



Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos"  
Facultad de Ciencias Económicas e Informáticas  
Departamento de Ingeniería Industrial



# Tesis en opción al Título de Ingeniero Industrial.

**Título:** *"Validación en la población cubana de un método para el cálculo del tiempo de descanso en trabajos físicos"*

**Autor:** *Luis Miguel Fuentes Grillo.*

**Tutor:** *Ing. Dayron López Hernández.*

Matanzas, 2014

## Pensamiento

---

*"La alegría de ver y de entender es el más hermoso regalo de la naturaleza."*

*A. Einstein.*

## Dedicatoria

---

- ✓ *A Mayita y Miguelito, que me dieron la vida y han hecho posible que la viva feliz.*
- ✓ *A toda mi familia, que siempre estuvieron pendiente de mi formación como universitario.*

## Agradecimientos

---

- ✓ *A Mayita y Miguelito por apoyarme hasta el final.*
- ✓ *A mi familia, de la que he recibido todo tipo de apoyo, moral, espiritual y material.*
- ✓ *A mi tutor Dayron, que brindó amistad y dedicó tiempo y neuronas para la realización de esta tesis.*
- ✓ *A mis compañeros de la carrera, que hicieron placentero el tránsito de estos años, brindándome su apoyo incondicional y amistad en momentos malos, buenos y mejores.*
- ✓ *A todos los profesores que intervinieron en mi formación como universitario.*
- ✓ *A los amigos de Tercero que formaron parte de la realización de la tesis.*

*A todos, Muchas Gracias!!!*

## Declaración de autoridad

---

*Yo, Luis Miguel Fuentes Grillo declaro que soy el único autor de este Trabajo de Diploma y autorizo a la Universidad de Matanzas a hacer uso del mismo con los fines que estime pertinente.*

*Firma del autor* \_\_\_\_\_

*Firma del tutor* \_\_\_\_\_

**Nota de Aceptación:**

---

---

---

---

---

---

---

---



*Presidente del Tribunal*

*Miembro del Tribunal*

*Miembro del Tribunal*

## RESUMEN

---

La presente investigación se titula “Validación en la población cubana de un método para el cálculo del tiempo de descanso en trabajos físicos”, la cual tiene como objetivo validar para un segmento de la población cubana, un método de cálculo de tiempo de descanso que cumpla con las condiciones de facilidad para los cálculos y la no permisión de la fatiga en el obrero. Para dar cumplimiento a dicho objetivo, se realizó un proceso de selección en los métodos de cálculo de tiempo de descanso, teniendo en cuenta que cumpla con las condiciones expuestas, donde fue seleccionado una combinación entre el método de Viña y la ecuación de Lehmann como método óptimo para la determinación de los tiempos de descanso, tomando la frecuencia cardiaca como principal indicador de la recuperación. Como resultado se obtiene la validación de la ecuación de Lehmann para el uso en elementos de la población cubana entre 20 y 22 años de edad a partir de la aplicación de un procedimiento diseñado, haciendo uso del software Statgraphics Centurion 15.0 para el procesamiento estadístico, las aplicaciones de Microsoft, Excel y Word, combinado este último con el EndNote para las referencias bibliográficas, además de la utilización de dispositivos tecnológicos como el metrónomo y pulsómetro para la obtención de los datos.

## ABSTRACT

---

The current investigation is titled "Validation in the Cuban population of a method for the calculation of the rest time in physical works ", which has as objective to validate for the Cuban population's segment, a method of calculation of rest time that fulfills the conditions of easiness for the calculations and the non permission of the fatigue in the worker. To accomplish such objective, it was carried out a selection process in the rest time calculation methods, keeping in mind that it fulfills the exposed conditions, where a combination was selected between the method of Viña and the Lehmann's equation like the optimal method for the determination of the rest times, taking the heart frequency as main indicator of the recovery. As result the validation of the Lehmann's equation is obtained for the use in subjects of the Cuban population between 20 and 22 years old starting from the application of a designed procedure, making use of the software Statgraphics Centurion 15.0 for the statistical processing, the applications of Microsoft, Excel and Word, combined this last with EndNote for the bibliographical references, besides the use of technological devices as the metronome and the heartbeat counter for the data procurement.

# ÍNDICE

---

<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>1. CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL</b>	<b>5</b>
<b>1.1. CONCEPTOS Y DEFINICIONES A TENER EN CUENTA</b>	<b>5</b>
1.1.1. LA FRECUENCIA CARDÍACA (FC)	5
1.1.2. FRECUENCIA CARDIACA SUBMÁXIMA ( $FC^-$ )	5
1.1.3. LA FRECUENCIA CARDÍACA DE REPOSO ( $FC_{REP}$ )	5
1.1.4. EL COSTO CARDIACO (CC)	6
1.1.5. LA FRECUENCIA CARDÍACA EN LA RECUPERACIÓN ( $FC_{RECUP}$ )	6
1.1.6. EL PERÍODO DE RECUPERACIÓN RÁPIDO REGULAR (PRRR)	6
1.1.7. GASTO ENERGÉTICO (GE)	6
1.1.8. CAPACIDAD DE TRABAJO FÍSICO (CTF)	7
1.1.9. FATIGA O CANSANCIO	8
1.1.10. PAUSA O TIEMPO DE DESCANSO (TD)	8
<b>1.2. MÉTODOS PARA ESTIMAR EL TD EN LA JORNADA LABORAL</b>	<b>11</b>
1.2.1. ECUACIÓN DE MURRELL	12
1.2.2. MÉTODO DE MC CORMICK	12
1.2.3. MÉTODO DE VIÑA PARA EL LÍMITE DE GASTO ENERGÉTICO (LGE)	13
1.2.4. ECUACIÓN DE LEHMANN PARA EL TD	14
1.2.5. SELECCIÓN DEL/LOS MÉTODO/S	15
1.2.6. AJUSTE DE LA ECUACIÓN DE LEHMANN AL MÉTODO DE VIÑA	16
<b>1.3. VALIDACIÓN DE LA ECUACIÓN DE LEHMANN DE TD PARA TRABAJADORES CUBANOS.</b>	<b>19</b>
1.3.1. LA FC COMO INDICADOR DE RECUPERACIÓN	19
1.3.2. EQUIPO DE MEDICIÓN DE FC	20
<b>1.4. CONCLUSIONES PARCIALES DEL CAPÍTULO</b>	<b>22</b>

**2. CAPÍTULO II. DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO PARA LA VALIDACIÓN DE LA ECUACIÓN DE LEHMANN EN LA POBLACIÓN CUBANA ----- 23**

**2.1. PREMISAS ----- 23**

**2.2. CARGA FÍSICA ----- 24**

2.2.1. SELECCIÓN DE LA MUESTRA ----- 24

2.2.2. FC DE REPOSO ----- 24

2.2.3. PRUEBA DEL ESCALÓN ----- 25

2.2.4. GE POR INDIVIDUOS ----- 26

2.2.5. RECOPIACIÓN DE LA FC SUBMÁXIMA Y FC EN RECUPERACIÓN ----- 26

**2.3. CÁLCULO DE TD ----- 26**

2.3.1. SELECCIÓN DE LA MUESTRA APTA PARA LOS CÁLCULOS ----- 27

2.3.2. CÁLCULO DE TD ----- 27

2.3.3. DETERMINACIÓN DE LOS TD MEDIOS PARA CADA SEXO ----- 27

2.3.4. PRUEBA DE NORMALIDAD PARA ENCONTRAR LA MEDIA ----- 27

**2.4. DETERMINACIÓN DE LAS CURVAS ----- 35**

2.4.1. DETERMINAR FC MEDIA PARA CADA INTERVALO DE TIEMPO ----- 35

2.4.2. REGRESIÓN DE LAS CURVAS ----- 35

2.4.3. CONSTRUCCIÓN DE LOS GRÁFICOS ----- 39

**2.5. PORCIENTO DE RECUPERACIÓN DEL CC ----- 39**

2.5.1. FC DE RECUPERACIÓN PARA EL TD CALCULADO ----- 39

2.5.2. CÁLCULO DEL PORCIENTO DE RECUPERACIÓN DEL CC ----- 39

2.5.3. PORCIENTO DE RECUPERACIÓN PARA LA ECUACIÓN DE LEHMANN Vs. PRRR ----- 40

**2.6. CONCLUSIONES PARCIALES DEL CAPÍTULO ----- 40**

**3. CAPÍTULO III. RESULTADOS DE LA APLICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO EN UNA MUESTRA ----- 41**

**3.1. CUMPLIMIENTO DE LAS PREMISAS ----- 41**

**3.2. CARGA FÍSICA ----- 42**

3.2.1. SELECCIÓN DE LA MUESTRA ----- 42

3.2.2. FC DE REPOSO ----- 42

3.2.3. GE POR INDIVIDUOS ----- 42

3.2.4.	PRUEBA DEL ESCALÓN -----	42
3.2.5.	RECOPIACIÓN DE LA FC SUBMÁXIMA Y FC EN RECUPERACIÓN -----	43
3.2.6.	CÁLCULO DE TD -----	45
3.2.7.	DETERMINACIÓN DE LOS TD MEDIOS PARA CADA SEXO-----	45
<b>3.3.</b>	<b>CÁLCULO DE TD-----</b>	<b>44</b>
3.3.1.	SELECCIÓN DE LA MUESTRA APTA PARA LOS CÁLCULOS -----	44
<b>3.4.</b>	<b>DETERMINACIÓN DE LAS CURVAS -----</b>	<b>45</b>
3.4.1.	DETERMINAR FC MEDIA PARA CADA INTERVALO DE TIEMPO -----	48
3.4.2.	REGRESIÓN DE LAS CURVAS A PARTIR DE UNA FUNCIÓN-----	50
3.4.3.	REGRESIÓN DE LAS CURVAS A PARTIR DE DOS FUNCIONES -----	52
3.4.4.	CONSTRUCCIÓN DE LOS GRÁFICOS-----	55
<b>3.5.</b>	<b>PORCIENTO DE RECUPERACIÓN DEL CC -----</b>	<b>58</b>
3.5.1.	BÚSQUEDA FC DE RECUPERACIÓN PARA EL TD CALCULADO -----	58
3.5.2.	CÁLCULO DEL PORCIENTO DE RECUPERACIÓN DEL CC-----	59
3.5.3.	PORCIENTO DE RECUPERACIÓN PARA LA ECUACIÓN DE LEHMANN VS. PRRR -----	60
<b>3.6.</b>	<b>CONCLUSIONES PARCIALES DEL CAPÍTULO -----</b>	<b>60</b>
<b>CONCLUSIONES -----</b>		<b>61</b>
<b>RECOMENDACIONES -----</b>		<b>62</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA -----</b>		<b>63</b>
<b>ANEXOS -----</b>		<b>1</b>

## INTRODUCCIÓN

---

*“El desarrollo de la Ergonomía como ciencia ha estado intrínsecamente vinculado a la elevación de la eficiencia y la productividad, con el bienestar del factor humano, a través del perfeccionamiento y optimización de los sistemas de trabajo y sus elementos: tecnología, personas y tareas, en su relación con los diferentes tipos de ambientes en que se encuentran: físicos, naturales, económicos, regulatorios, sociales. ” [1]*

*“Por otra parte el desarrollo de la Seguridad y Salud en el Trabajo se concibe hoy como una especialidad orientada a crear las condiciones para que el trabajador pueda desarrollar su labor eficientemente y con el mínimo de riesgos, evitando sucesos que afecten su salud e integridad (...)” [1]*

La ergonomía busca mejorar y crear procesos para mejorar la vida de las personas en el trabajo. Este principio tienen un impacto tanto en la productividad del sistema, como en la calidad de la vida laboral de las personas que trabajan en él. Ambos elementos, se están convirtiendo en factores críticos, quizás más que nunca, para mejorar la sustentabilidad de las empresas, ya que en los tiempos actuales, es un requisito fundamental para la sustentabilidad del negocio, es encontrar el equilibrio adecuado entre la capacidad de las personas y las exigencias del sistema, principios base del modelo ergonómico. [2]

Como plantea López [3] el siglo XX puede describirse, en el entorno industrial, como el siglo de crecimiento y consolidación de la producción masiva. Internados ya en el siglo XXI, la masividad en la producción se hace más evidente, esta producción demanda gran fuerza de trabajo, lo que significa una demanda constante de la mano del hombre en muchas de las tareas; buscando una mejora en la productividad, muchas veces no se le prestan los cuidados requeridos a los factores que pueden influir negativamente en la salud física o mental del hombre.

La realización de trabajos físicos intensos, sin programar tiempos para la recuperación puede traer consigo la fatiga, considerada por la OMS desde 1989 como una enfermedad; denominada Síndrome de Fatiga Crónica (SFC), cuya causa puede ser el agotamiento en reiteradas ocasiones por excesivo esfuerzo muscular o estrés. [4]

En las labores que involucran el trabajo físico como elemento fundamental, el tiempo de descanso o pausas dentro de la jornada laboral tienen un importante rol para la recuperación del organismo afectado por estas tareas físicas.

Son notables las diferencias en la productividad entre un trabajo con pausas y uno sin pausas; inclinándose la balanza hacia el trabajo combinado con el descanso, demostrándose desde el punto de vista productivo la importancia de los tiempos dedicados a la recuperación.

La constitución de la República de Cuba plantea la jornada de trabajo de ocho horas y cada vez se dedica mayor atención al descanso de los trabajadores. En la Ley No. 116, Código del Trabajo, aprobado el 20 de diciembre de 2013; se estipula en el Artículo 91 que:

*“Dentro de la jornada de trabajo a los trabajadores se les concede una o dos pausas con una duración máxima de treinta (30) minutos determinadas por el empleador para el descanso y necesidades personales, de forma tal que no se afecten las labores, ni se modifique la duración de la jornada y el cumplimiento del horario de trabajo establecido.” [5]*

*“Cuando las características de la actividad lo requieran y a propuesta de los organismos de la Administración Central del Estado o, en su caso, de las direcciones administrativas de los órganos locales del Poder Popular, de acuerdo con los sindicatos correspondientes, el Ministerio de Trabajo y Seguridad Social puede autorizar mayores períodos de descanso.”[5]*

*“(…) la distribución del descanso de los trabajadores que laboran a tiempo se determina por la administración de la entidad laboral de acuerdo con la organización sindical respectiva.”[6]*

*“(…) en estos casos no está especificado un tiempo de descanso para ocasiones donde el trabajador esté expuesto a la fatiga y este pueda decidir su tiempo de descanso; en esta situación la administración debe tener total conocimiento de las capacidades de sus trabajadores, así como de las tareas que estos realizan para la imposición de un descanso en determinado momento.”[6]*

La organización del régimen de trabajo y descanso debe tener en cuenta la naturaleza del trabajo, sus exigencias físicas y mentales, las condiciones ambientales en que se realizan, los requerimientos impuestos por razones técnicas que condicionan la posibilidad del descanso, los requerimientos sociales, las diferencias individuales de los trabajadores y las necesidades de la economía.[7]

Según Castro, C. [8] dentro de los factores a tener en cuenta para la determinación del tiempo de descanso en los trabajos de esfuerzo físico, son de gran importancia el gasto energético de la

actividad y la capacidad de trabajo físico del trabajador, ya que se ajusta con mayor precisión a las características del trabajador y a la actividad que realiza.

Dado los efectos negativos de la fatiga sobre el hombre y la practicidad de establecer el tiempo de descanso de forma dinámica, se hace imprescindible la búsqueda de un método de cálculo para el tiempo de descanso que cumpla con las condiciones de:

- No permitir la fatiga del obrero en el trabajo.
- Fácil de determinar.

A partir de estos factores se plantea como **problema científico**:

La no existencia de un método para el cálculo de tiempo de descanso que cumpla con las condiciones de dinamismo en el cálculo, la no permisión en la fatiga del trabajador y a su vez esté validado su uso para la población cubana.

De aquí surge la siguiente **pregunta científica**:

¿Existe un método para el cálculo de tiempo de descanso que cumpla con las condiciones anteriores y que sea válido para su uso en la población cubana?

A partir del problema científico planteado, surge para la investigación el siguiente **objetivo general**:

Validar para un segmento de la población cubana, un método de cálculo de tiempo de descanso que cumpla con las condiciones de dinamismo en el cálculo y la no permisión de la fatiga en el obrero.

Para cumplir con el objetivo general se deben resolver los siguientes **objetivos específicos**:

1. Realizar una búsqueda bibliográfica sobre los temas relacionados con los tiempos de descanso y sus métodos para determinarlos.
2. Seleccionar un método de cálculo de tiempo de descanso, con facilidad para los cálculos, a partir de su análisis, donde se valore la fatiga en el obrero.
3. Diseñar un procedimiento para la validación del método elegido en la población cubana.
4. Validar el método de cálculo de tiempo de descanso a partir de la aplicación del procedimiento diseñado en una muestra de la población cubana.

Una vez establecidos los objetivos específicos, se define la siguiente estructura para el desarrollo de la investigación:

**Capítulo I. Marco teórico referencial:** en este capítulo se exponen los principales conceptos que intervienen en la investigación, además de un análisis de los métodos conocidos para el tiempo de descanso en trabajos físicos, junto con la selección de uno de ellos que al menos cumpla con las dos primeras condiciones expuestas en el problema científico, de facilidad en los cálculos y la no permisión de la fatiga en el trabajador.

**Capítulo II. Descripción del procedimiento:** se diseña un procedimiento con una serie de pasos a seguir y condiciones que debe cumplir el método seleccionado en el Capítulo I para su validación en un segmento de la población cubana. Dicho procedimiento se basa en operaciones matemáticas y técnicas estadísticas para su desarrollo.

**Capítulo III. Resultados del procedimiento:** este es el capítulo que concluye con la investigación, donde se selecciona el rango etario para la validación del método seleccionado con anterioridad, aplicando los pasos del procedimiento descrito en el Capítulo II. También se decide a partir de los resultados obtenidos de la aplicación del procedimiento en la muestra elegida, la validez o no del método estudiado para el cálculo del tiempo de descanso.

Además del desarrollo se presentan en el trabajo investigativo:

**Conclusiones** derivadas de la investigación realizada.

**Recomendaciones** para futuras investigaciones.

**Bibliografía** consultada para la realización del estudio.

**Anexos** que permiten la mejor comprensión y desarrollo de los resultados expuestos.

## CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

---

El hombre constituye un elemento fundamental tanto en los sistemas de producción o servucción, siendo su salud un aspecto relevante para tener en cuenta. En el desarrollo de los trabajos físicos el tiempo de descanso para la recuperación tiene gran influencia para evitar la fatiga, elemento que atenta contra la salud del trabajador.

