las siguientes formulas:

$$(16): y = 645,86e^{-0,081x} = 0,93.$$

$$(17): y = 558,64e^{-0,073x} = 0,95.$$

$$(18): y = 733,28e^{-0,086x} = 0,92.$$

En donde se observa que a medida que aumenta la carga de trabajo disminuye el tiempo de permanencia en este, mostrándose los valores más cercanos a 0 con el 50% de la carga.

Teniendo en cuenta la función correspondiente a la gráfica 16, se presenta la tabla 8. La cual muestra los valores en tiempo correspondientes a cada carga empleada en el estudio.

Tabla 8 .Tiempos maximos aceptables para cargas de trabajo del 20%, 30%, 40% y 50% en miembro superior.

Carga (%)	Tiempo máximo aceptable (min)
20	128
30	57
40	25
50	11

Lo que nos indica que a medida que aumenta la carga, disminuye el tiempo de trabajo, mostrando valores correspondientes a la carga del 30% en 57 minutos.

20. DISCUSION

Dentro de este estudio se observaron varios hallazgos significativos, uno de estos es la correlación observada entre el tiempo y el VO₂max en miembros superiores. La medición de la capacidad funcional, o VO₂máx, es reconocida ampliamente como la forma más objetiva de determinar la aptitud física y representa la capacidad funcional máxima de un individuo (20), teniendo en cuenta esta premisa, se puede observar que en el estudio se arrojaron datos estadísticamente significantes y de correlación del 87% entre el tiempo y el % VO₂máx de miembros superiores. Se observa también en el estudio una diferencia entre %VO₂max y % VO₂Relativo de un 5% aproximadamente donde la correlación de %VO₂R con tiempo es de 82% mientras que el Vo₂maxmmss como ya se mencionó es del 87%, datos que coinciden con los hallazgos del estudio de Wu (14) donde refieren una diferencia del 10% de la relación entre ICCR (o VO₂R) y el %VO₂máx. Swain y Leutholz (1997) también ha informado que el ICCR es equivalente a VO₂R, y que ambas son siempre 5% menores al VO₂ máx.

Un estudio de The American College of Sports Medicine del año 1997 tomo un total de 63 personas para comprobar la hipótesis de que % ICCR es equivalente a % VO₂R, no% VO₂max, y que la discrepancia entre% ICCR y el% VO₂max sería inversamente proporcional al nivel de condición física. Sesenta y tres adultos realizaron pruebas de ejercicio máximo incrementales en un cicloergómetro; como resultado se tomó que el %ICCR no debe ser considerada equivalente a% VO₂max. Más bien, % ICCR es equivalente a VO₂R%, y esta relación se debe utilizar en la prescripción del ejercicio. Para cada tema se realizaron dos regresiones lineales, donde las regresiones para % ICCR vs % del VO₂máx no coincidían con la línea de tendencia, mientras que las regresiones para % ICCR vs % VO₂R eran lineales. Esto coincide con la toma de datos que se realizó en el estudio para estas variables donde se observa una relación directa y lineal entre el %ICCR y %VO₂ relativo de miembros superiores con una correlación del 98%,

mientras que la correlación del ICCR y VO₂ máximo en miembros superiores es de 73%.

Continuando en esta línea se observaron diferencias principalmente en los datos relacionados con %ICCR y %VO₂R en relación al VO₂max de miembros superiores, esto puede deberse a que el ICCR y VO₂R permite un cálculo más ajustado, permitiendo individualizar el esfuerzo de entrenamiento, porque parten de situaciones funcionales particulares de cada persona (27), además el grado de carga física que experimenta un trabajador en el curso de un trabajo muscular depende del tamaño de la masa muscular que interviene, del tipo de contracciones musculares (estáticas o dinámicas), de la intensidad de las contracciones y de las características individuales. El volumen de oxígeno consumido durante el ejercicio físico es necesariamente dependiente de la carga en los músculos y también de la masa de los músculos en el trabajo. (36) En individuos sanos, algunos de los factores que afectan el VO₂máx, en parte están determinados por la *genética*, por el tamaño cardíaco y pulmonar, por la capacidad funcional, por el tipo de distribución de las fibras musculares (la relación entre las fibras de contracción rápida glucolítica y las de contracción lenta oxidativa) y la frecuencia cardíaca máxima. El *género* influye significativamente en el VO₂máx a través de los efectos producidos por el tamaño cardíaco y pulmonar, la masa del músculo esquelético y la concentración de hemoglobina. Una fuerte variable final que influye en el VO₂máx, expresado generalmente en términos de mL de O₂ por kilogramo de peso por minuto (mL/kg/min) es el *peso corporal*. La fórmula del cálculo del VO₂máx incluye el peso para evitar su sobreestimación. Pero el exceso de peso, y en particular el exceso de tejido adiposo, que es relativamente inactivo desde el punto de vista metabólico, reducen la tolerancia al esfuerzo, aumentan la fatiga y disminuyen la capacidad aeróbica máxima. (48). Es por esta razón que se observan diferencias en los datos del VO₂max y relativo entre ambos géneros en el estudio. Además se incluye que el % de grasa de mujeres fue mayor que el de hombres relacionado de la siguiente manera 23.9% mujeres, 11% hombres, así

mismo el porcentaje de peso muscular vario entre los géneros siendo 52% para los hombres y 41% para las mujeres, corroborando así la información anteriormente descrita y dando respuesta a resultados entre vo_{2max} y vo_2 relativo entre géneros. Sin embargo se observó una tendencia similar en los gráficos de correlación:

(1) Se observó una disminución continua en TMTA con el aumento de la carga física de trabajo.