En este capítulo serán abordados los diferentes conceptos y temas de interés para el desarrollo de la investigación con el fin de resolver la problemática científica.

### 1.1. Conceptos y definiciones a tener en cuenta

#### 1.1.1. *La frecuencia cardíaca (FC)*<sup>1</sup>

Según Wilmore [9] la frecuencia cardíaca (FC) es el número de contracciones del corazón o pulsaciones por unidad de tiempo. Su medida se realiza en unas condiciones determinadas (reposo o actividad) y se expresa en latidos por minuto (lpm) o pulsaciones por minuto (puls/min). La medida del pulso se puede efectuar en distintos puntos, siendo los más habituales la muñeca, en el cuello (sobre la arteria carótida) o en el pecho. Existen varios aspectos de la FC que son de interés, expuestos a continuación.

#### 1.1.2. *Frecuencia cardíaca submáxima (FC<sup>-</sup>)*<sup>2</sup>

Como refiere Wilmore [9] la carga de trabajo submáxima es la cantidad de actividad que puede ser asignada a una parte o elemento de una cadena productiva sin entorpecer el desarrollo total de las operaciones. La carga de trabajo puede estar formada por una o varias unidades mínimas de trabajo. La FC<sup>-</sup> se define como la FC máxima alcanzada durante la actividad.

#### 1.1.3. *La frecuencia cardíaca de reposo (FC<sub>rep</sub>)*<sup>3</sup>

La frecuencia cardíaca de reposo, como bien lo indica su nombre, es la FC del individuo en estado de reposo (sin ninguna actividad física o mental de relevancia o estrés térmico que pueda generar un desplazamiento de la FC, debido a la función de termorregulación que cumple el corazón). Esta FC tiene gran importancia porque su valor se toma como base para determinar otros índices en la valoración de la carga física. [10]

---

<sup>1</sup> La frecuencia cardíaca será nombrada por FC.

<sup>2</sup> La frecuencia cardíaca submáxima a partir de ahora será FC<sup>-</sup>.

<sup>3</sup> La frecuencia cardíaca de reposo será llamada FC<sub>rep</sub>.

#### **1.1.4. El costo cardíaco (CC)<sup>4</sup>**

La variación entre la frecuencia cardíaca en reposo y la alcanzada al ejecutar un trabajo ( $FC^-$ ) se conoce como costo cardíaco y puede indicar, según el tiempo invertido, un grado mayor o menor de entrenamiento. Si frente a un mismo trabajo la frecuencia cardíaca de un sujeto alcanza un nivel estacionario con cifras más altas que la de otro, el segundo tiene menor costo cardíaco, ya que realiza el mismo trabajo con menor esfuerzo cardiovascular. Esto es válido siempre y cuando se conozcan las cifras de frecuencia cardíaca tanto en reposo como durante el ejercicio, cuando se alcanza el estado de equilibrio. [11]

#### **1.1.5. La frecuencia cardíaca en la recuperación ( $FC_{recup}$ )<sup>5</sup>**

En el período de recuperación, luego de alguna actividad física que provoque algún desplazamiento cardíaco, la FC tiene un decrecimiento en todo el período. Según Manero, el comportamiento de la FC se puede describir como una exponencial decreciente, con dos períodos marcados. El primero presenta un decrecimiento acelerado (período rápido de recuperación regular), mientras que en la segunda etapa la disminución de la FC se hace más lenta. [12]

#### **1.1.6. El período de recuperación rápido regular (PRRR)<sup>6</sup>**

Según Manero [12] el período de recuperación rápido regular (PRRR) se define como el tiempo necesario para recuperar el 50% del costo cardíaco desplazado por cualquier actividad; es el período necesario para restablecer las concentraciones de ácido láctico en el cuerpo. Dicho período guarda gran correlación con el porcentaje de capacidad física de trabajo que interviene en la actividad y es más prolongado a medida que el individuo utiliza más su capacidad física y que la frecuencia cardíaca alcanzada durante la actividad es mayor.

#### **1.1.7. Gasto energético (GE)<sup>7</sup>**

El ser humano, por la simple razón de estar vivo, requiere del consumo de energía, por mínima que sea esta. Las necesidades en estado de reposo varían según el sexo, la estatura y el peso entre otros factores. Sin embargo, lo que mayormente condiciona las diferencias en el gasto energético diario de personas sanas, es la actividad física laboral que realizan de forma independientemente. [13]

El **gasto energético** se define como la cantidad de energía requerida durante el desarrollo de una actividad laboral y se expresa normalmente en las unidades de la energía y la potencia, o

---

<sup>4</sup> El costo cardíaco se refiere como CC.

<sup>5</sup> La frecuencia cardíaca en la recuperación será  $FC_{recup}$ .

<sup>6</sup> Al período de recuperación rápido regular se le llamará PRRR.

<sup>7</sup> El gasto energético se refiere como GE.

sea, en kilocalorías (Kcal.), Kilojoule (KJ), Joule (J), Watt (W) o Watt por metros cuadrados de superficie corporal. (W/m<sup>2</sup>). [13]

La máxima cantidad de oxígeno que un individuo puede tomar de la sangre para llevarlo a los tejidos, en los cuales se generara energía y así poder desempeñar sus actividades laborales. **El promedio del V02 máximo va de los 3 a los 3.5 litros por minuto (El consumo máximo de oxígeno también se le llama " capacidad aeróbica máxima o solo capacidad aeróbica).** La determinación de consumo máximo de oxígeno se basa en la aplicación de pruebas de esfuerzo sub máximo y en su estrecha relación con la frecuencia cardiaca, carga de trabajo y otras variables fisiológicas y antropométricas. [14]

*“Partiendo del análisis de los conceptos anteriores se puede definir el Gasto Energético como la cantidad de oxígeno que un individuo puede tomar de la sangre para llevarlo a los tejidos donde se genera la energía requerida durante el desarrollo de una actividad laboral.”* [15]

#### **1.1.8. Capacidad de trabajo físico (CTF)<sup>8</sup>**

Se define como la posibilidad de realizar trabajo por la acción coordinada e integrada de una variedad de funciones, principalmente procesos generadores de energía, actividad neuromuscular y factores psicológicos. [12]

Es la potencia aeróbica máxima, o sea, el máximo caudal de oxígeno que es capaz de inspirar, combinar con la sangre en los pulmones y transportar por medio de la sangre a las células que se contraen. Esto es para cuando en la actividad laboral se empleen grandes grupos musculares de las extremidades, puesto que en la práctica puede ser menor si las contracciones musculares la realizan un pequeño grupo de músculos. [16]

La capacidad de trabajo físico (CTF) es la cantidad máxima de oxígeno que puede metabolizar una persona. También se la conoce como capacidad aeróbica, pues es la fuente de energía más importante con la que se puede contar ya que la capacidad anaeróbica es muy pequeña. [17]

Como plantea Cáceres [18] se puede decir que la capacidad de trabajo físico también conocida como capacidad aeróbica o volumen máximo de oxígeno, no es más que la máxima cantidad de oxígeno que una persona puede absorber combinar con la sangre, transportar y metabolizar; para así generar energía y realizar trabajo físico con satisfacción y agrado sin la sensación de fatiga física.

---

<sup>8</sup> La capacidad de trabajo físico se nombrará CTF.

### 1.1.9. **Fatiga o cansancio**

La fatiga es una reducción de la capacidad o potencia fisiológica de un tejido u órgano en un momento dado. Es un estado físico de alteración de la homeostasis debida al trabajo. Que provoca una disminución de la capacidad productiva y de la eficiencia. Y que se manifiesta por cansancio, disminución de la motivación y somnolencia.[4]

Cuando una persona realiza una tarea en forma continua aparece el cansancio por falta de recuperación biológica que se va acrecentando al transcurrir el tiempo, fundamentalmente cuando no hay posibilidades de recuperación por medio de pausas de descanso, surgiendo de esta manera la necesidad de descanso. [10]

### 1.1.10. **Pausa o tiempo de descanso (TD)<sup>9</sup>**

Las pausas y los descansos son tiempos disponibles dentro de una misma jornada de trabajo derivados de la interrupción de un trabajo o de una actividad en curso. Pueden tener varios objetivos, pero el principal es la recuperación de los elementos alterados por la actividad, esperando un alivio o una tregua al cansancio físico y/o mental, ya puede ser con un cambio de postura, de actividad o **la suspensión temporal de las actividades**. [19]

Los TD o pausas se pueden clasificar de la siguiente manera según Grandjean [20]:

**Pausas espontáneas:** son las pausas de descanso tomadas según la voluntad del trabajador, atendiendo a la apreciación de su propia fatiga o con el objetivo de evitarla.

**Pausas encubiertas:** son pausas de descanso consistentes en un cambio de actividad, a veces decidido por el trabajador y a veces determinadas por el contenido de trabajo. Permiten el descanso de grupos musculares particularmente involucrados en la actividad fundamental, variar posturas de trabajos incómodas, interrumpir la monotonía, restablecer la sensibilidad de los receptores sensoriales, o aliviar la tensión psíquica, se han denominado encubiertas, porque el trabajador continúa activo y en este sentido sería mejor denominarlas pausas de descanso activo, pero a veces este nombre se ha utilizado para una modalidad de las pausas de descanso prescritas.

**Pausas condicionadas por el trabajo:** consisten en pausas de descanso determinadas por interferencias en los procesos de producción, desbalance en líneas de producción y montaje, y tiempos de receso de los equipos atendidos por el trabajador.

---

<sup>9</sup> El tiempo de descanso o pausa será nombrado TD.

**Pausas prescritas:** son las pausas de descanso reglamentadas, frecuentemente para permitir al mismo tiempo la alimentación del trabajador. Ocasionalmente se prescriben pausas llamadas activas, durante las cuales se realiza un determinado ejercicio muscular, lo que se ha demostrado que acelera los procesos de recuperación.

### 1.1.10.1. Importancia de los TD en la JL

Los TD poseen gran importancia debido a su impacto positivo en la recuperación del trabajador para evitar la fatiga en el trabajo. En el TD son varios los indicadores fisiológicos que se recuperan, influyentes en el desempeño del trabajador, tanto en actividades físicas como mentales. A continuación se muestra la recuperación de algunos de estos indicadores.

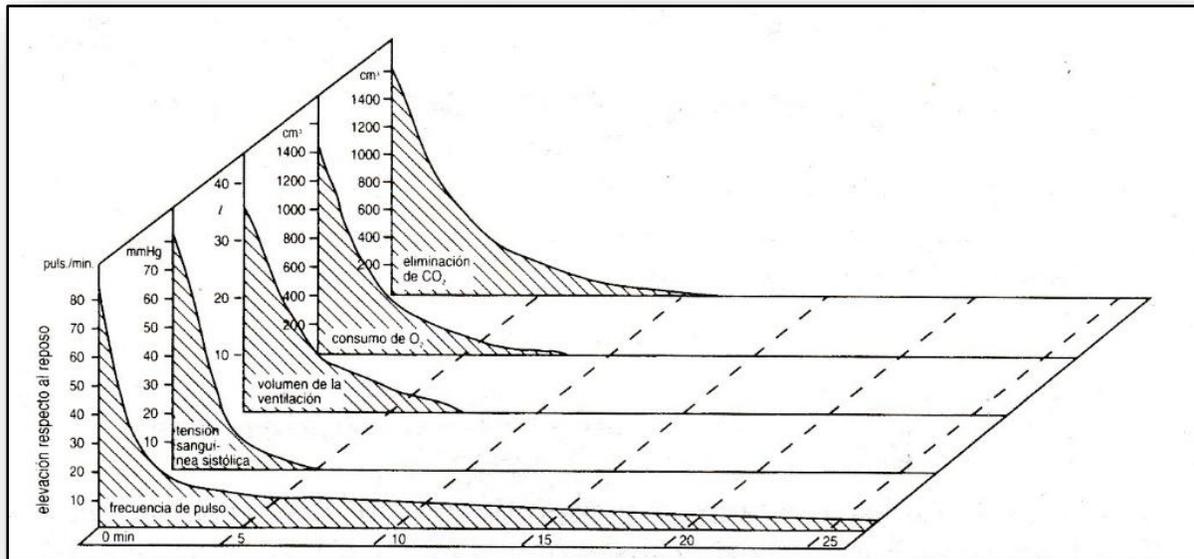


Figura 1.1 Recuperación después del trabajo físico

Fuente: Farrer (2010)

La influencia de las pausas en los resultados del trabajo mental se puede apreciar en la siguiente figura.

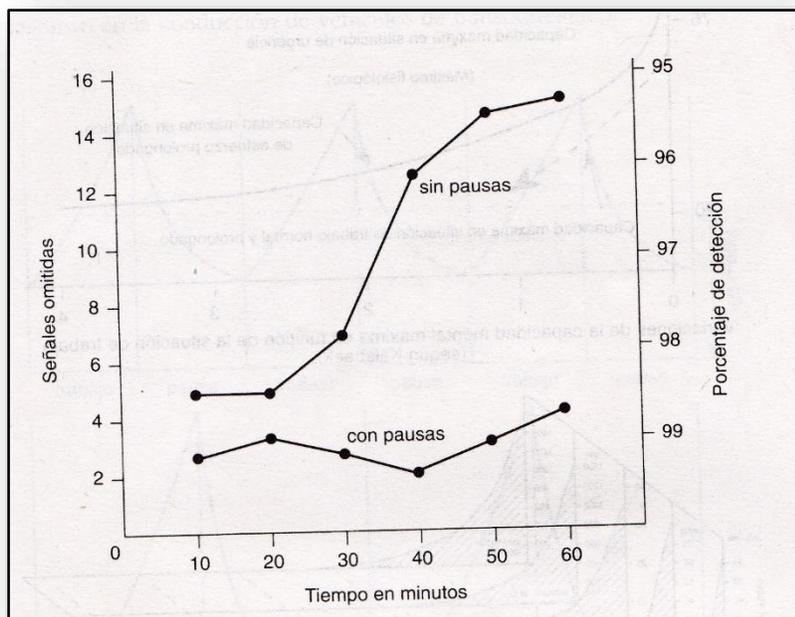


Figura 1.2: diferencias entre un trabajo con pausas y uno sin pausas.

Fuente: Farrer (2010)

Como se puede apreciar la omisión de señales en un trabajo sin pausas va aumentando significativamente en el tiempo, causado por la fatiga mental; mientras que en un trabajo con pausas, estos valores de omisión prácticamente no varían.

Las pausas también tienen un efecto directo en la producción, siendo favorable para un trabajo con pausas; mostrándose en la Figura 1.3.

Se hace evidente el impacto positivo de los TD en la jornada laboral debido a su influencia en factores fisiológicos del trabajador, el incremento de la productividad y disminución del estrés mental.

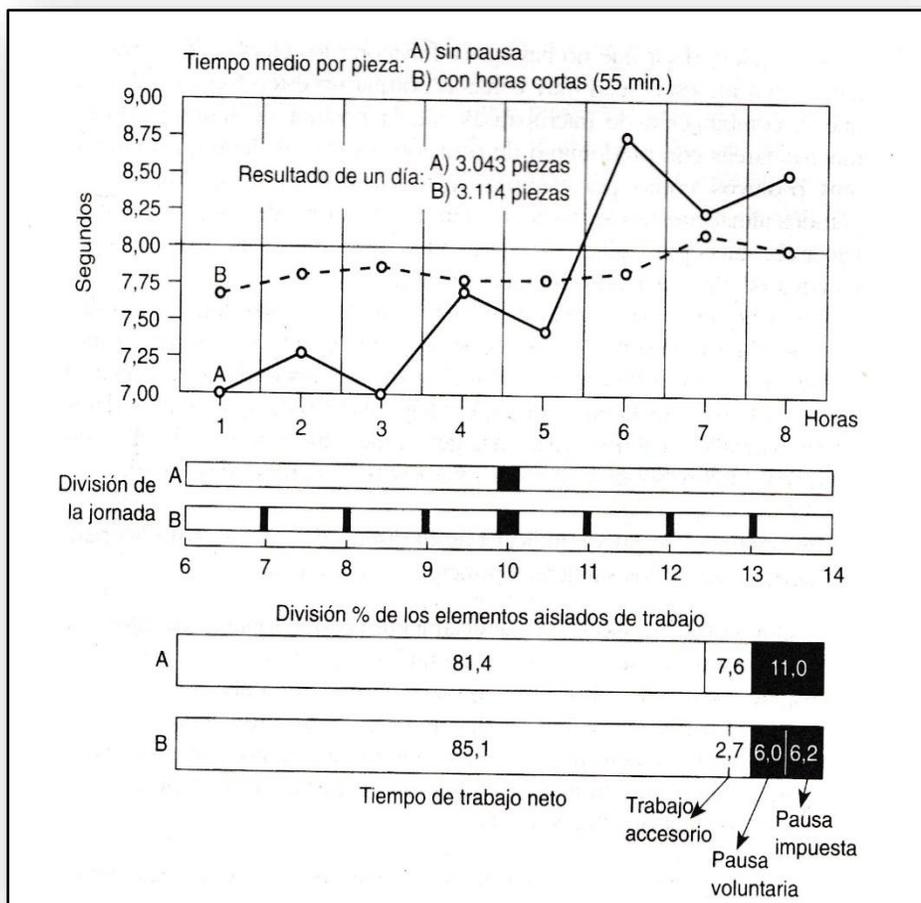


Figura 1.3: Diferencias en la productividad de trabajos con y sin pausas.

Fuente: Farrer (2010).

## 1.2. Métodos para estimar el TD en la jornada laboral

Para estimar el tiempo de descanso en trabajos físicos existen diversos métodos, planteados por diferentes estudiosos de la materia. A continuación se muestran algunos de estos métodos, señalando sus deficiencias, para la selección de la metodología que más conveniente sea en la presente investigación.

### 1.2.1. Ecuación de Murrell

El método creado por Murrell para determinar el TD, está basado en la siguiente expresión:

$$a = \frac{T * (b - s)}{b - 1.5}$$

Donde:

**a:** tiempo de descanso en recuperación (min).

**T:** duración de la jornada de trabajo (min).

**b:** gasto energético promedio (Kcal/min).

**s:** nivel de gasto energético aceptado como norma (Kcal/min); s es igual a 5 Kcal/min para el trabajador típico.

**1.5:** gasto energético para un hombre típico (Kcal/min).

El método se basa en la idea de que al excederse el nivel de gasto energético aceptado como norma se acumula un déficit, el trabajador se fatiga y hay que darle un descanso de recuperación.