(2) El TMTA acercó a cero a medida que la carga de trabajo físico se hizo muy pesada.

Respecto a los tiempos de trabajo aceptable se puede observar (tabla 8) que para un trabajo realizado con una carga del 20% en miembro superior el tiempo estimado antes de que se produzca fatiga es de 128 minutos, es decir, 2 horas y 8 minutos; no semejándose los tiempos arrojados en el estudio con tiempos reales de una jornada laboral diaria, la cual corresponde a 8 horas de trabajo. Esta diferencia de resultados en tiempo comparados con el estudio de WANG, H SING (14) pueden deberse a que la fatiga es mayor en el tiempo cuando se trabaja con grupos musculares más pequeños (15).

La sobrecarga muscular se traduce en fatiga o reducción de la capacidad de trabajo y esta a su vez puede reducir también la productividad y la calidad del trabajo. La prevención de la sobrecarga muscular puede estar dirigida a diferentes factores como lo son la tarea, el entorno o el individuo, en este caso trabajadores. Teniendo en cuenta los datos arrojados en la investigación se concluye que una de las formas de regular la carga muscular de trabajo es tener en cuenta la distribución de los horarios laborales, para esto es necesario estructurar un régimen de pausas que tenga en cuenta la carga de trabajo, las necesidades y capacidades de cada individuo.

El objetivo principal del estudio fue conocer el tiempo máximo aceptable de trabajo en miembro superior para cargas variables de trabajo, soportándonos en premisas como las que han sido dadas para las tareas de levantamiento (Khalilet *al.* 1985), donde refieren que los límites para trabajo físico continuo deben basarse en el VO2 máximo alcanzable para la actividad particular y no en el VO2 obtenido a partir de otra actividad como una prueba en una bicicleta ergométrica (cuerpo entero) (15). En principio, el VO2máx debe determinarse a través de un procedimiento que active los mismos músculos que se usan durante el trabajo para el que se está evaluando la capacidad física de trabajo. Si el VO2 en el trabajo de músculos pequeños está relacionado con el VO2máx, por ejemplo, en el ejercicio de bicicleta, el esfuerzo relativo será subestimado (Louhevaaraet *al.* 1988, Pivarniket *al.* 1988). Se sugiere que los límites para trabajo continuo en tareas de levantamiento deben basarse en el VO2máx obtenido para esa tarea en particular y no en el VO2máx obtenido de otra actividad como una prueba en una bicicleta ergométrica (Khalilet *al.* 1985). Sin embargo, la cuestión radica en si la carga física aceptable relativa es similar para las tareas que requieren grupos musculares más pequeños.

Por tal motivo se realizaron pruebas de laboratorio haciendo énfasis en miembros superiores, donde se observan resultados coherentes de acuerdo a los tiempos y las cargas que se deben establecer en una tarea para miembro superior, puesto que indican que el VO2 utilizado para estos segmentos corporales no es igual que el VO2 utilizado para cuerpo entero, arrojando así unos resultados que nos sirven de base para la ejecución de programas y estrategias frente a procesos productivos a los cuales se expone el trabajador, aunado a esto es necesario conocer el tiempo y distribución de las tareas que ejecuta este.

21. CONCLUSIONES

- Los resultados confirmaron que TMTA se correlacionó significativamente con las variables (% VO₂max, ICCR, VO₂R) en una relación exponencial. Cada una de los resultados mostraron diferencias estadísticamente significantes $\leq 0,05$ entre los géneros, y alto grado de correlación en cada una de las variables, por encima del 73%, al analizar las gráficas por género en todas se observó que el grado de correlación siempre fue mayor para hombres que para mujeres, pudiendo ser explicado esto por el mayor porcentaje de masa muscular o peso magro de los hombres en relación con las mujeres.
- Los datos muestran que el tiempo máximo de trabajo aceptable tendió a disminuir desde la carga 20 a 50% Wmax. Observándose mayor grado de dispersión en las cargas menores, donde el consumo de oxígeno y frecuencia cardiaca variaron rápidamente, mientras que en las cargas mayores la variación del consumo de oxígeno y frecuencia cardiaca fue menor. A medida que se empleaba una carga mayor, el tiempo se acercaba a 0.
- Para trabajo en Miembro superior se observa según los resultados del estudio que para una carga del 30% correspondería un tiempo máximo aceptable de trabajo de 57 minutos, observándose así la necesidad de generar cambios en la organización del trabajo en actividades relacionadas con miembros superiores, que incidan en la mejora de las condiciones de salud – trabajo.
- La relación obtenida entre TMTA y carga de trabajo físico se puede utilizar para orientar la duración del trabajo muscular dinámico en miembros superiores, sin embargo, esta práctica de laboratorio es una técnica complicada si se quiere extrapolar el estudio a labores específicas en las empresas, puesto que entre más variada la tarea mayores mediciones de

consumo de oxígeno deben realizarse, para esto existen técnicas mucho más simples y de menor costo; el ICCR se puede tomar como indicador de la carga ya que tiene una muy buena correlación con el VO₂R como se mostró en el estudio (gráfica 10) y es una técnica mucho más sencilla de realizar y ofrece datos concretos sobre la magnitud del esfuerzo cardiovascular y el grado de entrenamiento cuando se comparan los indicadores de varios sujetos que ejecutan la misma tarea, adicional a esto es más fiable determinar estos valores durante el trabajo para el que se está evaluando la capacidad física puesto que se activan los músculos relacionados directamente con la actividad laboral.

- La prevención de la sobrecarga muscular es difícil cuando la forma física o las habilidades de los trabajadores son deficientes. Un entrenamiento adecuado mejorará las habilidades laborales del trabajador y puede reducir las cargas musculares durante el trabajo. Además, el ejercicio físico regular, realizado durante el ocio o durante el trabajo, aumentará la fuerza muscular y la capacidad cardiorrespiratoria del trabajador.
- Actualmente se evidencia escasez de referentes bibliográficos relacionados con el enfoque fisiológico y aún más en lo relacionado con TMTA y cargas de trabajo en MMSS, pocos estudios abarcan el tema y los que investigan en este se enfocan expresamente en cuerpo entero. La importancia del enfoque fisiológico radica en conocer las capacidades físicas del trabajador con relación a las demandas de la labor, con el objetivo de crear un balance entre demanda del trabajo y capacidad del trabajador, previniendo de esta manera el inicio de desórdenes musculo esqueléticos; por esto la importancia de este enfoque y su aplicación en investigaciones tanto a nivel nacional como internacional.

22.RECOMENDACIONES

Con base en este estudio se hacen las siguientes recomendaciones:

- Implementar programas de acondicionamiento físico en las empresas, principalmente los que realicen tareas en las cuales la carga física sea un componente importante.
- Implementar periodos de descanso y pausas activas de acuerdo a la actividad laboral desempeñada.
- El horario laboral no debe exceder las 8 horas de trabajo.
- Incluir en el examen de ingreso la medición del ICCR como una medida para determinar las condiciones físicas para desempeñar el trabajo.
- Adoptar el ICCR como medida dentro de los programas de vigilancia epidemiológica para el control del riesgo por carga de trabajo físico.
- Tener en cuenta la capacidad funcional del trabajador y el puesto al cual está aplicando.
- Adoptar como valor límite para realizar trabajos sin riesgo un *ICCR* menor al 30%, que para trabajos que se realizan predominantemente con miembros superiores no debe ser superior a una hora.

23. BIBLIOGRAFÍA

1. Aminoff j, Smolander, Korhonen, Louhevaara. Physiological strain during kitchen work in relation to maximal and task-specific peak values . 1999, vol. 42.
2. Nataren j, Noriega m. Los trastornos musculo esqueléticos y la fatiga como indicadores de deficiencias ergonómicas y en la organización del trabajo. Salud de los trabajadores. Julio 2004, vols. 12 .
3. Ministerio de proteccion social. Guia tecnica para el analisis de exposicion a factores de riesgo ocupacional. Para el proceso de evaluacion en la calificacion de origen de enfermedad. Republica de colombia. : s.n., 2011.
4. Agencia europea para la seguridad y la salud en el trabajo. Prevención de los trastornos musculoesqueléticos de origen laboral, 2001.
5. Velandia Ángela, Concha Edgar. El sistema general de riesgos profesionales . S.l. : fasecolda, 2011.
6. Velandia Ángela, Concha Edgar. Seguros de personas y seguridad social, el sistema general de riesgos profesionales. 2011.
7. Granjean E. Fatigue in industry. Brithis journal of industrial medicine. 175-186, 1979, vol. 39.
8. Aghazadeh, H, Iridiastadi and F. Physiological fatigue limit.
9. Astrand P, Rodahl k. Fisiologia del trabajo. Buenos aires : panamericana, 1992.
10. Neisa Claudia, RojasYenith. Fatiga laboral, accidentes e incidentes laborales. 1, 2009, vol. 10. 7-21.
11. Edwards rht. Human muscle function and fatigue: physiological mechanisms. London : pitman medical, 1981.