El propio Murrell plantea que en sustitución de **s = 5 Kcal/min** fuera mejor utilizar la CTF del trabajador. [21]

### 1.2.2. Método de Mc Cormick

Mc Cormick brinda un gráfico para evaluar el TD según la expresión planteada por Murrell para distintos valores de **s**, según el criterio adecuado a las características de los trabajadores.

Los resultados pueden ser más precisos si **s = CTF**, **b = GE** medido por calorimetría indirecta y el metabolismo en descanso se calcula según:

$$GER = MB * SC * 1.4$$

Donde:

**GER:** gasto energético del reposo (Kcal/min)

**MB:** metabolismo basal (Kcal/min-m<sup>2</sup>)

**SC:** superficie corporal (m<sup>2</sup>)

Tanto el método de Mc Cormick ajustado a la ecuación de Murrell, como la misma ecuación de Murrell, presentan deficiencias para el cálculo del TD, ya que están diseñados para GE superiores

a la CTF, provocando en este caso el descanso después de que ocurre la fatiga y siendo utilizable para trabajos físicos de mucha exigencia, compuestos de una sola actividad. Por lo general se realizan varias actividades con GE y duración diferente, con un efecto acumulativo a lo largo de la jornada de trabajo. [21]

### 1.2.3. Método de Viña para el límite de gasto energético (LGE)<sup>10</sup>

El método planteado por Silvio Viña [21] toma en cuenta las limitaciones anteriormente expuestas, proponiendo un LGE para el trabajador, que depende de la CTF del mismo, además de la duración de la actividad. La expresión mostrada a continuación se basa en los valores permisibles para el hombre típico propuestos por **Lehmann**, teniendo carácter acumulativo a lo largo de la jornada laboral.

$$LGE = t * (CTF * (1.1 - 0.3 * \log t))$$

Donde:

**LGE:** límite de gasto energético acumulado a lo largo de la jornada laboral (IO<sub>2</sub>/min).

**CTF:** capacidad de trabajo físico (IO<sub>2</sub>/min).

**t:** tiempo de duración de la actividad (min).

La forma más cómoda de utilizar el método es gráficamente, los pasos a seguir para el método gráfico de Viña se muestran a continuación:

1. Se traza un gráfico del GE acumulado (IO<sub>2</sub>/min) Vs. tiempo (min), ploteando la curva de LGE para el tiempo de duración de la jornada laboral.
2. Se une el origen con la intercepción de la curva de LGE y el tiempo de duración de la jornada laboral, con una recta que representa el GE promedio permisible.
3. Se plotea la primera actividad laboral con su GE acumulado y su duración. La intensidad promedio permisible está dada por la pendiente de la recta que une el comienzo de la actividad con la intercepción de la curva de LGE para el tiempo de duración de la actividad.
4. Pueden darse tres situaciones:
  - a. Que la intensidad de la actividad sea **no permisible** porque corta la curva de LGE antes de su terminación. El tiempo permisible para tal actividad se lee en la escala de tiempo como la abscisa del punto de intercepción.
  - b. Que la actividad es **justamente permisible** porque termina sobre la curva de LGE.

<sup>10</sup> El límite de gasto energético será nombrado LGE.

- c. Que la actividad sea **ampliamente permisible** porque termina bajo la curva de LGE.
5. En los casos de los incisos a y b la intensidad máxima permisible de la siguiente actividad es la pendiente de la tangente a la curva de LGE en el momento de su inicio, pero con esa intensidad su duración sería nula para no exceder la curva. Por lo tanto, lo más conveniente en ese momento es programar una pausa de descanso (o una actividad con un costo energético muy bajo).
6. En el caso del inciso c se traslada al final de la actividad el origen de la curva de LGE. A esta nueva curva se le denomina LGE<sub>2</sub> y constituirá el nuevo límite hasta su intercepción con la curva de LGE, a partir de la cual se continúa aplicando esta última.
7. En caso de una actividad única que se realice durante toda la jornada, cuya intensidad sea mayor que la intensidad promedio permisible, la solución óptima consiste en alternar períodos de trabajo y descanso muy cortos para acercarse a la recta promedio. Razones organizativas pueden determinar la duración de estos períodos.

El método para establecer los TD en este procedimiento es el tanteo, tratando de que el GE nunca sobrepase la curva de LGE y que la última actividad de la jornada quede justamente permisible, para un mayor aprovechamiento de esta, sin sobrecargar al trabajador.

#### 1.2.4. Ecuación de Lehmann para el TD

El criterio más utilizado para calcular la duración del descanso en actividades con trabajo muscular determinante es el GE. La ecuación propuesta por Lehmann se basa en el cálculo de TD en función del GE; siendo este TD un porcentaje del tiempo de la actividad. [22]

$$D = \left( \frac{M}{4} - 1 \right) * 100$$

Donde:

**D:** duración del descanso en % de la duración de la actividad.

**M:** gasto energético de la actividad (Kcal/min).

Para calcular el TD por esta ecuación es necesario el GE de la actividad. Existen varios métodos para estimar el GE; pero uno de los más simples de utilizar es el propuesto por Martínez [15]; basado en la FC, siendo este un indicador de fácil medición.

La deficiencia de la ecuación de Lehmann es que solamente está diseñada para trabajos físicos donde intervengan los grandes grupos musculares, o sea, donde el GE sea superior a 4 Kcal/min (280 W o un consumo de 0.84 IO<sub>2</sub>/min).

Otro punto deficiente en esta ecuación es que no está comprobada su efectividad para la población cubana, factor que puede ser solucionado mediante estudios sobre elementos de la población cubana.

### **1.2.5. Selección del/los método/s**

Se predefinen tres condiciones fundamentales que deben cumplir los métodos para su selección como el óptimo para el cálculo de tiempo de descanso. Dichas condiciones son:

- **No permitir la fatiga del obrero en el trabajo:** esta condición se impone bajo el principio de los daños que puede causar la fatiga laboral, en método de cálculo para el tiempo de descanso, debe estar diseñado para que no ocurra este fenómeno.
- **Fácil de determinar:** se impone esta condición con el objetivo de que el tiempo de descanso pueda ser determinado de forma dinámica en la jornada laboral, a partir de indicadores medibles de forma simple, con datos de las características del trabajador o dispositivos de medición que no tengan influencia negativas o sean de estorbo en el desarrollo de las tareas.
- **Estar validado para su uso en la población cubana:** el método a utilizar para determinar el tiempo de descanso debe estar probado con resultados satisfactorios en elementos de la población cubana. Esta condición no es imprescindible para el criterio de selección de esta investigación, ya que la validación para la población cubana puede lograrse con pruebas de laboratorio sobre una muestra, a diferencia de las otras condiciones, que el problema reside en el diseño del método.

En la siguiente tabla se encuentran los métodos analizados y las condiciones que estos cumplen para su selección.

Tabla 1.1 Evaluación de los métodos para el TD.

Método	No permitir la fatiga del obrero en el trabajo	Fácil de determinar	Estar validado para su uso en la población cubana
Ecuación de Murrell	No	Si	No
Método de Mc Cormick	No	Si	No
Método de Viña	Si	No	Si
Ecuación de Lehmann	No cumple la condición en su totalidad, porque según su diseño, que no toma en cuenta la CTF del trabajador para los cálculos, puede darse el caso de que GE supere la CTF.	Si	No

Fuente: elaboración propia.

De los métodos expuestos anteriormente, son descartados para la investigación la Ecuación de Murrell y el Método de Mc Cormick, ya que solo permiten TD cuando el GE supera la CTF, siendo esto un factor que afecta la integridad del trabajador.

Una fusión del Método de Viña con la Ecuación de Lehmann, o sea, calcular los TD en el régimen de trabajo y descanso bajo la curva de LGE del método de Viña mediante la Ecuación de Lehmann, ofrecería una forma de calcular TD que permite como ventaja el trabajo bajo la condición de que el GE no exceda la CTF del obrero, para que no sea perjudicado por la fatiga, además de ser un método para varias actividades y con un TD fácil de determinar (a partir del GE). Este método combinado cumple con las condiciones preestablecidas, excepto con la validación en la población cubana en la parte del cálculo de tiempo de descanso.

### 1.2.6. Ajuste de la ecuación de Lehmann al método de Viña

Si se utiliza la ecuación planteada por Lehmann para el TD en el cálculo de este en el método de Viña, basado en el LGE, se obtiene como resultado un mayor ajuste a la curva de LGE que por el método de tanteo, logrando un mayor aprovechamiento de la jornada sin la sobrecarga del

trabajador, además del cálculo de TD de una forma más sencilla (teniendo los GE de las actividades).

A continuación se muestra gráficamente dicho ajuste en una de las pruebas de comprobación realizadas para un trabajador ficticio y cuatro actividades hipotéticas con sus respectivos GE y duración; se toma como GE del reposo.

Tabla 1.2: Datos del obrero

CTF (IO2/min.):	3
Estatura (m):	1,82
Peso (kg):	90
Sexo (M/F):	M

Fuente: elaboración propia.

Tabla 1.3: Actividades hipotéticas.

	GE (IO2/min.)	T.O. (min.)
Act. 1	1	120
Act. 2	1	105
Act. 3	1	90
Act. 4	1	75

Fuente: elaboración propia.

Partiendo de los datos del trabajador se traza la curva de LGE, que no debe ser sobrepasada por las rectas del GE acumulado.

Las tablas muestran los datos hipotéticos para la demostración de la efectividad de la ecuación de Lehmann para el método de Viña. Seguidamente se observan los gráficos del régimen de trabajo y descanso, utilizando ambos métodos.

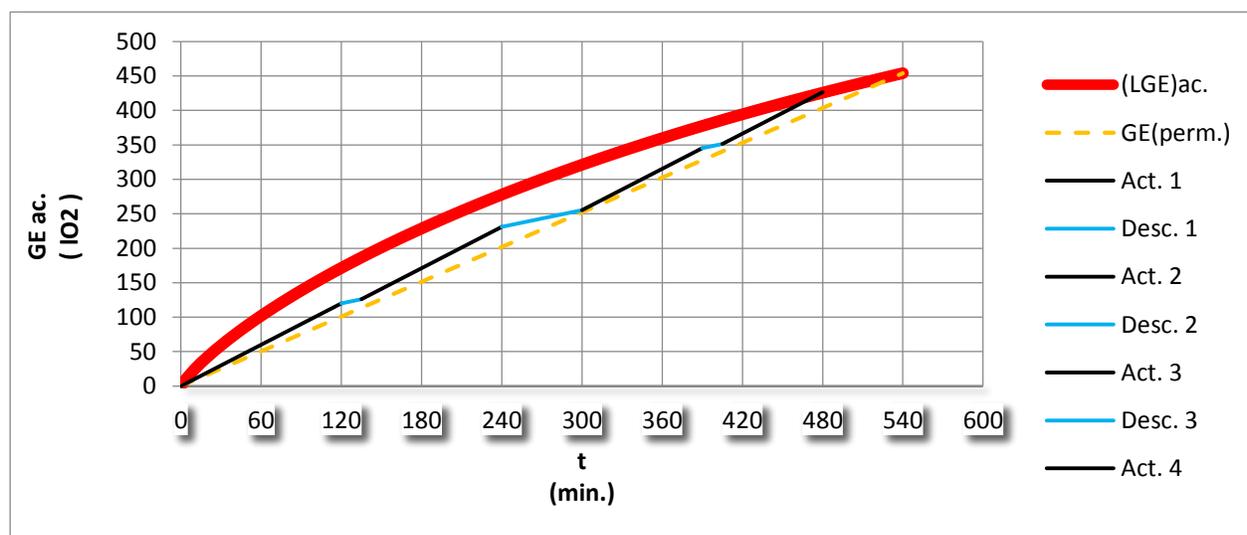


Gráfico 1.1: RTD por método de tanteo.

Fuente: elaboración propia.

Tabla 1.4: Resumen de TD tanteados

	T.D. (min.)
Act. 1	15
Act. 2	60
Act. 3	15
<b>Total</b>	<b>120</b>

Fuente: elaboración propia.

Como se aprecia en el gráfico, la última actividad queda justamente permisible, como es ideal para la metodología de Viña, concluyendo las labores a los 480 min; para un TD total de 120 min. Los TD fueron estimados por métodos de tanteo.

Utilizando la ecuación de Lehmann para calcular los TD, se obtiene el siguiente gráfico.

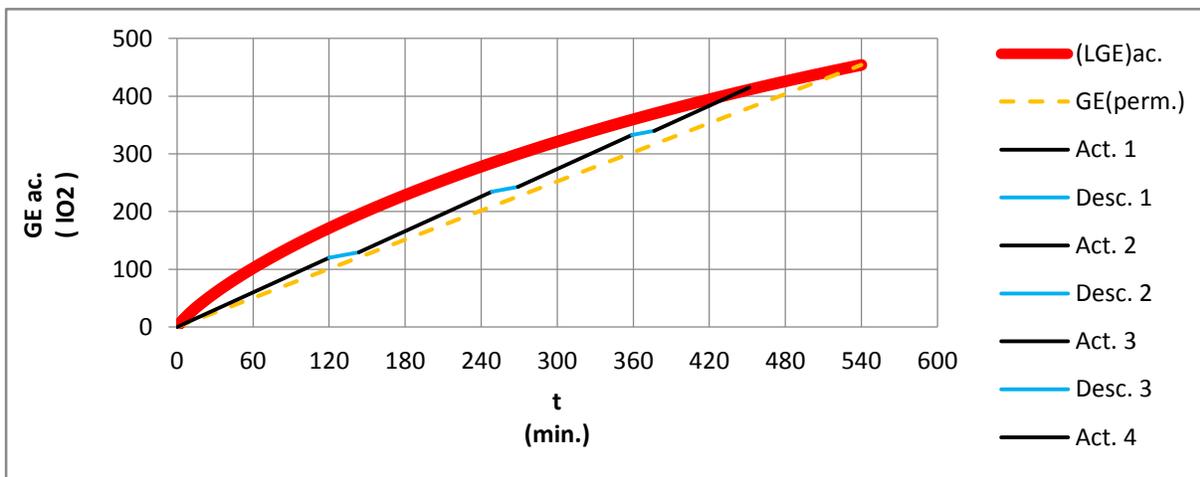


Gráfico 1.2: RTD por ecuación de Lehmann

Fuente: elaboración propia.

Tabla 1.5: Resumen de TD calculados por Lehmann.

	T.D. (min.)
Act. 1	23
Act. 2	21
Act. 3	18
Total	62

Fuente: elaboración propia.

En este caso la tarea concluye a los 450 min aproximadamente, con un TD total de 62 min; demostrando que la ecuación de Lehmann asegura los TD óptimos para la jornada, sin que el trabajador sobrepase el LGE, quedando la última actividad justamente permisible.

### 1.3. Validación de la ecuación de Lehmann de TD para trabajadores cubanos.

Decidiendo tomar la ecuación de Lehmann para los TD en el método de Viña, se debe comprobar si esta permite un nivel aceptable de recuperación para los elementos de la población cubana.

#### 1.3.1. La FC como indicador de recuperación

En los trabajos físicos, debido a las contracciones o relajamientos de los músculos, ocurre un incremento de la FC en dependencia de la intensidad y duración de la tarea, así como los grupos musculares que intervengan en ella, debido a que para que ocurra trabajo muscular, este debe ser irrigado por la sangre, ya que esta aporta la energía necesaria para sus actividades. Para una mayor irrigación de sangre en los músculos, el corazón debe bombear con mayor frecuencia, de aquí el incremento de la FC, además de otros indicadores. [16]

Según Wilmore [9] la FC guarda una relación directa con el GE, como se muestra en la siguiente figura. Por lo que, si disminuye la FC, se puede afirmar que disminuye el GE.

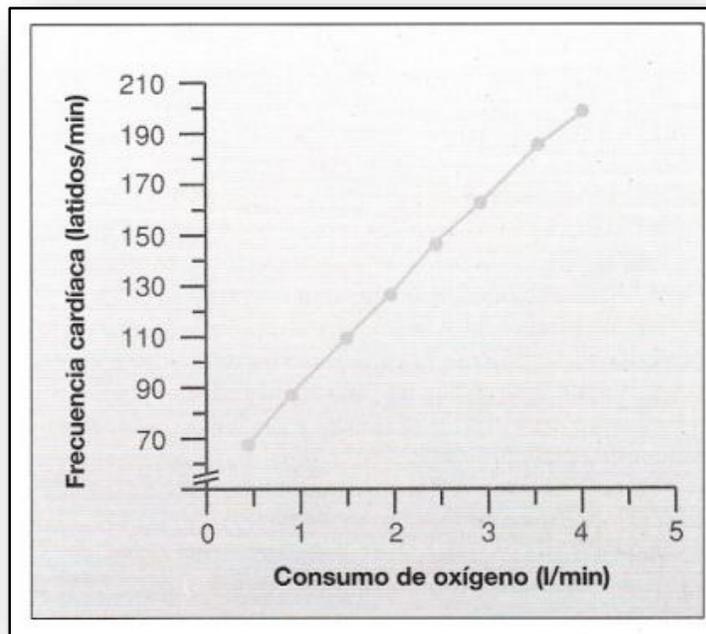


Figura 1.4: Relación entre Consumo de Oxígeno y FC

Fuente: Wilmore (2001).

Además de esta estrecha relación con el consumo de  $O_2$ , como se muestra en la Figura 1.1, la FC es el indicador que más tarda su recuperación, comparado con la tensión sanguínea, volumen de la ventilación, consumo de  $O_2$  y la eliminación de  $CO_2$ , además de ser el de más fácil medición. Por estas razones se puede utilizar la FC como indicador general para la recuperación; recuperándose notablemente la FC, significa la recuperación total, o en un alto grado de los otros indicadores desplazados por la actividad física y este conjunto de elementos recuperados con respecto a sus valores en estado de reposo demuestran que el individuo está en condiciones de seguir con la actividad física.

### 1.3.2. Equipo de medición de FC

Una vez decidida la FC como indicador de recuperación se debe comprobar la fiabilidad del equipo de medición a utilizar, en este caso se elige el pulsómetro, debido a su fácil manipulación y su característica de no interferir en la actividad física que se realice.