12. www.ccsso.ca/oshanswers/ergonomics/mmh/hlth_haz.html.
13. Kumar S. Theories of musculoskeletal injury causation. *Ergonomics*.:17-47. 1, 2001, vol. 44.
14. Wang, Hsin-Chieh Wu and Mao-Jiun J. Relationship between maximum acceptable work time and physical workload. *Ergonomics*. 4, 2002, vol. 45. 280 ± 289.
15. Aminoff T, Smolander J, Korhonen O and Louhevaara V. Prediction of acceptable physical work loads based on responses to prolonged arm and leg exercise. 1, Finland : s.n., 1998, vol. 41.
16. Fundación Mapfre. 1998.
17. Konz S. Work/rest: part ii – the scientific basis (knowledge base) for the guide. *International Journal of Industrial Ergonomics*. 1998. 22(1-2): 73- 99..
18. Delgado J. *Ergonomía en los sistemas de trabajo*. Granada : s.n., 2011.
19. Gómez Francisco. *Diseño industrial: un aliado estratégico para la intervención de condiciones ergonómicas en la empresa*. Palmira (valle del cauca) : universidad nacional de Colombia .
20. Zapata HD, Arango GL, Estrada IM. Assessment physical load of dockers in a worker cooperative. 1, s.l. : revista facultad nacional de salud pública., 2011, vol. 29.
21. Velásquez Juan Carlos. *Carga física de trabajo. Bases fisiológicas y metodológicas para su estudio*. Marzo 2006. Pag 179 - 217.
22. Mondelo P, Gregori E, Barrau P. *Fundamentos de ergonomía*. Barcelona : mutua universal, 1994.
23. Ramon Gustavo. *Sistema cardiovascular y actividad física*. S.l. : instituto universitario de educación física. Universidad de Antioquia. Colombia, 2000.

24. Villar Maria Felix. Evaluacion de la carga fisica del trabajo dinamico y estatico. Espana. : ergonomia y psicologia aplicada.
25. Ramírez Robinson, Agredo Ricardo, Ortega José, Dosman Viviana Andrea y López Carlos . Análisis comparativo del $\text{VO}_2\text{máx}$ estimado mediante las ecuaciones desarrolladas por Jackson et al y el American College of Sport Medicine en corredores de maratón. 2009, vol. 162.
26. Danielle R. Bouchard, Franc-ois Trudeau. Reliability of the assessment of the oxygen/heart rate relationship during a workday. 491–497, Quebec, Canada : applied ergonomics, (2007) , vol. 38.
27. Sigurbjo, Arngrímsson, Darby J, Stewart, Borrani F. Relation of heart rate to percent VO_2 peak during submaximal exercise in the heat.. 1162-1168, Georgia : the American Physiological Society, 2003, vol. 94.
28. Oja P, Ilmaninen J, Louhevaara V. Scandinavian journal of work environment and health. 1982.
29. Ahmada N, Taha Z. Energetic requirement, muscle fatigue, and musculoskeletal risk of prolonged standing on female Malaysian operators in the electronic industries influence of age. 2, 2006, vol. 1.
30. Juhani Smedander, Tonja J, Marja I, Kimunen, Kari I, Veikko I, Heikki R. A new heart rate variability-based method for the estimation of oxygen consumption without individual laboratory calibration: application example on postal workers. S.I. : applied ergonomics, 2008, vol. 39.
31. Castro Luis Alberto Pareja. Frecuencia cardiaca de reserva como indicador de carga interna. 1, s.l. : educacion fisica y deporte., 1998, vol. 20.
32. Córdova A. Fisiología dinámica. Barcelona : masson s.a, 2003.
33. Ministerio de trabajo y asuntos sociales. Ergonomia y osicosociologia aplicada: evaluacion de la carga fisca derivada del trabajo dinamico y estatico. España : s.n.

34. López J, Fernández a. Fisiología del ejercicio. Madrid : panamericana, 2006.
35. Barbany J. Fisiología del ejercicio físico y del entrenamiento. . Barcelona : paidotribo, 2002.
36. Per-Olof, Astrand, Bengt Saltn. Maximal oxygen uptake and heart rate in various types of muscular activity. Dpto de physiology. Sweden : s.n., 1961.
37. Escuela colombiana de ingeniería. Gasto energético. 2008. 1.
38. Devereux J. Estres de origen laboral y trastornos musculo esqueleticos. Existe algun vinculo? Agencia europea para la seguridad y la salud en el trabajo. . 2001.
39. Bruce Bernard. Musculoskeletal disorders and workplace. A critical review of epidemiologic evidence for work-related musculoskeletal disorders of the neck upper extremity and low back. Cincinnati : s.n., 1997.
40. Åstrand I, Per-olof Astrand, Christensen, Hedman. Acta physiologica scandinavica, intermittent muscular work. 448–453, august 1960, vol. 48.
41. Asmussen E, Hemmingsen I. Determination of maximum working capacity at different ages in work with the legs or with the arms. . 67 -71, s.l. : scandinavian journal of clinical & laboratory investigation, 1958, vol. 10.
42. Medicine & science in sports & exercise. Exercise prescription, karvonen heart rate, maximal oxygen consumption. 3, 1997, vol. 29.
43. America college of sports medicine. Medicine & science in sports & exercise. Exercise prescription, karvonen heart rate, maximal oxygen consumption. 3, 1997, vol. 29.
44. Ilmarinen J. Job design for the aged with regard to the decline in their maximal aerobic capacity: part i - guidelines for the practitioner. Int j ind ergon. . 53-63., 1992, vol. 10.