Para corroborar la fiabilidad del pulsómetro se comparan sus valores registrados de FC con los determinados por un electrocardiograma. La FC determinada por el pulsómetro se muestra en el

reloj, dada en puls/min. Este valor se debe comparar con el hallado por el electrocardiograma, calculado de la siguiente manera:

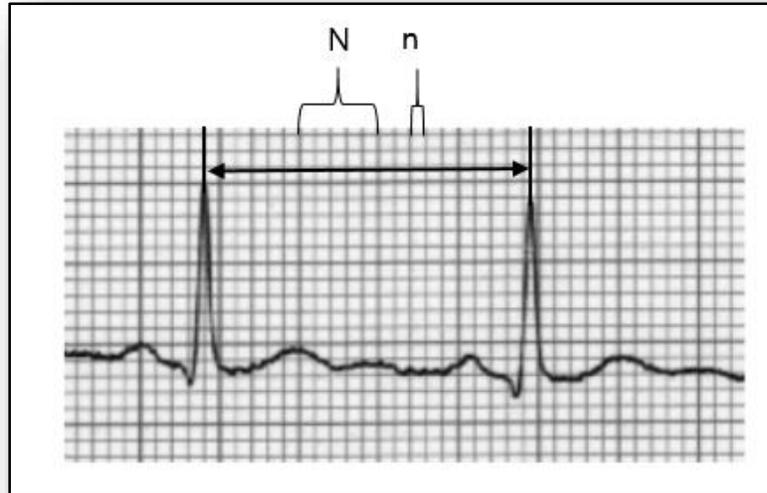


Figura 1.5: Ejemplo de electro

Fuente: Castro (2014)

Los valores de N (cantidad de cuadros grandes en el intervalo) y n (cantidad de cuadros pequeños para completar la medición después de tener N) están dados por el valor modal de N;n en el período analizado. [23]

$$FCe = \frac{300}{(N + (0.2 * n))}$$

Siendo:

FCe: FC calculada mediante el electrocardiograma.

FCp: FC determinada por el pulsómetro.

Teniendo las dos FC a comparar, el porcentaje de fiabilidad (%fiab) del pulsómetro con respecto al electrocardiograma se calcula:

$$\%fiab = \left(1 - \frac{FCe - FCp}{FCe}\right) * 100$$

Se comprobó la efectividad de la ecuación de Lehmann para determinar los TD en el método de Viña, siendo este el más completo, comparado con las otras metodologías analizadas, ya que no se limita a una sola actividad y no permite la fatiga del obrero. En el siguiente capítulo se muestra un procedimiento para comprobar si la ecuación de Lehmann para el TD es aplicable en trabajadores cubanos permitiendo su recuperación.

#### **1.4. Conclusiones parciales del capítulo**

Se puede concluir en este capítulo:

1. Fue realizada una búsqueda bibliográfica sobre los temas referentes a tiempo de descanso y sus métodos para determinarlos.
2. En la selección del método para determinar el TD en trabajos físicos se toma en cuenta que no permita la fatiga del obrero, fácil forma de cálculo y validado su uso en la población cubana.
3. Se eligió como método para el cálculo de TD una combinación entre el método de Viña y la ecuación de Lehmann.
4. Se tomó como indicador general para medir la recuperación la FC.

## CAPÍTULO II. DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO PARA LA VALIDACIÓN DE LA ECUACIÓN DE LEHMANN EN LA POBLACIÓN CUBANA

---

En el presente capítulo se expondrá el procedimiento a seguir en la investigación para validar el uso de la ecuación de Lehmann para determinar el tiempo de descanso para trabajos físicos. Dicho procedimiento consta de cuatro pasos fundamentales con sus respectivos pasos auxiliares. Estos pasos son:

- La imposición de la carga física a los individuos del experimento.
- El cálculo del TD por la ecuación de Lehmann.
- Determinación de las curvas que describe la FC en el período de recuperación para cada sexo.
- Cálculo del porcentaje de recuperación del CC que garantiza el TD calculado por la ecuación de Lehmann.

En el último paso se comprobará si la ecuación de Lehmann es factible utilizarla para determinar el tiempo de descanso a partir del porcentaje de recuperación del CC que garantiza para los trabajos físicos.

Para la realización de los pasos expuestos se deben cumplir ciertas premisas, serán abordadas a continuación.

### 2.1. Premisas

Para que se pueda desarrollar el experimento y sea utilizable la ecuación de Lehmann para el TD, se deben cumplir las siguientes premisas:

- 1- **Condiciones microclimáticas ideales:** las condiciones microclimáticas se consideran ideales cuando existe la temperatura donde el corazón no tenga que destinar trabajo en su función de termorregulación (mantenimiento de la temperatura del cuerpo estable). Se considera como condiciones de microclima La temperatura del local debe estar entre 20 y 24 °C, antes del comienzo de la actividad para determinar la frecuencia cardiaca del reposo, ya que según Viña [21] *“no hay tensión térmica significativa, el trabajador no tiene que sudar para mantener el balance térmico”*. Esta situación puede identificarse con la sensación de bienestar térmico.

- **Individuos aptos para la muestra:** la muestra para la aplicación del procedimiento debe estar compuesta por individuos sanos con condiciones físicas normales, para la aplicación posterior de la carga física. Los criterios a tener en cuenta para su selección son:
  - Ausencia de patologías cardiorrespiratorias.
  - No haber tomado estimulantes (café, té o cola).
  - Haber obtenido un resultado satisfactorio en la aplicación del test.
  - No haber sido atleta o deportista de alto rendimiento
  - No haber realizado esfuerzos importantes desde el día anterior a la prueba.

En el **Anexo 1** se encuentra el modelo del resumen clínico psicológico.

- **GE de la actividad:** se debe tener un método para la determinación del GE de la actividad, ya que a partir de este valor se calcula el TD por la ecuación a validar.
- **Equipo de medición de FC fiable:** el equipo de medición a utilizar para la determinación de la FC es el pulsómetro (**ver Anexos 2 y 3**), ya que este permite tener un control constante de la FC. Para su utilización en la aplicación del procedimiento, este debe tener un alto grado de fiabilidad, se toma como patrón el electrocardiógrafo, siguiendo los pasos explicados en el capítulo anterior para la comprobación de la fiabilidad.

## **2.2. Carga física**

La carga física será el factor con el que se medirá la efectividad de la ecuación de Lehmann para el tiempo de descanso. Para aplicar la carga se deben seguir una serie de pasos que a continuación serán explicados.

### **2.2.1. Selección de la muestra**

Se seleccionará una muestra de individuos de ambos sexos, preferiblemente del mismo rango etario, los cuales deben haber pasado satisfactoriamente el examen médico y cumplir con lo descrito en la premisa de **individuos aptos para la muestra**.

### **2.2.2. FC de reposo**

Los datos de  $FC_{rep}$  de cada individuo serán extraídos de Martínez, 2014 [15] para la muestra seleccionada.

La forma en que se determina la  $FC_{rep}$  es el valor modal de la FC tomada cada 1 min durante 10 min, en estado de reposo del individuo (sentado, sin actividad física o mental significativa), en un ambiente con las condiciones microclimáticas ideales (explicadas en el epígrafe anterior).

### 2.2.3. Prueba del escalón

La carga física a la que se someterá la muestra será la prueba del escalón, en la NC 19-00-07 de 1987 [24] aparece descrita, debido a que se puede calcular el gasto energético con la ayuda del nomograma para esta prueba en trabajadores cubano, planteado por Manero en [12].

El escalón debe cumplir con las características mostradas en la siguiente figura:

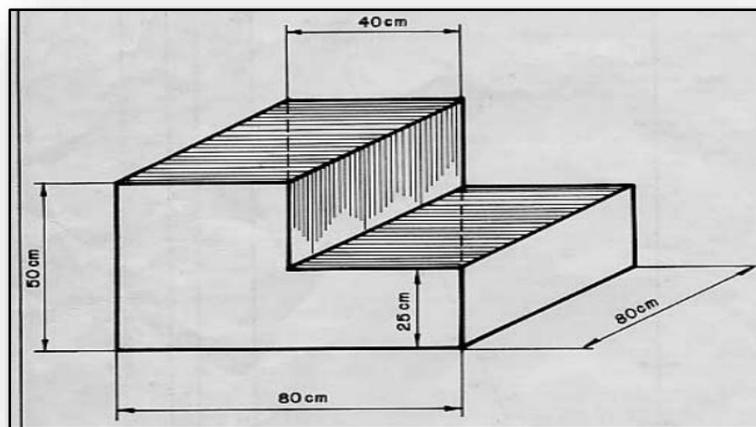


Figura 2.1: Dimensiones del dispositivo para la prueba del escalón.

Fuente: NC 19-00-07 (1987)

Se realizará un entrenamiento previo durante 1 min, en el cual se asignará a los hombres una carga de trabajo submáxima consistente en subir y bajar el banco 16 veces en 1 minuto. A las mujeres se le asignará una carga de trabajo submáxima consistente en subir y bajar el banco 12 veces en 1 min. El ritmo de pasos lo brindará un metrónomo, marcando para los hombres 96 beep<sup>11</sup>/min y para las mujeres 72 beep/min.

Las subidas y bajadas se realizarán de frente al banco, tres pasos hacia arriba y tres pasos hacia abajo. En ambos casos se apoyarán los dos pies en el peldaño superior y en el piso. (ver Figura 2.2).

<sup>11</sup> Sonido que emite el metrónomo para marcar el ritmo de los pasos.

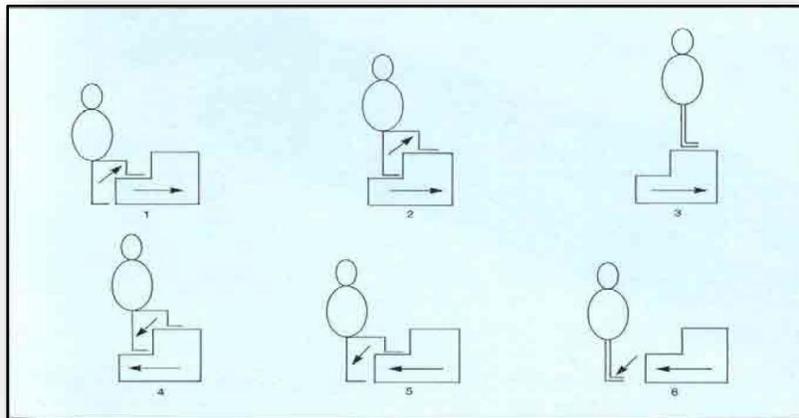


Figura 2.2: Procedimiento para la prueba de escalón.

Fuente: Manero (1986).

Luego del entrenamiento, el individuo se sentará hasta que su frecuencia cardiaca llegue al nivel del reposo.

Una vez recuperado, se procede a la realización de la prueba, como en el entrenamiento, pero durante 5 minutos de forma continua.

#### 2.2.4. GE por individuos

Los datos de GE para cada elemento de la muestra serán extraídos de Martínez [15], aunque pueden ser calculados mediante las ecuaciones planteadas en esta fuente.

La ecuación de Lehmann está diseñada para GE superiores a los 280 W, por lo que se deben descartar aquellos individuos que no excedan este nivel de GE en la prueba del escalón.

#### 2.2.5. Recopilación de la FC submáxima y FC en recuperación

Los datos de FC se obtienen con la ayuda del pulsómetro. La FC submáxima se toma inmediatamente al concluir la prueba del escalón, y las FC de recuperación se anotan cada 15 segundos en los primeros tres minutos de recuperación y luego en los minutos 5, 10, 15 y 20 de la recuperación, estos datos son resumidos en una tabla para cada individuo. **Ver Anexo 4.**

#### 2.3. Cálculo de TD

El cálculo del TD requerido para la tarea se realizará mediante la ecuación de Lehmann, se calculará un TD para cada individuo. A continuación se muestran las tareas a seguir para completar este paso.

### 2.3.1. Selección de la muestra apta para los cálculos

La nueva muestra para trabajar será todo aquel individuo cuyo GE en la prueba del escalón superó los 280 W, debido a que la ecuación de Lehmann para TD así lo requiere.

### 2.3.2. Cálculo de TD

Se realiza el cálculo de TD para cada individuo, mediante la ecuación de Lehmann, teniendo como datos el GE en la prueba del escalón (expresado en Kcal/min) y la duración de la tarea (5 min de prueba del escalón).

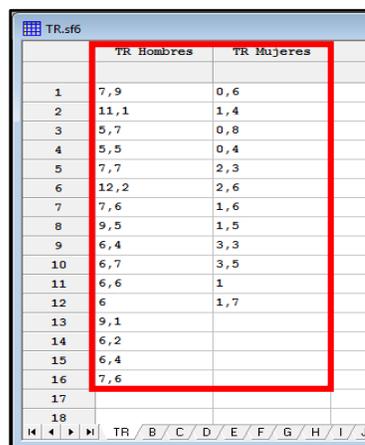
### 2.3.3. Determinación de los TD medios para cada sexo

En la investigación se manejarán los valores medios de TD, ya que estos cubren la mayor parte de las poblaciones, descartando los individuos extremos. Para determinar los TD medios se debe seguir los pasos explicados a continuación para la prueba de normalidad.

### 2.3.4. Prueba de normalidad para encontrar la media

La prueba de normalidad para los datos se realiza principalmente para trabajar con los valores de la media, medida de tendencia central para esa distribución. Con la ayuda del STATGRAPHICS Centurion 15.0 (herramienta a utilizar para los procesamientos estadísticos necesarios) esta prueba se hace de una manera sencilla, descrita en los siguientes pasos.[25]

1. Introducir los datos en la tabla del STATGRAPHICS.



	TR Hombres	TR Mujeres
1	7,9	0,6
2	11,1	1,4
3	5,7	0,8
4	5,5	0,4
5	7,7	2,3
6	12,2	2,6
7	7,6	1,6
8	9,5	1,5
9	6,4	3,3
10	6,7	3,5
11	6,6	1
12	6	1,7
13	9,1	
14	6,2	
15	6,4	
16	7,6	
17		
18		

Figura 2.3

2. En la Barra de Tareas, Analizar, Datos Continuos, Ajuste de Distribuciones, Ajuste de datos no censurados.

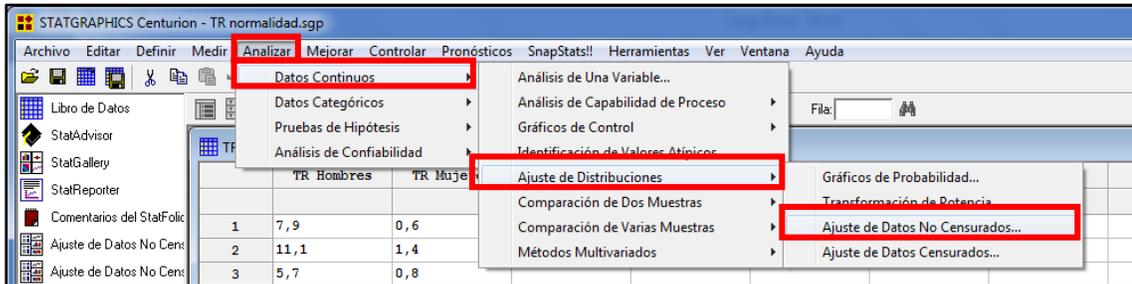


Figura 2.4

3. Añadir a la casilla Datos el nombre de la columna a analizar y Aceptar.

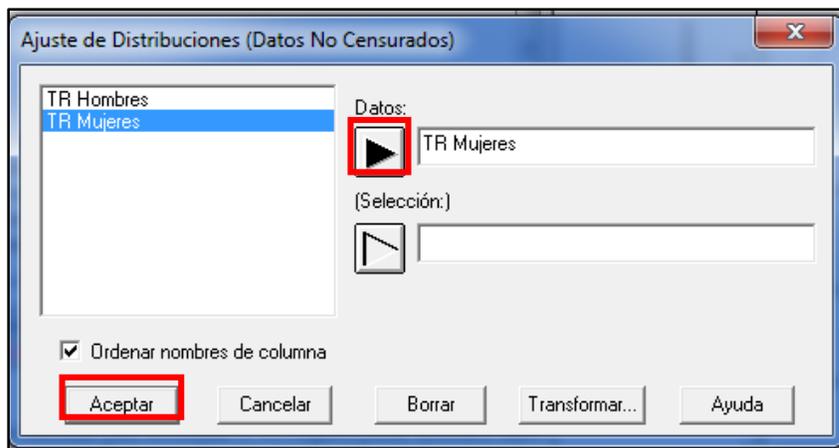


Figura 2.5

4. En la barra de Herramientas, Tablas.

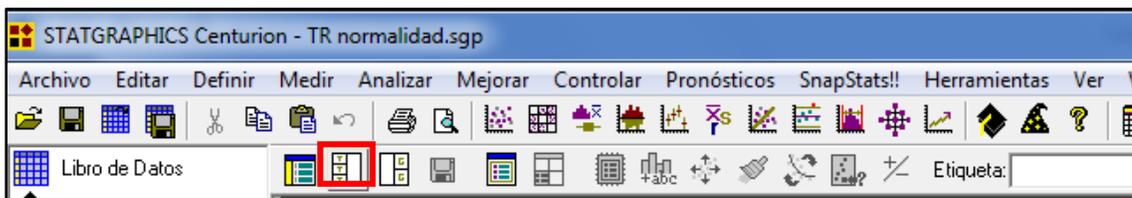


Figura 2.6

5. Marcar Prueba de Normalidad. Aceptar.

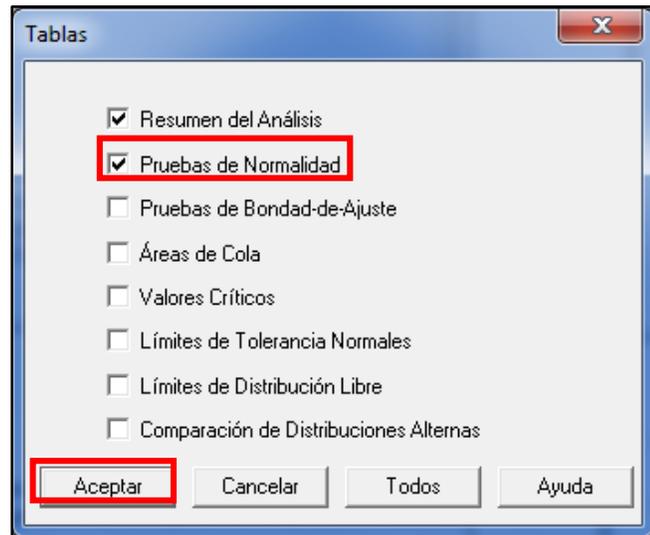


Figura 2.7

6. En la ventana de Prueba de Normalidad, mediante la prueba de Shapiro-Wilk, leer el último párrafo, donde dice si se rechaza o no la idea de que provenga de una distribución Normal con un 95 % de confianza. Este análisis se hace a partir del Valor P, marcado en Rojo. Si es mayor que 0.05, los datos provienen de una distribución Normal con un 95 % de confianza.

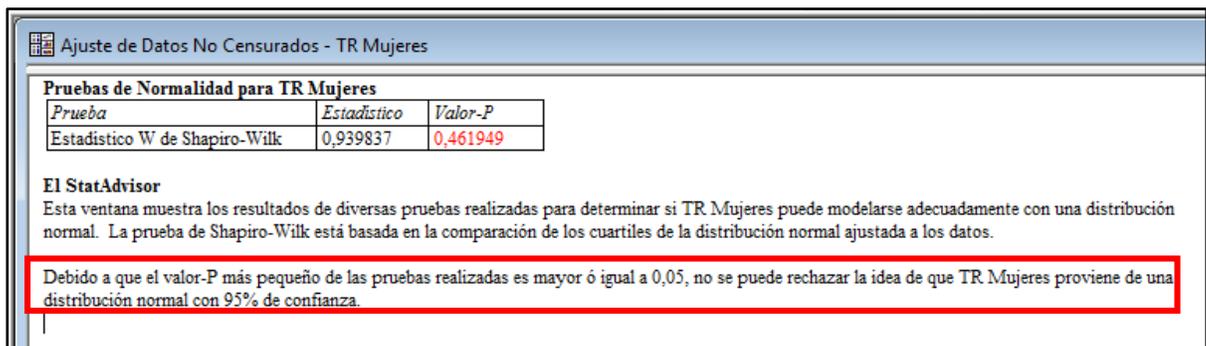


Figura 2.8

En caso de que los datos no provengan de una distribución Normal con un 95 % de confianza, se debe buscar la distribución que más se ajuste, en los siguientes pasos se describe el procedimiento.[26]

Pruebas de Normalidad para TR Hombres		
Prueba	Estadístico	Valor-P
Estadístico W de Shapiro-Wilk	0,874454	0,0317418

**El StatAdvisor**  
Esta ventana muestra los resultados de diversas pruebas realizadas para determinar si TR Hombres puede modelarse adecuadamente con una distribución normal. La prueba de Shapiro-Wilk está basada en la comparación de los cuartiles de la distribución normal ajustada a los datos.

Debido a que el valor-P más pequeño de las pruebas realizadas es menor a 0,05, se puede rechazar la idea de que TR Hombres proviene de una distribución normal con 95% de confianza.

Figura 2.9

1. En la ventana de Ajuste de Datos no Censurados (la misma ventana de los pasos anteriores), mostrar en Tablas, Comparación de Distribuciones Alternas.

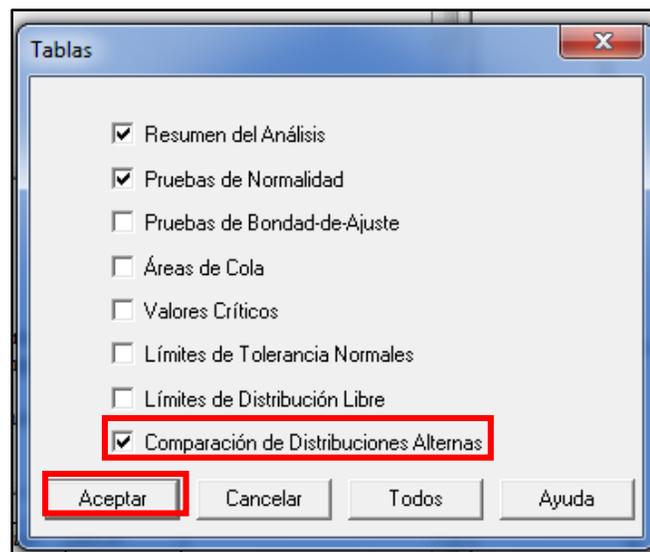


Figura 2.10

2. Buscar la distribución que más se aproxime a los datos.

Comparación de Distribuciones Alternas			
Distribución	Parámetro Est.	Log Verosimilitud	KS D
Valor Extremo Más Grande	2	-30,3153	0,164351
Uniforme	2	-30,4337	0,391791
Gaussiana Inversa	2	-31,0349	0,177661
Birnbaum-Saunders	2	-31,046	0,177963
Lognormal	2	-31,0765	0,17127
Loglogística	2	-31,3	0,150024
Gamma	2	-31,5482	0,182562
Logística	2	-32,6484	0,156384
Normal	2	-32,8235	0,19624
Laplace	2	-33,0354	0,160241
Weibull	2	-33,4855	0,206622
Valor Extremo Más Chico	2	-35,9975	0,244676
Exponencial	1	-48,5291	0,513311
Pareto	1	-59,2337	0,572514

**El StatAdvisor**  
 Esta tabla compara la bondad de ajuste cuando varias distribuciones se ajustan a TR Hombres. Pueden seleccionarse otras distribuciones usando las Opciones de Ventana.  
 De acuerdo con el estadístico log verosimilitud, la distribución de mejor ajuste es la distribución del valor extremo más grande. Esta es la distribución actualmente seleccionada.

Figura 2.11

3. Clic derecho en la ventana, Opciones de análisis.

t	Log Verosimilitud	KS D
	-30,3153	0,1643
	-30,4337	0,3917
	-31,0349	0,1776
	-31,046	0,1779
	-31,0765	0,1712
	-31,3	0,150024

Figura 2.12



6. En caso de que los datos se ajusten a la distribución seleccionada, buscar el dato de la media en la tabla resumen de Distribuciones Ajustadas.

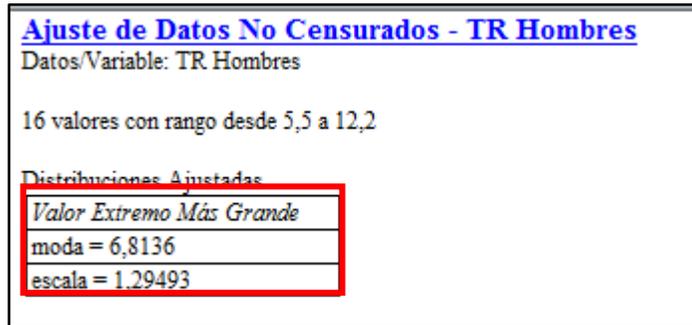


Figura 2.15

Si los datos no provienen de la distribución seleccionada en el paso 5, se debe aplicar la transformación de potencia, explicada a continuación.

1. En la Barra de Tareas, Analizar, Datos Continuos, Ajuste de Distribuciones, Transformación de potencia.



Figura 2.17

2. Añadir a la casilla Datos el nombre de la columna a transformar y Aceptar.

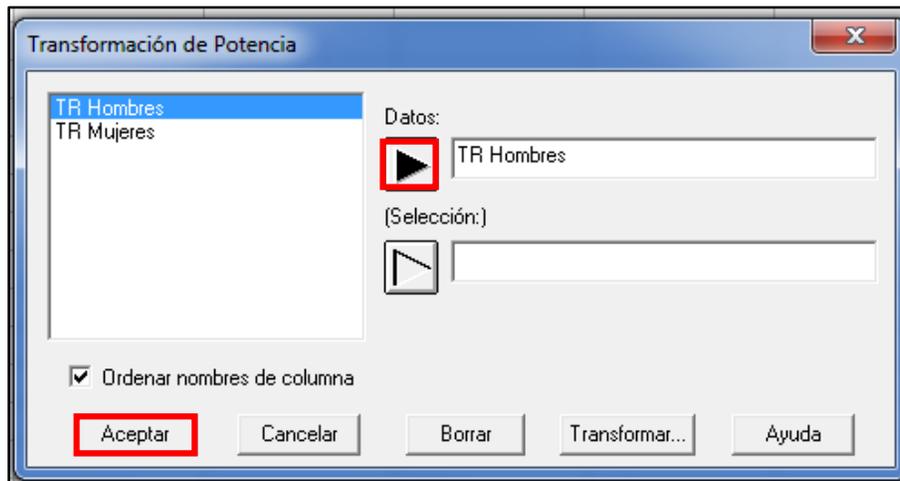


Figura 2.18

3. A partir del valor de Potencia ( $\lambda_1$ ), marcado en rojo, aplicar la transformación a cada uno de los datos por la siguiente fórmula:

$$\text{Transformada} = \text{dato}^{\lambda_1}$$

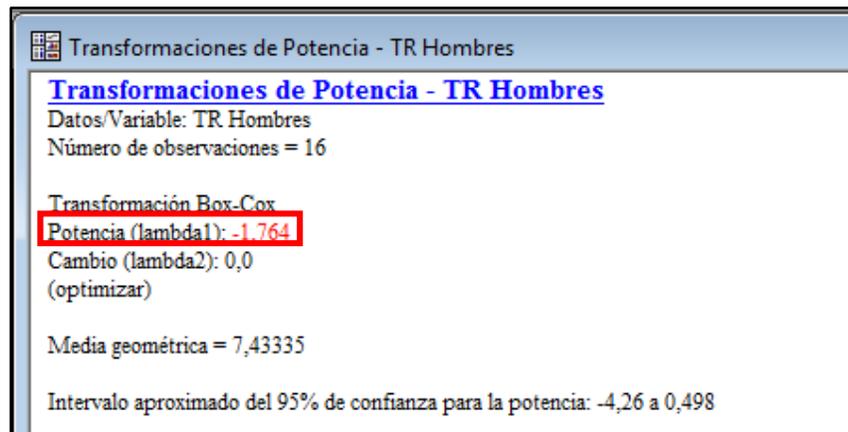


Figura 2.19

4. Determinar la media de los valores transformados ( $\lambda_t$ )
5. Hallar el valor de la media de las transformaciones de potencia mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Media transformada de potencia} = \lambda t^{\left(\frac{1}{\lambda}\right)}$$

Este valor de Media transformada de potencia será la media para los datos.

## 2.4. Determinación de las curvas

Se hace imprescindible encontrar las ecuaciones que describen las curvas de la disminución de la FC en el período de recuperación. Con estas ecuaciones a partir del período de recuperación determinado por el método de Lehmann se puede calcular para que FC se cumple, y además determinar que parte del CC se ha recuperado en este tiempo. A continuación se describen los pasos a seguir para determinar dichas ecuaciones.

### 2.4.1. Determinar FC media para cada intervalo de tiempo

Debido a que la investigación estará dirigida para la media en la muestra, se hace necesario buscar los datos medios de FC para cada intervalo de tiempo, con el objetivo de encontrar la curva que describe estos datos. Esto se puede lograr mediante la prueba de normalidad para encontrar la media de los datos, explicada con anterioridad.

### 2.4.2. Regresión de las curvas

La regresión de las curvas que describen la recuperación de la FC en el período de descanso se realiza con la ayuda del STATGRAPHICS, introduciendo los datos de FC media para cada intervalo de tiempo, distinguiéndolos por sexo. A continuación se describen los pasos a seguir para encontrar las ecuaciones.[27]

1. Introducir datos en la tabla del STATGRAPHICS. Variable independiente (tiempo) y dependiente (FC)

	tiempo	FC Hombres	FC Mujeres
1	0	145	153
2	0,25	127	138
3	0,5	114	124
4	0,75	105	112
5	1	104	107
6	1,25	95	102
7	1,5	98	99
8	1,75	96	99
9	2	95	96
10	2,25	93	95
11	2,5	93	96
12	2,75	91	95
13	3	91	93
14	5	89	89
15	10	82	88
16	15	80	83
17	20	79	85

Figura 2.20

2. En la Barra de tareas: Mejorar, Análisis de Regresión, Un Factor, Regresión Simple.

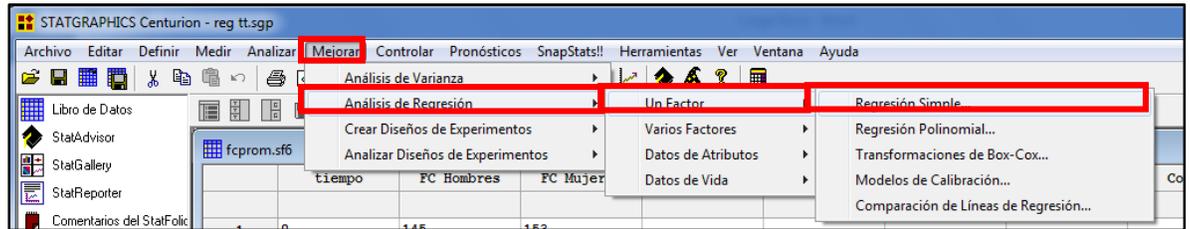


Figura 2.21

3. Añadir a las casillas de X (tiempo) y Y (FC) los datos correspondientes, Aceptar.

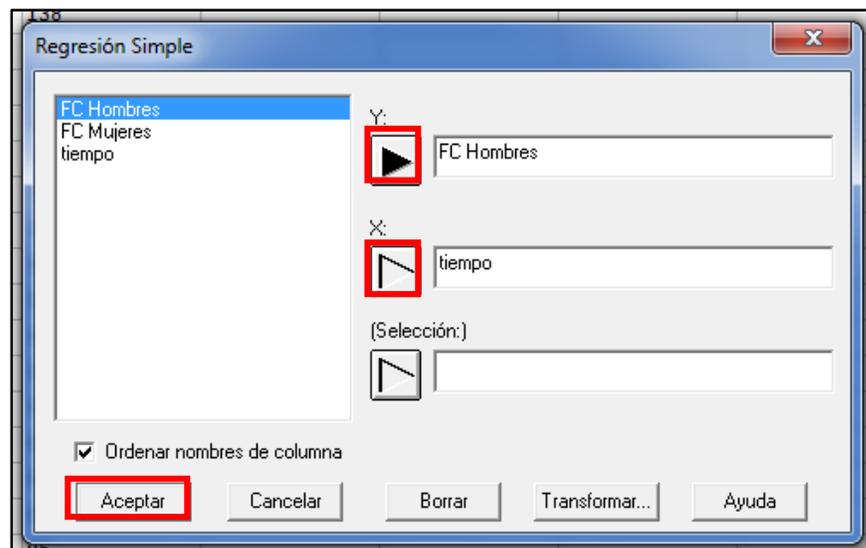


Figura 2.22

4. En la Barra de Herramientas, Tablas.

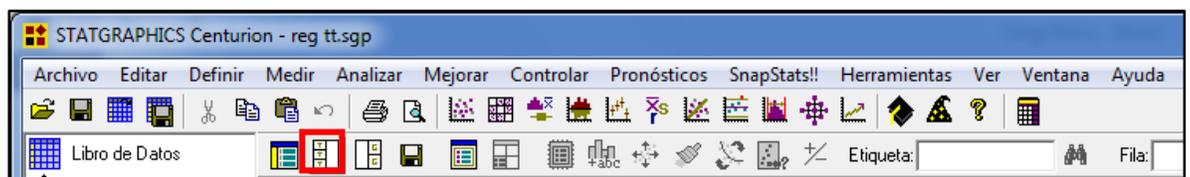


Figura 2.23

5. Marcar Comparación de Modelos Alternativos, Aceptar.

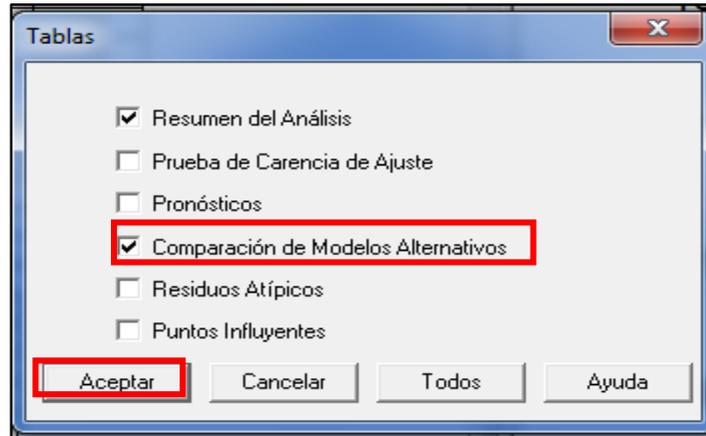


Figura 2.24

6. En la ventana de Comparación de Modelos Alternativos, buscar en la tabla el modelo que más se asemeje a los datos; verificando que el porcentaje de R-Cuadrada y la Correlación posean altos valores.

The image shows a window titled "Regresión Simple - FC Hombres vs. tiempo". Inside, there is a table titled "Comparación de Modelos Alternos". The table has three columns: "Modelo", "Correlación", and "R-Cuadrada". The first row, "Inversa-Y Raiz Cuadrada-X", is highlighted with a red box. The other rows are: "Logaritmico-Y Raiz Cuadrada-X", "Raiz Cuadrada de X", "Cuadrado-Y Raiz Cuadrada-X", "Inversa de Y", "Exponencial", and "Raiz Cuadrada de Y".

Modelo	Correlación	R-Cuadrada
Inversa-Y Raiz Cuadrada-X	0,8934	79,82%
Logaritmico-Y Raiz Cuadrada-X	-0,8504	72,31%
Raiz Cuadrada de X	-0,8016	64,25%
Cuadrado-Y Raiz Cuadrada-X	-0,7500	56,26%
Inversa de Y	0,7485	56,02%
Exponencial	-0,6880	47,33%
Raiz Cuadrada de Y	-0,6564	43,09%

Figura 2.25

7. Clic derecho en la ventana, Opciones de Análisis.

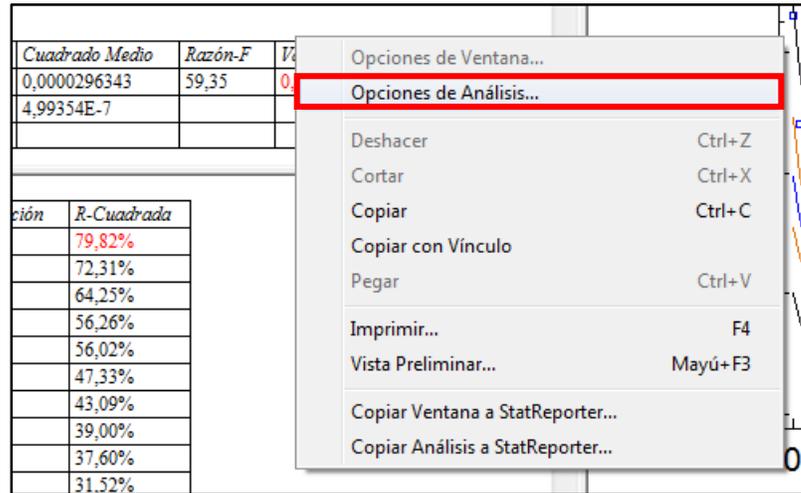


Figura 2.26

8. Marcar el modelo que más se asemeja a los datos (paso 6), Aceptar.

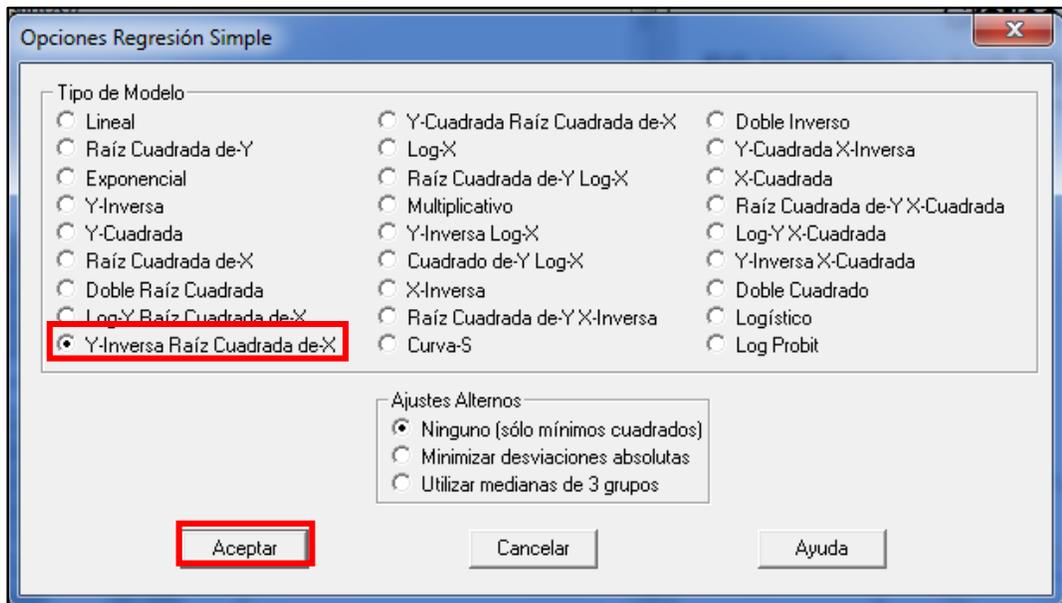


Figura 2.27

9. En la ventana de Regresión Simple, El StatAdvisor, localizar la ecuación calculada a partir de los datos. Comprobar que existe una relación estadísticamente significativa a partir del valor P (menor que 0.05).