45. Hillokorpia et al. Physiology and biochemistry. Use of heart rate to predict energy expenditure from low to high activity levels. 332 - 336, 2003, vol. 24.
46. Swain D, Leutoltz B. heart rate reserve is equivalent to %vo₂ reserve, not to vo₂max. 1997, vol. 27.
47. Ariza I, Idrovo A. Carga física y tiempo máximo de trabajo aceptable en trabajadores de un supermercado en Cali, Colombia. 145, Cali : rev salud pública, 2005, vol. 7.
48. Allison, Thomas y Burdiat Gerard. Pruebas de esfuerzo cardiopulmonar en la práctica clínica. 1, Montevideo : revista uruguaya de cardiología., 2010, vol. 25.
49. Aminoff J, Smolander, Korhonen, Louhevaara. Physiological strain during kitchen work in relation to maximal task-specific peak values. 1999.
50. Norma internacional ISO 8996. Evaluación del calor metabólico. 1990.
51. European journal of applied physiology and occupational. Relationships between oxygen consumption and heart rate in transitory and steady states of exercise and during recovery: influence of type of., 2, 1997, vol. 75.
52. Costanzo LS. Fisiología. México : McGraw-Hill Interamericana, 1999.
53. Asfour S.S, Genaidy A.M and A. Mital. Physiological guidelines for the design of manual lifting and lowering tasks: the state of the art, American Industrial Hygiene Association journal. 1988, vol. 49.
54. Villar María Félix . Ergonomía y psicología aplicada. U.D. 13: evaluación de la carga física derivada del trabajo dinámico y estático.

24. ANEXOS

PRUEBA DE ESFUERZO

INDICACIONES PARA REALIZAR PRUEBA DE ESFUERZO ERGOESPIROMETRICO.

1. La prueba de esfuerzo ergoespirometrico se realizará en personas “sanas” para la decisión de aceptación se debe aplicar el test de PAR Q.
2. Si el individuo resulta apto con el test de PAR Q continúe con el paso tres
3. Luego de haber aplicado revise con cuidado si aplica alguno de los siguientes aspectos que son CONTRAINDICACIONES ABSOLUTAS para la realización de la prueba de esfuerzo ergoespirometrico
 - 3.1. Enfermedades infecciosas agudas y crónicas
 - 3.2. Insuficiencia cardiaca
 - 3.3. Insuficiencia coronaria o signos de insuficiencia coronaria con una carga baja a esfuerzos físicos 30 vatios
 - 3.4. Arritmia cardiaca (de la frecuencia: taquiarritmias, bradiarritmias o del ritmo. Extrasístoles, bloqueos de rama, fibrilación auricular, etc.), alteraciones de la conducción cardiaca ante esfuerzos pequeños 30 a 50 vatios
 - 3.5. Antecedente de Infarto cardiaco.
 - 3.6. Hipertensión arterial no controlada, o controlada con medicamentos que induzcan bradicardia o taquicardia
 - 3.7. Antecedente de Accidente Cerebro vascular
 - 3.8. Antecedente de procedimiento quirúrgico reciente, menos de seis meses
 - 3.9. Neoplasias de cualquier tipo
 - 3.10. Hipertiroidismo o hipotiroidismo
 - 3.11. Enfermedades del tejido conectivo como Lupus eritematosos sistémico, Artritis reumatoide, etc.
 - 3.12. Anemia o discrasias sanguíneas
 - 3.13. Síndrome febril o fiebre de cualquier origen.
4. Se debe recomendar al individuo que va a ser evaluado que no debe alterarse la alimentación antes del día de la prueba. El día de la prueba hasta dos horas antes de la prueba se puede realizar una pequeña comida con base en carbohidratos.
5. El día anterior a la prueba se deben evitar grandes cargas físicas y psíquicas. El día de la prueba se evitara las cargas físicas pequeñas y otro tipo de cargas ya que pueden alterar el metabolismo del esfuerzo durante la prueba ergométrica.
6. Se debe evitar el día de la prueba todos los medicamentos, y también los estimulantes como el café, té, la nicotina, el alcohol. Los medicamentos de larga duración (esteroides de depósito) deberán suspenderse tres días antes de la prueba de manera adecuadamente controlada, evitando efectos de rebote. Los medicamentos imprescindibles se anotaran en la hoja de registro de la prueba.

7. Se recomienda a la persona que la noche anterior a la prueba duerma por 6 a 8 horas, se debe evitar el trasnocho.
8. El día de la prueba debe presentarse con o llevar puesta ropa cómoda para la realización de la misma, camiseta de algodón, pantalón corto o sudadera, medias y zapatos tenis.
9. Deberá indicarse la hora de la prueba, Cuando se repitan las pruebas comparativas, deberá seleccionarse preferiblemente la misma hora, porque las funciones de esfuerzo cambian en el transcurso del día.
10. Antes de la prueba deberá explicarse a la persona el desarrollo de ésta. Se tranquilizará dentro de las posibilidades. Se eliminarán en lo posible los estímulos exteriores como ruido, corrientes de aire, material particulado, conversación, vista a sitios con mucho tráfico de vehículos o personas, etc. Se retiraran las personas ajenas a la prueba.
11. La temperatura ambiental se debe mantener entre los $+18^{\circ}\text{C}$ a $+22^{\circ}\text{C}$, sin ser inferior a los $+16^{\circ}\text{C}$ ni mayor a 24°C , con una humedad relativa del ambiente no mayor a 60%.
12. Antes de realizar la prueba ergoespirométrica, la persona deberá sentarse cómodamente por lo menos durante 10 minutos.
13. Después de estar sentada durante 10 minutos se tomará la frecuencia cardiaca de reposo, la presión arterial de reposo con el brazalete del esfigmomanómetro ubicado en el brazo izquierdo, la temperatura oral y de conducto auditivo externo en reposo y el consumo de oxígeno del reposo.
14. coloque
 - 14.1. la mascarilla para medición de consumo de oxígeno, verifique que quede adecuadamente ajustada y cómoda
 - 14.2. Coloque el monitor de la frecuencia cardíaca.
 - 14.3. Coloque el esfigmomanómetro con el brazalete en el brazo izquierdo
 - 14.4. Coloque el pulsoxímetro en el tercer dedo de la mano izquierda (dedo anular).
15. Posteriormente, indique condiciones previas a la prueba.
16. Realice explicación del estudio.
 - 16.1. Cada individuo realizará dos grupos de pruebas de esfuerzo físico:
 - 16.1.1. Primera en ciclo ergómetro de manubrios rodantes para miembros superiores,
 - 16.1.1.1. La prueba se inicia con una carga baja que se incrementa periódica y regularmente hasta una carga máxima tolerada por el individuo y cuando la frecuencia cardiaca supere el 90% de la frecuencia cardíaca máxima calculada o se alcance la misma, o por algún evento clínico que amerite la suspensión de la prueba como mareo o vértigo, lipotimia, hipotensión arterial, dolor precordial, disnea marcada, bronco constricción, síncope.
 - 16.1.1.2. La frecuencia cardiaca máxima será calculada así: $FC_{\text{max}} = 220 - \text{edad en años}$
 - 16.1.2. La segunda prueba se realizará en “elíptica” en posición de pie.

- 16.1.2.1. La segunda prueba se realiza el mismo día que se realiza la primera y cuando la frecuencia cardiaca sea la del reposo.
- 16.1.2.2. Las cargas se prescriben de forma similar a las anteriores pruebas.
- 17. Indique calentamiento previo a la prueba.
 - 17.1. Este debe ser sin carga
 - 17.2. Durante un periodo de 3 a 5 minutos
- 18. Realice protocolo de prueba ergométrica.
- 19. Detenga la prueba por criterios absolutos y/o relativos.
- 20. Procese la hoja de captura.
- 21. Determine el VO₂ Max, la respuesta de la FC, la FC de la recuperación (a los 30 segundos, 1,3 y 5 minutos) y la temperatura oral y de CAE post prueba de esfuerzo, esta debe tomarse inmediatamente termine la prueba.

TEST DE PARQ¹

Por favor de leer las preguntas con cuidado y responder cada una honestamente: marque SI o NO.

Sí	No	PREGUNTAS
		1. ¿Alguna vez el médico le ha dicho si usted tiene un problema en el corazón, y solo debería hacer actividad física recomendado por un médico?
		2. ¿Usted siente dolor en el pecho cuando hace actividad física?
		3. ¿Le ha dolido el pecho en el último mes, cuando no esta haciendo ejercicio?
		4. Usted pierde el balance a causa que se maree, y alguna vez ha perdido el conocimiento?
		5. ¿Tiene algún problema en las articulaciones (por ejemplo, espalda, rodillas, o cadera) que pueda empeorar por las actividades físicas propuestas?
		6. ¿El medico actualmente le ha indicado tomar medicinas para la presión arterial o el corazón?
		7. ¿Sabe usted, de <u>cualquier otra razón</u> por la cual usted no debería hacer actividad física?

Información del uso del PAR-Q: La Sociedad Canadiense de Fisiología de ejercicios, Health Canadá y sus agentes no, asumen responsabilidad sobre las personas que inicien una actividad física a pesar de tener dudas sobre las respuestas del cuestionario, consulte a su médico antes de empezar hacer actividad física.