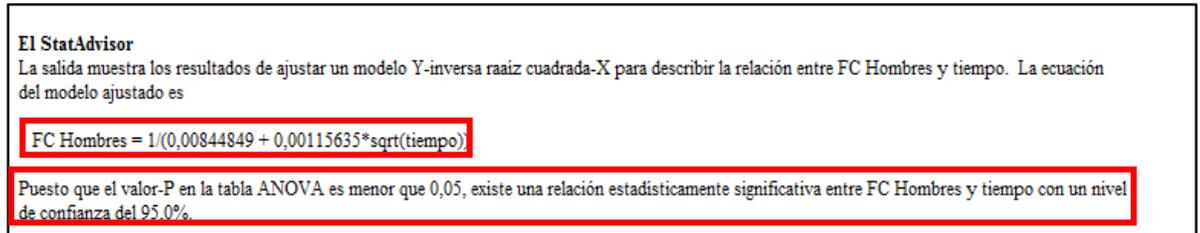


Figura 2.28

La ecuación encontrada en el Paso 9, será la que describa a los datos con un nivel de precisión de R-Cuadrada, expresado en porciento, mostrado en la tabla de distribuciones alternas del Paso 6.

### 2.4.3. Construcción de los gráficos

Los gráficos de FC vs tiempo en el período de recuperación se construyen a partir de las ecuaciones logradas en el paso anterior. En estos gráficos se establecerán los puntos de PRRR y de tiempo de descanso medio por sexo calculados con anterioridad para su futura comparación.

## 2.5. Porciento de recuperación del CC

En este paso se calcula el porciento de recuperación del CC que garantiza el TD proporcionado por la ecuación de Lehmann, para ello se debe seguir la siguiente línea de trabajo.

### 2.5.1. FC de recuperación para el TD calculado

La FC de recuperación es la que se alcanza al concluir el TD (medio) calculado con anterioridad para cada sexo. Esta FC se calcula a partir de las ecuaciones de FC vs tiempo, determinadas anteriormente para cada sexo, el valor de tiempo utilizable en las ecuaciones como variable independiente es el TD medio calculado anteriormente por la ecuación de Lehmann.

### 2.5.2. Cálculo del porciento de recuperación del CC

El porciento de recuperación del CC se calcula de manera sencilla mediante la siguiente ecuación:

$$\% \text{ recuperación} = \frac{FC^- - FC_{\text{recup}}}{CC}$$

Siendo  $FC^-$  el valor de FC medio en el instante de concluir la prueba del escalón;  $FC_{\text{recup}}$  es la FC calculada en el paso anterior a partir de las funciones obtenidas en la regresión y CC se define como la diferencia entre  $FC^-$  y  $FC_{\text{rep}}$ .

### **2.5.3. Porciento de recuperación para la ecuación de Lehmann Vs. PRRR**

El porciento de recuperación del CC que asegura la ecuación de Lehmann debe superar al porciento recuperado en el PRRR para que sea factible utilizar dicha ecuación para determinar el tiempo de descanso para trabajos físicos, debido a que en el PRRR el obrero recupera el 50 % del CC de la actividad y es importante que para reanudar las labores.

Para tener una mejor visión de la secuencia de pasos a seguir en el procedimiento descrito y sea más fácil su comprensión, consultar **Anexo 5**.

## **2.6. Conclusiones parciales del capítulo**

Del Capítulo II se puede concluir:

1. Se establecieron las premisas para la investigación.
2. Fue diseñado un procedimiento para la validación de la ecuación de Lehmann en la población cubana.
3. El elemento a tener en cuenta para la validación de la ecuación de Lehmann en la población cubana es que el porciento de recuperación del CC supere al recuperado en el PRRR.

## CAPÍTULO III. RESULTADOS DE LA APLICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO EN UNA MUESTRA

En este capítulo se muestra la aplicación del procedimiento diseñado en el Capítulo II, además de las conclusiones arribadas en la investigación.

### 3.1. Cumplimiento de las premisas

**Condiciones microclimáticas:** Las condiciones microclimáticas del laboratorio son de 23 °C antes de iniciar la prueba.

**Individuos aptos para la muestra:** de los 57 individuos presentados a las pruebas de aptitud, un total de 35 personas resultaron aptas, 15 del sexo femenino y 20 del masculino. El examen físico eliminó 21 que padecían algún problema de salud y el examen psicológico sólo uno que presentó trastornos en su personalidad. Se obtiene así la muestra necesaria para llevar a cabo la investigación.

**GE de la actividad:** los datos de GE son extraídos de Martínez [15], calculados estos mediante las ecuaciones expuestas en el capítulo anterior.

**Equipo de medición de FC fiable:** a partir del procedimiento para la comprobación de fiabilidad del pulsómetro, explicado en el Capítulo I se construye la Tabla 3.1.

Tabla 3.1: Fiabilidad del pulsómetro.

	Hombres	Mujeres
<b>FC pulsómetro (puls/min)</b>	83	87
<b>Lectura de electro (N,n)</b>	3,2	3,1
<b>FC electrocardiógrafo (puls/min)</b>	88,24	93,75
<b>Fiabilidad (%)</b>	94,1	92,8

Fuente: elaboración propia.

Los registros de electrocardiogramas para cada sexo en la comprobación se encuentran en el **Anexo 6**.

Como se puede apreciar en la tabla los valores de fiabilidad del pulsómetro con respecto al electrocardiograma, son altos para ambos sexos, por lo que es válido el pulsómetro seleccionado para realizar mediciones.

## 3.2. Carga física

### 3.2.1. Selección de la muestra

La muestra está formada por 15 estudiantes de cada sexo de tercer año de la carrera de Ingeniería Industrial, cuyas edades oscilan entre 20 y 21 años para el sexo femenino y entre 20 y 22 años para el masculino. Cada individuo fue sometido previamente a un riguroso examen médico corroborando su aptitud para la prueba.

### 3.2.2. FC de reposo

Los datos FC de reposo, calculado previamente a la prueba del escalón se tomaron de la investigación presentada por Martínez [15], mostrados en Tabla 3.4 para el sexo masculino y Tabla 3.5 para el sexo femenino.

### 3.2.3. GE por individuos

El GE para cada individuo, calculado a partir de las FC de reposo y submáxima, fueron extraídos de la tesis de Arián y mostrados en las siguientes tablas.

Tabla 3.3: GE por individuos (hombres)

ID	Nombre	GE (W)
1	Royland Subiaurt	721,9
2	Yohan Vega	896,7
3	Dariel Garcia	598,6
4	Erilian Palacios	584,3
5	Abel Garcia	706,1
6	Adalberto Castro	958,9
7	Osvaldo Cristobal	704,1
8	Alejandro Castro	808,9
9	Omar Yaner	634,5
10	Alexis Ortega	650,0
11	Jose A Talavera	646,0
12	Juan P Perez	612,6
13	Roberto Bello	783,6
14	Yaidel Leyva	622,9
15	Rodolfo Martinez	633,1

Fuente: elaboración propia.

Tabla 3.2: GE por individuos (mujeres)

ID	Nombre	GE (W)
1	Yenis Rodriguez	314,2
2	Daimarys Yera	354,1
3	Diana C Guerra	321,2
4	Monica Villalobos	300,3
5	Daylis Santamaria	406,6
6	Laura Vega	423,6
7	Gretter Sanchez	274,0
8	Anabel Mentado	275,9
9	Lays Alfonso	273,7
10	Yanelis Castañeda	366,0
11	Lilian A Lima	361,7
12	Diana Rosa Viamante	245,6
13	Marien Leon	463,5
14	Yailin Polo	475,1
15	Darisley Martinez	337,3

Fuente: elaboración propia.

### 3.2.4. Prueba del escalón

Cada elemento de la muestra fue sometido a 5 min de carga física en la prueba del escalón, con la frecuencia de pasos correspondiente para cada sexo.

### 3.2.5. Recopilación de la FC submáxima y FC en recuperación

La FC submáxima y las FC en recuperación de cada elemento de la muestra por intervalo de tiempo se resumen en las siguientes tablas.

Tabla 3.4: Datos de FC recopilados (hombres)

Intervalos de t (min.)	Intervalos de t (seg.)	FC (puls/min/sujeto)														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	<b>FC Submáx</b>	145	165	122	123	146	177	163	161	129	150	146	136	165	126	127
<b>1</b>	<b>15</b>	115	142	108	114	127	163	152	154	110	154	120	125	156	106	110
	<b>30</b>	102	125	93	104	120	153	141	141	102	147	102	102	147	86	100
	<b>45</b>	97	105	81	95	105	139	134	130	93	141	98	96	142	82	98
	<b>60</b>	95	103	78	89	102	136	131	130	73	123	94	96	135	77	92
<b>2</b>	<b>75</b>	86	101	72	87	86	117	130	128	74	128	93	89	129	72	86
	<b>90</b>	78	99	62	83	83	136	129	124	74	128	90	92	124	69	92
	<b>105</b>	79	96	64	74	87	124	126	118	67	130	96	87	126	69	91
	<b>120</b>	80	101	62	81	90	118	123	116	70	124	100	90	117	67	87
<b>3</b>	<b>135</b>	76	96	64	68	96	126	118	117	71	121	98	82	116	68	82
	<b>150</b>	86	95	65	65	93	118	114	116	73	120	100	87	117	65	83
	<b>165</b>	79	90	61	63	86	113	120	119	74	110	99	86	114	67	87
	<b>180</b>	82	89	62	75	88	115	119	114	72	110	93	87	111	70	80
<b>5</b>	<b>300</b>	79	91	60	66	92	116	113	103	72	106	88	90	113	64	79
<b>10</b>	<b>600</b>	81	73	59	70	81	98	108	95	68	101	79	77	97	63	77
<b>15</b>	<b>900</b>	73	80	59	64	87	92	112	92	59	94	81	76	92	66	75
<b>20</b>	<b>1200</b>	75	76	58	59	80	94	100	84	61	98	77	76	107	64	81
	<b>FC Reposo</b>	76	73	53	51	69	88	102	75	63	85	72	68	79	55	64
	<b>CC</b>	69	92	69	72	77	89	61	86	66	65	74	68	86	71	63

Fuente: elaboración propia.

Tabla 3.5: Datos de FC recopilados (mujeres)

Intervalos de t (min.)	Intervalos de t (seg.)	FC (puls/min/sujeto)										
		1	2	3	4	5	6	10	11	13	14	15
	<b>FC Submáx</b>	132	136	162	158	149	180	137	142	165	176	142
<b>1</b>	<b>15</b>	132	113	147	140	127	174	116	142	147	151	131
	<b>30</b>	120	111	132	133	100	138	111	139	140	130	115
	<b>45</b>	80	100	129	133	84	133	98	120	130	126	102
	<b>60</b>	72	100	125	125	93	122	92	113	124	108	102
<b>2</b>	<b>75</b>	76	99	115	126	79	118	87	107	117	106	92
	<b>90</b>	88	92	120	120	80	107	78	98	117	105	88
	<b>105</b>	80	92	116	124	84	112	84	97	108	101	93
	<b>120</b>	80	83	113	120	71	111	80	89	113	99	94
<b>3</b>	<b>135</b>	86	84	115	118	84	115	83	91	115	95	93
	<b>150</b>	88	84	115	120	74	113	81	90	103	97	88
	<b>165</b>	88	84	113	118	80	111	80	91	102	91	86
	<b>180</b>	88	82	108	115	83	114	76	92	97	83	85
<b>5</b>	<b>300</b>	86	87	106	108	84	109	81	83	99	85	88
<b>10</b>	<b>600</b>	84	76	102	102	74	107	84	81	91	84	87
<b>15</b>	<b>900</b>	86	82	95	98	72	114	82	83	86	83	82
<b>20</b>	<b>1200</b>	82	79	97	96	70	108	77	82	88	79	80
	<b>FC Reposo</b>	80	69	94	96	64	104	64	85	89	71	77
	<b>CC</b>	52	67	68	62	85	76	73	57	76	105	65

Fuente: elaboración propia.

### 3.3. Cálculo de TD

#### 3.3.1. Selección de la muestra apta para los cálculos

De la muestra inicial se eliminaron los individuos cuyo GE no superara los 280 W, ya que la ecuación de Lehmann está diseñada para GE superior a este valor en la determinación del tiempo de descanso. Los siguientes elementos se descartaron del experimento por no cumplir con la condición expuesta:

Sexo femenino, ID 7; 8; 9 y 12.

### 3.3.2. Cálculo de TD

Los cálculos de los TD para cada individuo, a partir del GE de la actividad y la duración de esta, se encuentran resumidos en las siguientes tablas. Fue necesaria la conversión de W a Kcal/min, debido a que la ecuación de Lehmann para el TD está diseñada para esta unidad de medida.

Tabla 3.6: TD calculados (hombres)

ID	GE (W)	GE (kcal/min)	TR (min)
1	721,9	10,36	7,9
2	896,7	12,86	11,1
3	598,6	8,59	5,7
4	584,3	8,38	5,5
5	706,1	10,13	7,7
6	958,9	13,76	12,2
7	704,1	10,10	7,6
8	808,9	11,60	9,5
9	634,5	9,10	6,4
10	650,0	9,32	6,7
11	646,0	9,27	6,6
12	612,6	8,79	6,0
13	783,6	11,24	9,1
14	622,9	8,94	6,2
15	633,1	9,08	6,4
<b>Prom</b>			<b>7,1</b>

Fuente: elaboración propia.

Tabla 3.7: TD calculados (mujeres)

ID	GE (W)	GE (kcal/min)	TR (min)
1	314,2	4,51	0,6
2	354,1	5,08	1,4
3	321,2	4,61	0,8
4	300,3	4,31	0,4
5	406,6	5,83	2,3
6	423,6	6,08	2,6
10	366,0	5,25	1,6
11	361,7	5,19	1,5
13	463,5	6,65	3,3
14	475,1	6,82	3,5
15	337,3	4,84	1,0
<b>Prom</b>			<b>1,7</b>

Fuente: elaboración propia.

### 3.3.3. Determinación de los TD medios para cada sexo

Basados en el procedimiento para encontrar la media a partir de la prueba de normalidad se obtiene:

Los valores de GE para los Hombres no presentan normalidad, según las pruebas realizadas por el STATGRAPHICS, apreciado en la figura 3.1.

Pruebas de Normalidad para TR Hombres		
Prueba	Estadístico	Valor-P
Estadístico W de Shapiro-Wilk	0.874454	0.0317418

**El StatAdvisor**  
 Esta ventana muestra los resultados de diversas pruebas realizadas para determinar si TR Hombres puede modelarse adecuadamente con una distribución normal. La prueba de Shapiro-Wilk está basada en la comparación de los cuartiles de la distribución normal ajustada a los datos.

Debido a que el valor-P más pequeño de las pruebas realizadas es menor a 0.05, se puede rechazar la idea de que TR Hombres proviene de una distribución normal con 95% de confianza.

Figura 3.1: Prueba de normalidad para TD de hombres.

Fuente: elaboración propia.

Al no existir normalidad en los datos, para estimar la media se debe seleccionar una distribución que se ajuste más a la muestra. En este caso la distribución de mejor ajuste fue la de Valor Extremo Más Grande; figura 3.2.

Comparación de Distribuciones Alternas			
Distribución	Parámetros Est.	Log Verosimilitud	KS D
Valor Extremo Más Grande	2	-30.3153	0.164351
Uniforme	2	-30.4337	0.391791
Gaussiana Inversa	2	-31.0349	0.177661
Birnbaum-Saunders	2	-31.046	0.177963
Lognormal	2	-31.0765	0.17127
Loglogística	2	-31.3	0.150024
Gamma	2	-31.5482	0.182562
Logística	2	-32.6484	0.156384
Normal	2	-32.8235	0.19624
Laplace	2	-33.0354	0.160241
Weibull	2	-33.4855	0.206622
Valor Extremo Más Chico	2	-35.9975	0.244676
Exponencial	1	-48.5291	0.513311
Pareto	1	-59.2337	0.572514

**El StatAdvisor**  
 Esta tabla compara la bondad de ajuste cuando varias distribuciones se ajustan a TR Hombres. Pueden seleccionarse otras distribuciones usando las Opciones de Ventana.

De acuerdo con el estadístico log verosimilitud, la distribución de mejor ajuste es la distribución del valor extremo más grande. Esta es la distribución actualmente seleccionada.

Figura 3.2: Comparación de distribuciones alternas.

Fuente: elaboración propia.

Cuando se ajustan los valores a la distribución de Valor Extremo Más Grande no se muestra la media, figura 3.3, por lo que se debe aplicar transformada de potencia para el cálculo de esta medida.