Nota: Si el cuestionario PAR-Q se entrega a una persona antes de participar en un programa de actividad física o una evaluación de actividad física, esta sección podría usarse para fines legales o propósitos administrativos

Nota: Esta autorización para actividad física es válida por el máximo de 12 meses, empezando el día que se complete, y se convierte en inválido si su condición cambia a cualquiera de las siete preguntas que contesto Sí.

¹ Origen: PAR-Q was developed by the British Columbia Ministry of Health/Canadian Society for Exercise Physiology, 202-185 Somerset St. West Ottawa, ON K2P 012 www.csep.ca

Adoptado por: Región LA County PH Nutrition Program/Network for a Healthy California.
www.lapublichealth.gov/nutrition

“Yo he leído, entendido y completado este cuestionario. Todas las preguntas han sido contestadas con mi completa satisfacción.”

NOMBRE: _____

FIRMA: _____

FECHA: _____

PROTOCOLO REANIMACION CARDIOPULMONAR

Paro cardiorrespiratorio: Es la detención súbita de la actividad miocárdica y ventilatoria, que determina una brusca caída del transporte de oxígeno a los tejidos, por debajo de los niveles compatibles con la vida.

Reanimación cardiopulmonar: Es la aplicación de tratamientos mecánicos y farmacológicos encaminados a preservar la función celular de órganos vitales y producir la reanudación de la circulación espontánea. Su objetivo es revertir la muerte clínica.

Reanimación cardiopulmonar básica: Es el conjunto de acciones que comprenden la detección de la existencia de una emergencia, la activación de los sistemas de emergencia y las maniobras iniciales que se deben emprender hasta la llegada de personal especializado. Habitualmente ocurre fuera de un recinto asistencial.

Reanimación cardiopulmonar avanzada: Corresponden a las maniobras realizadas para restablecer la ventilación y la circulación eficaces, para la estabilización hemodinámica, en un paciente que ha sufrido un paro cardiorrespiratorio. Se realiza cuando se dispone de material adecuado y personal entrenado para optimizar la reanimación cardiopulmonar básica.

Masaje cardiaco externo o compresiones torácicas

Son las compresiones torácicas realizadas por un reanimador o mediante dispositivos mecánicos durante la RCP para intentar restablecer la circulación espontánea “Todos los funcionarios de una Institución de salud deben estar capacitados para iniciar un masaje cardiaco en un apoyo vital básico, en el avanzado, dentro de las funciones por estamento”.

PEDIR AYUDA Y SOLICITAR EL DESFIBRILADOR.

C: Circulación

1. Se evalúa el pulso y signos de circulación (movimientos, tos, respiración efectiva.) Esto no debe demorar más de 10 segundos. Si la evaluación es negativa (sin pulso o signos de circulación) se realizan compresiones Torácicas.
2. Se realizan ciclos de 30:2 (30 compresiones: 2 ventilaciones) rotando al reanimador que realiza las compresiones cada 5 ciclos o cada 2 minutos.

3. Las compresiones torácicas deben ser a una frecuencia de al menos 100 por minuto, profundas (4-5 cms), con una recuperación completa del diámetro del tórax y minimizando las interrupciones (no más de 5 – 10 SEG.)

4. El personal del equipo de salud debe interrumpir lo menos posible las compresiones torácicas y limitar la duración de las interrupciones a no más de 10 segundos por vez, excepto para llevar a cabo intervenciones específicas tales como colocar un dispositivo avanzado para la vía aérea o utilizar un desfibrilador. Los reanimadores deben turnarse cada 2 minutos para realizar las compresiones o cada 5 de ciclos (un ciclo =30 compresiones y respiraciones artificiales de rescate).

5. Las compresiones torácicas se realizan colocando el talón de una mano en el centro del tórax con la otra mano encima y los dedos entrelazados. Con los codos completamente extendidos se inician las compresiones empujando fuerte y rápido. Para que la compresión torácica externa sea efectiva debe cumplir con las siguientes condiciones:

- Frecuencia superior a 100 x minuto
- Profundidad entre 4 y 5 centímetros
- Equilibrar el tiempo de compresión con el de descompresión del tórax (50 y 50%)
- Permitir el retorno del tórax a su expansión total durante la fase de descompresión
- Minimizar las interrupciones en la compresión torácica externa.

D: Desfibrilación

1. El ritmo inicial más frecuente en el PCR del adulto es la Fibrilación Ventricular (FV.)

2. El tratamiento más efectivo de la FV es la desfibrilación eléctrica.

3. En cuanto esté a mano el desfibrilador se debe evaluar la necesidad de desfibrilación

(FV/TV sin pulso) y realizarla cuando esté indicado.

4. El paciente en PCR presenciado (o de menos de 4-5min.) o no presenciado debe ser desfibrilado cuanto antes y debe recibir por lo menos 2 minutos de Apoyo Vital Básico (sobretudo compresiones torácicas) antes de comprobar el ritmo cardiaco posterior a la desfibrilación.