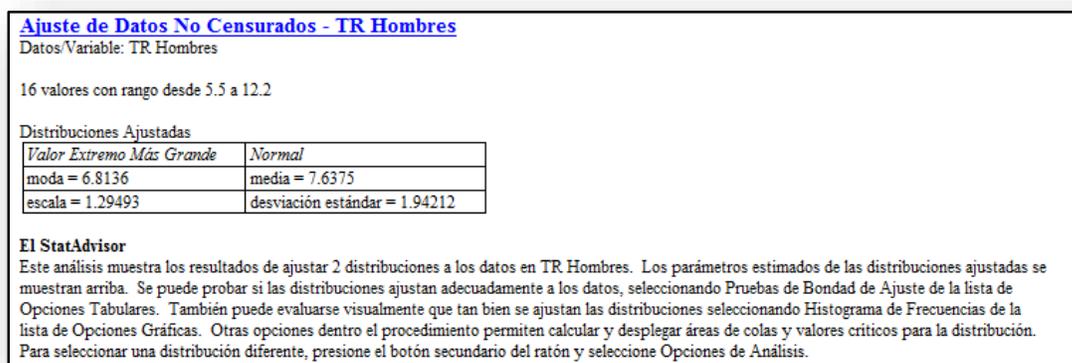


Figura 3.3

Fuente: elaboración propia.

En la Figura 3.4 se muestra la salida del STATGRAPHICS para la transformada de potencia de los datos de TD.

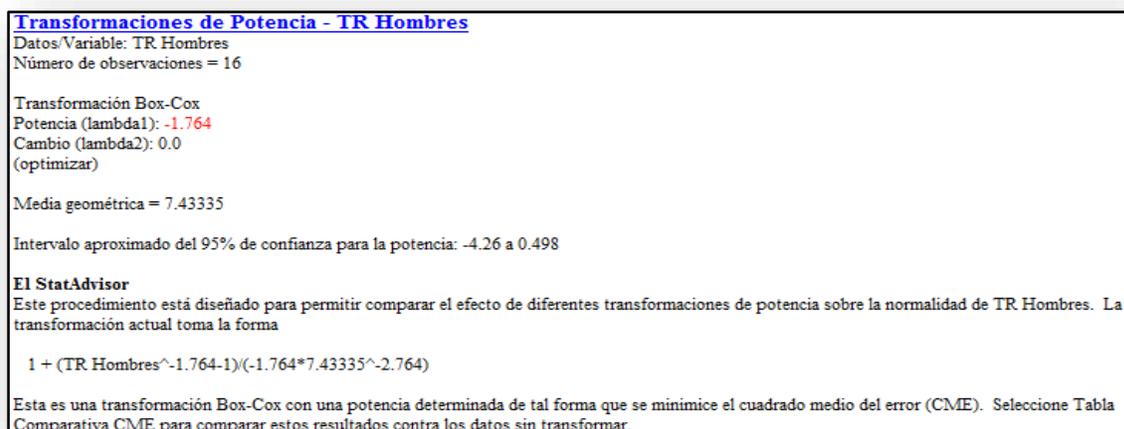


Figura 3.4

Fuente: elaboración propia.

El valor de la transformación de potencia para los datos ( $\lambda_1$ ) es de -1.764; utilizando este valor de potencia para cada uno de los datos y hallando la media de estos valores ( $\lambda_t$ ) de obtiene:

$$\text{Media transformada de potencia} = \lambda_t \left( \frac{1}{\lambda_1} \right)$$

$$\text{Media transformada de potencia} = 0.032^{\left(\frac{1}{-1.764}\right)}$$

$$\text{Media transformada de potencia} = 7.1 \text{ min.}$$

- Aplicando las transformaciones de potencia se puede determinar la media de los datos siendo esta **7.1 min.**
- Los TR para las Mujeres de la Tabla 3.7 presentan una distribución Normal, con media de **1.7 min.** La prueba de normalidad se aprecia en la figura 3.5.

Pruebas de Normalidad para TR Mujeres		
Prueba	Estadístico	Valor-P
Estadístico W de Shapiro-Wilk	0.939837	0.461949

**El StatAdvisor**  
 Esta ventana muestra los resultados de diversas pruebas realizadas para determinar si TR Mujeres puede modelarse adecuadamente con una distribución normal. La prueba de Shapiro-Wilk está basada en la comparación de los cuartiles de la distribución normal ajustada a los datos.

Debido a que el valor-P más pequeño de las pruebas realizadas es mayor ó igual a 0.05, no se puede rechazar la idea de que TR Mujeres proviene de una distribución normal con 95% de confianza.

Figura 3.5: Prueba de normalidad para TD de mujeres

Fuente: elaboración propia.

### 3.4. Determinación de las curvas

A continuación se exponen los pasos seguidos para encontrar las curvas que describe la FC en el tiempo de recuperación.

#### 3.4.1. Determinar FC media para cada intervalo de tiempo

Los datos de FC por intervalo de tiempo en cada individuo se encuentran en las tablas 3.4 para el sexo masculino y 3.5 para el sexo femenino.

Se prosigue con la prueba de Normalidad para cada intervalo de tiempo, con el objetivo de poder utilizar la media como medida de tendencia central. En caso de que los datos no provengan de una distribución normal, se debe buscar la distribución correspondiente y la media de esta distribución para los datos; si el STATGRAPHICS no proporciona la media para la distribución ajustada, se debe aplicar la transformación de potencia.

Las siguientes tablas muestran los valores de las medias por intervalo para Hombres (Tabla 3.8) y Mujeres (Tabla 3.9), las distribuciones a la que respondían y los coeficientes de transformación de potencia en caso de que se realizase dicha transformación.

Tabla 3.8: Valores medios de FC por intervalo para hombres.

Intervalos de t (min.)	Intervalos de t (seg.)	Promedio	Transformando a:	Potencia de transformación
	<b>FC Submáx</b>	145		
<b>1</b>	<b>15</b>	127	uniforme	<b>-1,34</b>
	<b>30</b>	114	uniforme	<b>-0,73</b>
	<b>45</b>	105	uniforme	<b>-1,08</b>
	<b>60</b>	104		
<b>2</b>	<b>75</b>	95	uniforme	<b>-0,75</b>
	<b>90</b>	98		
	<b>105</b>	96		
	<b>120</b>	95		
<b>3</b>	<b>135</b>	93		
	<b>150</b>	93		
	<b>165</b>	91		
	<b>180</b>	91		
<b>5</b>	<b>300</b>	89		
<b>10</b>	<b>600</b>	82		
<b>15</b>	<b>900</b>	80		
<b>20</b>	<b>1200</b>	79		
	<b>FC Reposo</b>	72		

Fuente: elaboración propia.

Los casos donde no se muestra el nombre de la distribución (columna Transformando a:) es porque los datos pertenecen a una distribución Normal con un 95 % de confianza.

Tabla 3.9: Valores medios de FC por intervalo para mujeres.

Intervalos de t (min.)	Intervalos de t (seg.)	Promedio	Transformando a:	Potencia de transformación
	<b>FC Submáx</b>	153		
<b>1</b>	<b>15</b>	138		
	<b>30</b>	124		
	<b>45</b>	112		
	<b>60</b>	107		
<b>2</b>	<b>75</b>	102		
	<b>90</b>	99		
	<b>105</b>	99		
	<b>120</b>	96		
<b>3</b>	<b>135</b>	95	uniforme	<b>-2,31</b>
	<b>150</b>	96		
	<b>165</b>	95		
	<b>180</b>	93		
<b>5</b>	<b>300</b>	89	uniforme	<b>-4,90</b>
<b>10</b>	<b>600</b>	88		
<b>15</b>	<b>900</b>	83	laplace	
<b>20</b>	<b>1200</b>	85		
	<b>FC Reposo</b>	81		

Fuente: elaboración propia.

### 3.4.2. Regresión de las curvas a partir de una función

Con los valores medios de FC para los intervalos de tiempo se realiza la regresión en el STATGRAPHICS con el objetivo de obtener la curva que describe la FC en la recuperación para cada sexo.

Introduciendo los datos de tiempo (como la variable independiente) y la FC promedio de cada uno de los sexos (como variable dependiente), se obtiene:

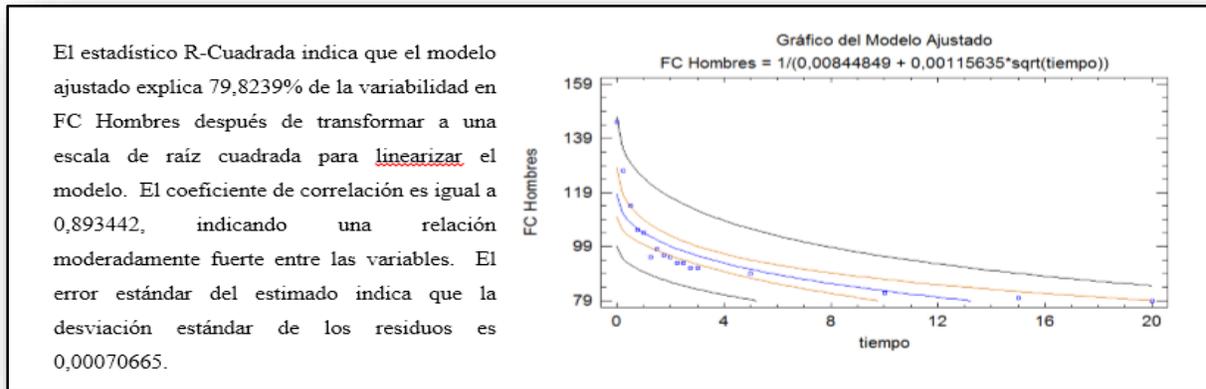


Figura 3.6: Regresión de FC (hombres)

Fuente: elaboración propia.

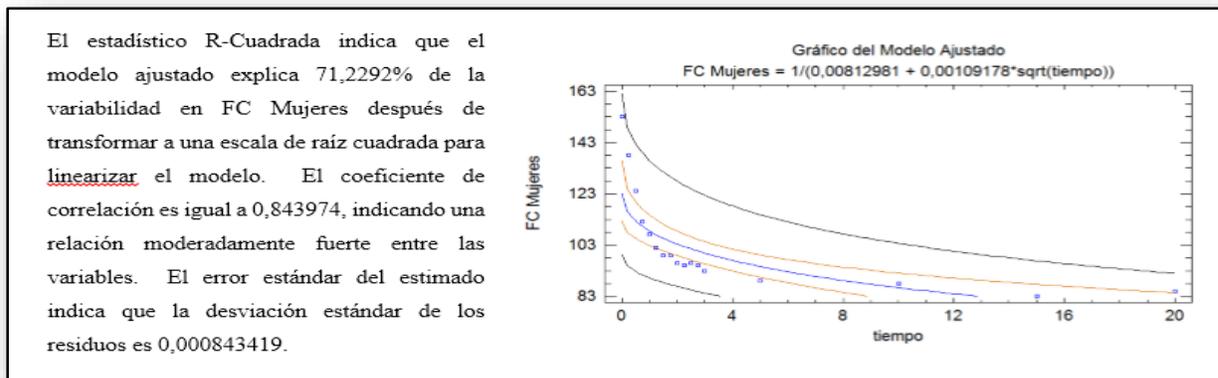


Figura 3.7: Regresión de FC (mujeres)

Fuente: elaboración propia.

Las ecuaciones obtenidas son:

$$FC \text{ Hombres} = \frac{1}{0,00844849 + 0,00115635 \cdot \sqrt{\text{tiempo}}}$$

$$FC \text{ Mujeres} = \frac{1}{0,00812981 + 0,00109178 \cdot \sqrt{\text{tiempo}}}$$

Como se aprecia en las figuras el porcentaje de ajuste a los datos reales no es lo suficientemente alto (**79.8 %** para el sexo masculino y **71.2 %** para el femenino) como para que sea fiable en la investigación, por lo que se hace necesario encontrar otra manera de determinar las curvas.

### 3.4.3. Regresión de las curvas a partir de dos funciones

Debido a que la regresión de los datos de FC a partir de una función no ofrece un alto grado de semejanza con los valores tomados en el experimento, se procede a realizar la regresión de las curvas de FC vs tiempo, a partir de dos funciones, estableciendo una función para el PRRR y otra para la etapa posterior. Se establece el PRRR como el punto de intercepción de las curvas, debido a que en este tiempo la recuperación es más rápida que en la etapa posterior.

#### 3.4.3.1. Búsqueda del PRRR aproximado

Se hace necesario encontrar el PRRR para lograr un mayor ajuste de las curvas a los datos reales, estableciendo una función para este período y otra para la etapa posterior. El PRRR se determina a partir de los datos medios de recuperación cardiaca, cuando esta se haya recuperado aproximadamente el 50 % del CC.

Tabla 3.10: PRRR para cada sexo.

Intervalos de t (min.)	Intervalos de t (seg.)	MASCULINO		FEMENINO	
		FC Promedio	% recup	Promedio	% recup
1	15	127	0,25	138	0,2
	30	114	0,42	124	0,39
	45	105	<b>0,55</b>	112	<b>0,56</b>
	60	104	0,57	107	0,64
2	75	95	0,69	102	0,71
	90	98	0,65	99	0,75
	105	96	0,67	99	0,75
	120	95	0,68	96	0,8
3	135	93	0,71	95	0,81
	150	93	0,71	96	0,8
	165	91	0,73	95	0,81
	180	91	0,73	93	0,83
5	300	89	0,77	89	0,88
10	600	82	0,86	88	0,9
15	900	80	0,88	83	0,97
20	1200	79	0,89	85	0,94

Fuente: elaboración propia.

Con los valores medios por intervalo de tiempo se calcula el porcentaje de recuperación del costo cardiaco, utilizando la ecuación para el porcentaje de recuperación mostrada en el capítulo anterior. En la Tabla 3.10 se encuentran resumidos los resultados de los cálculos.

El PRRR para hombres y mujeres es de aproximadamente 45 segundos, dato que se utilizará para la regresión de las curvas que describen la FC en la recuperación, estableciendo una función desde  $t = 0$  hasta  $t = 0.75$  y otra desde  $t = 0.75$  hasta  $t = 20$  min.

### 3.4.3.2. Regresión de las curvas

Con los datos aproximados del PRRR para cada sexo, se realiza la regresión de la curva de FC Vs. Tiempo a partir de dos funciones. En las siguientes figuras se muestran los pasos del procedimiento de regresión para las curvas, con el apoyo del STATGRAPHICS para el procesamiento de los datos.

Las figuras 3.8 y 3.9 muestran los resultados de las regresiones realizadas con es STATGRAPHICS para cada tramo de la curva, mostrando estas un alto grado de semejanza con los valores medidos de FC; 99,7% para el primer tramo y 97,1% para el segundo, siendo estos resultados favorables para el estudio, ya que brindan alta precisión a las curvas de FC en el tiempo.

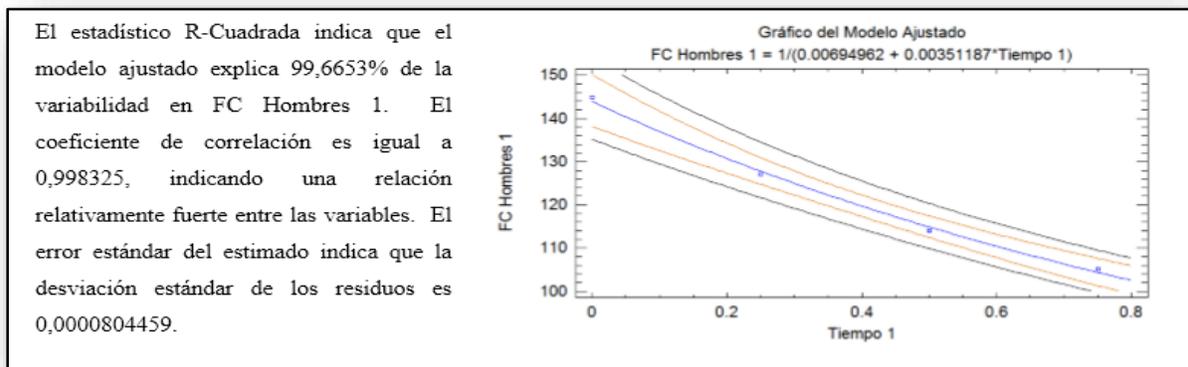


Figura 3.8: Regresión Tramo 1 en hombres

Fuente: elaboración propia.

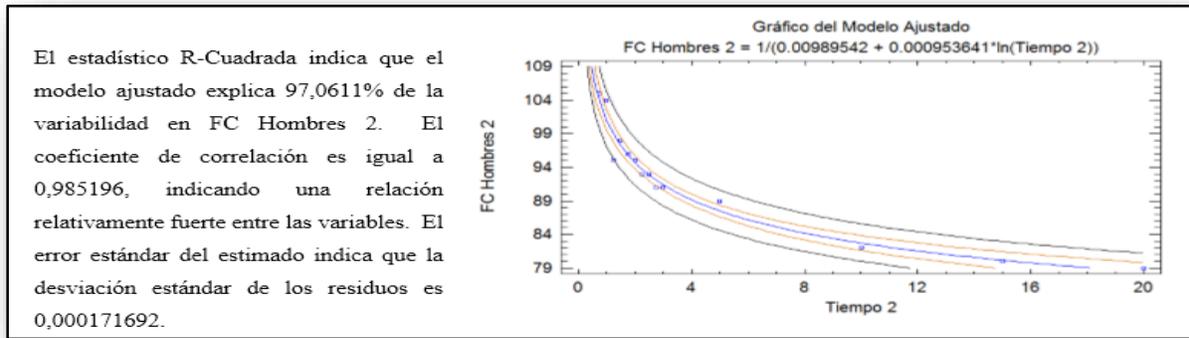


Figura 3.9: Regresión Tramo 2 en hombres

Fuente: elaboración propia.

En las figuras 3.10 y 3.11 se muestran las curvas obtenidas por la aplicación del procedimiento de regresión con los datos de FC medias de las mujeres de la muestra para cada tramo, brindando al igual que en los hombres, altos valores de semejanza con los datos, acercándose el primer tramo un 99,9% a lo real y el segundo tramo un 97,6%.