A: Vía Aérea permeable

1. Abrir la vía aérea con maniobra frente-mentón o tracción mandibular.
2. Actualmente, en un paciente traumatizado, si la maniobra de tracción mandibular no es efectiva se debe realizar la maniobra frente-mentón.

B: Buena respiración

1. Evaluar la respiración, si no respira se deben dar 2 respiraciones de rescate (de 1 segundo y con volumen suficiente sólo para expandir visiblemente el tórax (+/- 500 CC).
2. Si la vía aérea está obstruida realizar una maniobra de Heimlich.

ABCD SECUNDARIO (Paso2)

Para los reanimadores experimentados el ABCD secundario se sigue de EFGH que a continuación se detalla. En los pacientes graves (que no han caído en PCR) y en aquellos que salieron de un PCR debemos continuar con los pasos 3, 4 y 5 que más abajo se detallan.

A: Vía Aérea avanzada

1. ¿Es adecuada la vía aérea? ¿Está protegida?
2. ¿Hay signos de obstrucción?
3. Determinar si es necesaria una vía aérea avanzada.
4. Intubación oro traqueal o máscara laríngea si se considera necesario (Secuencia rápida de Intubación (SRI) en los pacientes sin PCR)

B: Buena ventilación con soporte de Oxígeno

1. Confirmar la ubicación de la vía aérea avanzada (debiera ser confirmación clínica más dispositivos.) Se debe realizar esta confirmación cada vez que el paciente es trasladado o movido.
2. Descartar neumotórax, tórax volante, tórax abierto / descompresión de urgencia del neumotórax si es necesario. Ventilaciones con soporte de oxígeno.
3. Una vez con vía aérea avanzada no se realizan ciclos para las compresiones y ventilaciones. Las compresiones deben ser de buena calidad, a más de 100 x' y las ventilaciones sólo a 8-10 ventilaciones por minuto manteniendo la normocapnia (cada 6 a 8 segundos.)

C: Circulación

1. Continuar compresiones torácicas si es necesario.
2. Vía intravascular, venosa o intraosea. Monitor.
3. Fluidos.
4. Drogas vaso activas si es necesario.
5. Mujer embarazada_ 15-30 ° lateralizada izquierda.

D: Déficit neurológico

1. Estado mental.
2. Respuesta pupilar.
3. Glasgow.
4. Examen rápido de focalización neurológica.
5. Buscar causas reversibles de estado mental alterado.

E: Exposición

1. Exponer al paciente, chequear heridas, chequear pulsos en extremidades, comprimir sitios de sangrado, identificar y estabilizar injurias obvias.

2. Extremidades / Examinar la piel.

F: Fingers, Folie Andy Slip

- Fingers (tocar): Examen de pelvis y abdomen bajo, examen genital, tacto vaginal y rectal para detectar injurias en zona pélvica y perineal.
- Slip (voltear): Voltear al paciente para examinar el dorso.
- Folie (catéter Folie): Insertar sonda foley para drenar orina, tomar muestra, evaluar el volumen urinario por hora.

G: Sonda Gástrica (SNG / SOG)

- Aspirar sangre / Toxinas / Ingesta de medicamentos.
- Liberar aire de estómago.
- Considerar tratamiento de intoxicaciones o sobredosis.

6.1.3.- Oxígeno-Monitor-Vía venosa y Fluidos. (Paso3)

Se debe identificar hipoxemia, arritmias sintomáticas, hipovolemia, tratar y evaluar la respuesta a la terapia, ajustándola si es necesario.

6.1.4.- Temperatura, Frecuencia Cardíaca, Presión Arterial, Respiración. (Paso 4)
Dar soporte si es necesario, considerar drogas vaso activas, evaluar respuesta y ajustar si es necesario.

6.1.5.- Volumen-Resistencia-Bomba-Frecuencia. (Paso 5)

Reevaluar la perfusión sistémica y la función cardiovascular. Uso de mayor volumen, uso de drogas vaso activas que alteren la resistencia vascular y apoyen en la función de bomba del corazón, si es necesario. Evaluar la respuesta y ajustar la terapia si es necesario.

DESFIBRILACIÓN:

La Fibrilación Ventricular y la Taquicardia Ventricular sin Pulso (FV/TV sin pulso) son el ritmo inicial de PCR en más del 80 % de los pacientes.

La primera descarga debe ser con 360 Joules en un desfibrilador monofásico (antiguos) y con 200 Joules en un desfibrilador bifásico (#). Debe realizarse una descarga y luego continuar con RCP.

Es muy importante destacar que durante toda la reanimación se debe privilegiar un RCP bien realizado con compresiones torácicas lo menos interrumpidas posibles. Esto implica que no se deben detener las compresiones torácicas mientras el desfibrilador se carga, que luego de la descarga se deben reiniciar inmediatamente las compresiones torácicas y sólo luego de 2 minutos de compresiones se debe verificar el ritmo o el pulso.