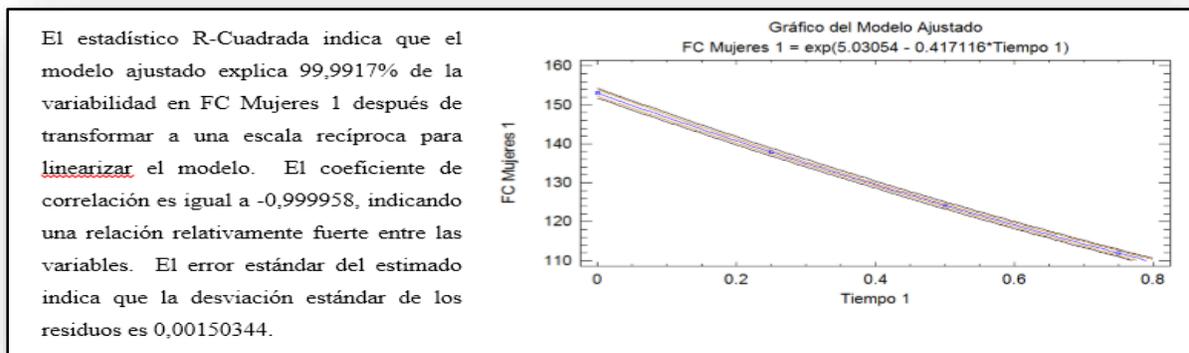


Figura 3.10: Regresión Tramo 1 en mujeres

Fuente: elaboración propia.

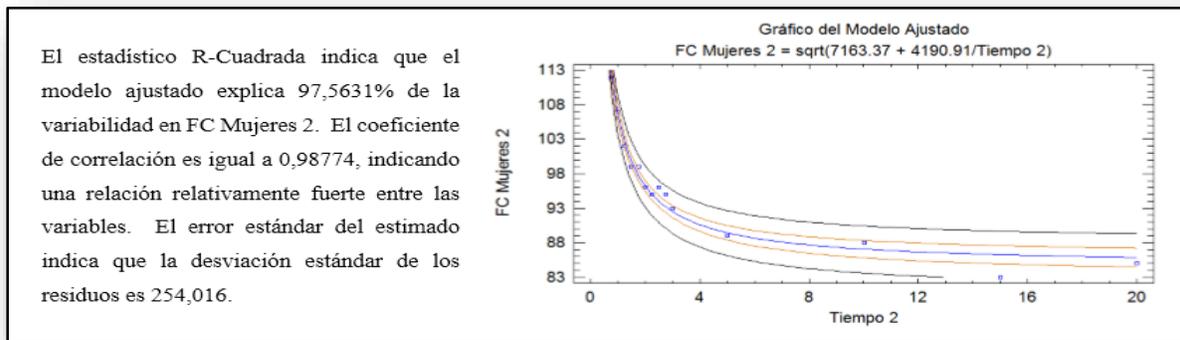


Figura 3.11: Regresión Tramo 2 en mujeres

Fuente: elaboración propia.

A partir del análisis de las regresiones realizadas en el STATGRAPHICS se obtiene para el sexo masculino:

- **Tramo 1:**  $FC = \frac{1}{0.00694962 + 0.00351187 * tiempo}$
- **Tramo 2:**  $FC = \frac{1}{0.00989542 + 0.000953641 * \ln(tiempo)}$

Para el sexo femenino:

- **Tramo 1:**  $FC = e^{(5.03054 - 0.417116 * tiempo)}$
- **Tramo 2:**  $FC = \sqrt{7163.37 + \frac{4190.91}{tiempo}}$

Una vez encontradas las ecuaciones para cada curva, se debe encontrar el punto exacto donde se cruzan estas.

#### 3.4.4. Construcción de los gráficos

Las siguientes gráficas se construyen utilizando las ecuaciones de las curvas, así como el PRRR calculado para cada sexo, ajustándose estas a los datos reales en más de un 99 % en el PRRR y superior a un 97 % en la segunda fase de recuperación.

Para construir los gráficos se debe encontrar el punto exacto donde se cruzan las curvas de cada sexo, debido a que el PRRR que se utilizó para determinarlas (45 segundos) no es el real para estas curvas, sino un aproximado, y si se evalúan las funciones en este instante de tiempo el

resultado serán valores distintos de FC. Para lograr la continuidad en las curvas se igualan las funciones para obtener el valor de tiempo para el cual la FC es la misma en las dos curvas.

Debido a que las igualdades de las ecuaciones de ambos sexos es engorrosa su resolución, se utilizó el Derive 5 para su procesamiento, mostrándose en las figuras 3.12 y 3.13.

$$\text{NSOLVE} \left( \frac{1}{0.00694962 + 0.00351187 \cdot x} = \frac{1}{0.00989542 + 0.000953641 \cdot \text{LN}(x)}, x, \text{Real} \right)$$

$x = 0.7666582453$

Figura 3.12: Resolución de las ecuaciones (hombres)

Fuente: elaboración propia.

$$\text{NSOLVE} \left( \text{EXP}(5.03054 - 0.417116 \cdot x) = \sqrt{7163.37 + \frac{4190.91}{x}}, x, \text{Real} \right)$$

$x = 0.5411972846$

Figura 3.13: Resolución de las ecuaciones (mujeres)

Fuente: elaboración propia.

A estos valores de tiempo se les llamará  $T_{\text{itercep}}$ , debido a que es el instante de tiempo donde se interceptan las curvas.

Se establece en la gráfica de FC vs tiempo en los hombres que:

- $FC = \frac{1}{0.00694962 + 0.00351187 \cdot \text{tiempo}}$  para tiempo < 0.7666582453 min
- $FC = \frac{1}{0.00989542 + 0.000953641 \cdot \ln(\text{tiempo})}$  para tiempo  $\geq$  0.7666582453 min

Para las mujeres:

- $FC = e^{(5.03054 - 0.417116 \cdot \text{tiempo})}$  para tiempo < 0.5411972846 min
- $FC = \sqrt{7163.37 + \frac{4190.91}{\text{tiempo}}}$  para tiempo  $\geq$  0.5411972846 min

Los gráficos que muestran cómo se recupera la FC en el tiempo se muestran a continuación. Además, aparece el período de recuperación calculado por la ecuación de Lehmann.

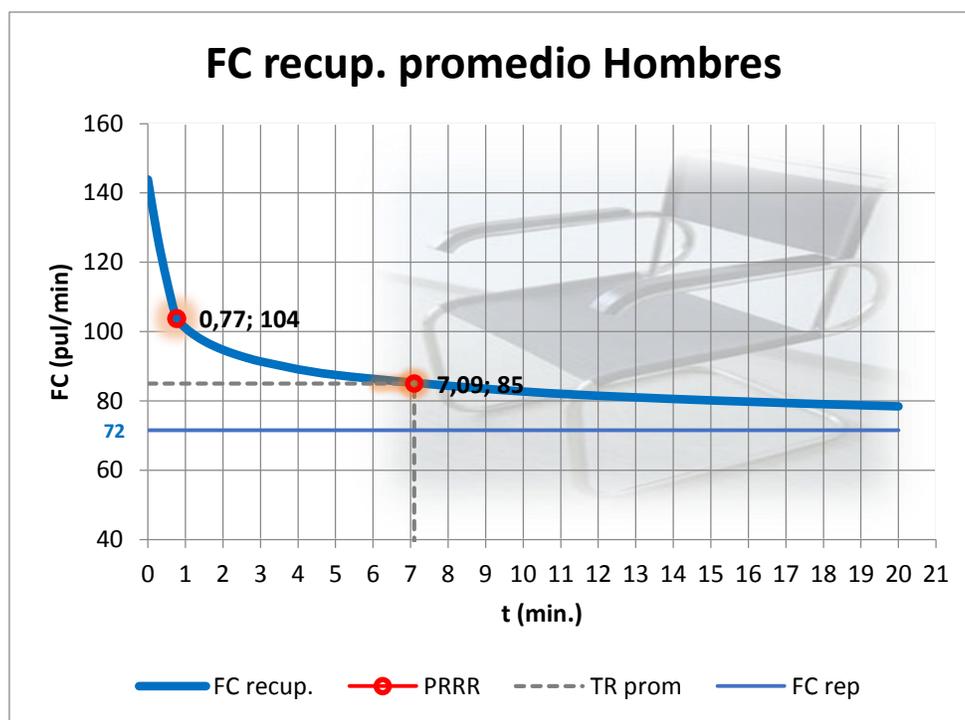


Gráfico 3.1: Recuperación de FC promedio en el tiempo (hombres).

Fuente: elaboración propia.

En el Gráfico 3.1 se aprecia que el TD calculado por la ecuación de Lehmann en el sexo masculino para los datos medios, es superior al PRRR, aunque no se recupera el CC total, permite una recuperación de más del 50 % (PRRR) de este costo.

En ambos gráficos de recuperación de la FC en el tiempo, las curvas que describen esta recuperación, son similares a la mostrada en la Figura 1.1, de cómo se recupera este indicador, según los estudios realizados por la asociación MAPFRE, además de tener un comportamiento como el predicho por Manero de un tramo de rápida recuperación (PRRR) y otro de recuperación más lenta; cumpliendo la  $FC_{rep}$  una función de asíntota horizontal en el gráfico.

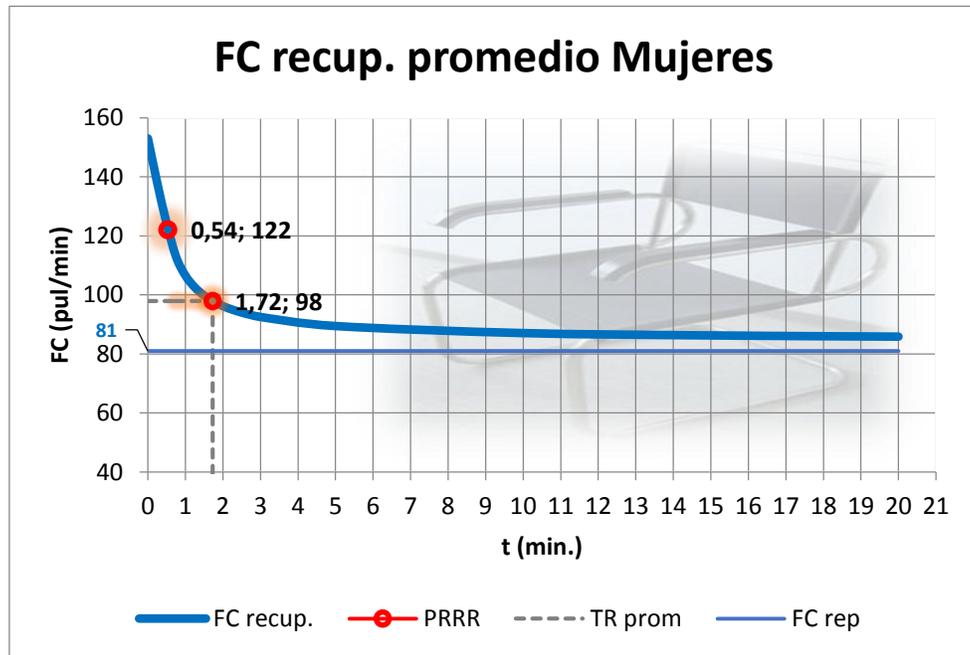


Gráfico 3.2: Recuperación de FC promedio en el tiempo (mujeres).

Fuente: elaboración propia.

Al igual que en el caso del sexo masculino, en el femenino el TD calculado excede al PRRR, en el epígrafe siguiente se profundiza este suceso para ambos sexos, demostrando a partir del porcentaje de recuperación del CC la efectividad de este método para el TD.

### 3.5. Porcentaje de recuperación del CC

Se muestra el paso concluyente del estudio, donde se tomará decisión de la utilización o no de la ecuación de Lehmann para el TD en trabajos físicos, para trabajadores cubanos del rango etario seleccionado.

#### 3.5.1. Búsqueda FC de recuperación para el TD calculado

La FC de recuperación que se alcanza al concluir el TD (medio) se calcula a partir de las ecuaciones de las curvas arribadas en el epígrafe anterior; el valor de tiempo utilizado es el de TD medio para cada sexo, calculado anteriormente. Se debe comparar el TD con el tiempo en el punto de intercepción de las curvas para elegir la ecuación correspondiente.

**Para el sexo masculino:**

- TD = 7.1 min
- T<sub>itercep</sub> = 0.77 min

Como TD > T<sub>itercep</sub>, entonces se utiliza la ecuación del **Tramo 2**:

$$FC = \frac{1}{0.00989542 + 0.000953641 * \ln(\text{tiempo})}$$

Calculando:

$$FC = \frac{1}{0.00989542 + 0.000953641 * \ln(7.1)}$$

$$FC = 85 \text{ puls/min}$$

**Para el sexo femenino:**

- TD = 1.7 min
- T<sub>itercep</sub> = 0.54 min

Como TD > T<sub>itercep</sub>, entonces se utiliza la ecuación del **Tramo 2**:

$$FC = \sqrt{7163.37 + \frac{4190.91}{\text{tiempo}}}$$

Calculando:

$$FC = \sqrt{7163.37 + \frac{4190.91}{1.7}}$$

$$FC = 98 \text{ puls/min}$$

**3.5.2. Cálculo del porcentaje de recuperación del CC**

A partir de la ecuación para porcentaje de recuperación, con los datos de FC submáxima y CC expuestos en las tablas 3.4 y 3.5 y la FC<sub>recup</sub> calculada en el paso anterior se obtiene la siguiente tabla resumen.

Tabla 3.11: Porcentaje de recuperación del CC

	MASCULINO	FEMENINO
TR prom (min)	7,1	1,7
FC recup (pul/min)	85	98
% recup	82	77

Fuente: elaboración propia.

### 3.5.3. Porcentaje de recuperación para la ecuación de Lehmann Vs. PRRR

Según las pruebas realizadas, se puede tomar el TD a partir de la ecuación de Lehmann para trabajadores cubano entre 19 y 22 años de edad en trabajos físicos, ya que esta permite una recuperación aproximada del 82 % del CC para los hombres y un 77 % para las mujeres, siendo estos valores notablemente superiores al PRRR.

Queda validada para su uso en la población cubana la ecuación de Lehmann para el TD, ajustada al método de Viña, bajo las siguientes condiciones.

- **Los tiempos operativos de las tareas deben poder interrumpirse:** las tareas deben ser interrumpibles para imponer el TD cuando sea necesario.
- **Trabajos físicos de moderados en adelante:** debido al diseño de la ecuación de Lehmann para el TD, las actividades deben ser de Moderadas en adelante, o sea, el GE superior a 280 W.
- **Pausas en forma de descanso sin actividad física:** el procedimiento fue aplicado para descansos en posición de sentado, por lo que la ecuación está validada para este tipo de descanso solamente y no para cambio de actividad.

### 3.6. Conclusiones parciales del capítulo

1. Se seleccionó una muestra de estudiantes de tercer año de Ingeniería Industrial para la validación de la ecuación de Lehmann.
2. Fueron determinadas las curvas de la disminución de la FC para cada sexo en el período de recuperación, mediante dos ecuaciones cada una, debido a que la regresión con una curva no ofrecía altos valores de semejanza con los reales medidos.
3. Se puede tomar el TD a partir de la ecuación de Lehmann para trabajadores cubano entre 20 y 22 años de edad en trabajos físicos.

## CONCLUSIONES

---

Al finalizar la investigación se arribó a las siguientes conclusiones:

1. Se le dio cumplimiento al objetivo general de la validación para su uso en un segmento de la población cubana, de un método para el cálculo de tiempo de descanso que impida la fatiga y sea simple de determinar.
2. Fue realizada una búsqueda bibliográfica sobre los temas referentes a tiempo de descanso y los métodos para su determinación.
3. Se eligió como método para el cálculo de TD una combinación entre el método de Viña y la ecuación de Lehmann, ya que estos se ajustan permitiendo un mayor aprovechamiento de la jornada laboral.
4. Fue diseñado un procedimiento para la validación de la ecuación de Lehmann en la población cubana, teniendo el porcentaje de recuperación del CC como indicador general en la validación.
5. Se puede tomar el TD a partir de la ecuación de Lehmann para trabajadores cubanos entre 20 y 22 años de edad en trabajos físicos.

## **RECOMENDACIONES**

---

Al concluir la investigación se recomienda:

1. Aplicar el procedimiento diseñado para la validación del método de cálculo de tiempo de descanso en otros rangos etarios.
2. Aplicar el procedimiento, tomando como descanso una actividad donde intervengan pequeños grupos musculares, para la validación de la ecuación en pausas encubiertas con trabajos físicos.

---

## BIBLIOGRAFÍA

---

1. Gómez, José Orlando[et al.], «Programa de Doctorado en Ergonomía para América Latina» 2014,
2. Meyer, Felipe and Apud, Elías, «Ergonomía como herramienta para mejorar la sustentabilidad de la fuerza de trabajo» *IV Congreso Latinoamericano de Ergonomía*, 2013,
3. López Millan, Francisco Octavio [et al.], «Proposal for a procedure to calculate recovery time for the shoulder in highly repetitive work», Hermosillo, Mexico, Instituto Tecnológico de Hermosillo, Departamento de Ingeniería Industrial, 2014.
4. Fatiga Laboral. 2014, [fecha de consulta: 20 de Abril de 2014]. Disponible en: <http://www.ergocupacional.com/4910/20608.html>
5. *Ley No.116, Código de Trabajo*. La Habana, Cuba, Gaceta Oficial de la República, 2013.
6. Muik, Ángeles, «Pausas durante la jornada laboral», *Trabajadores*, Cuba,
7. Mital, A.[et al.], *Advances in Occupational Ergonomics and Safety* (International Society for Occupational Ergonomics and Safety), Volume I, Cincinnati, Ohio, USA, 1996, 0-9652558-0-8.
8. Castro Estrada, Claudia Selene[et al.], «Determination of physical fatigue on municipal workers», Sinaloa, Mexico, Universidad Autónoma de Sinaloa, Department of Quality Systems Engineering, 2014.
9. Wilmore, Jack H. and Costill, David L., *Fisiología del esfuerzo y del deporte* (Editorial Paidotribo), Cuarta Edición, Capítulo 8, Barcelona, España, 2001, 84-8019-348-4.
10. Melo, José Luis, *Ergonomía Práctica* (Fundación MAPFRE), Buenos Aires, Argentina, 2009, 978-987-97960-6-1.
11. Capacidad Física para el Trabajo. 2008, [fecha de consulta: 20 de Abril de 2014]. Disponible en: <http://www.ergocupacional.com/4910/70522.html>
12. Manero, Rogelio, «Métodos prácticos para determinar Capacidad de Trabajo Físico » 1986, 170-179,
13. Alonso, A., *Ergonomía* (Ediciones ISPJAE), Segunda Parte, Cuba, , 2006.
14. Rivas, R., *Biomecánica de la manipulación de cargas de trabajo*, Buenos Aires, Argentina, 1994.
15. Martínez, Arián, «Determinación de una ecuación para el cálculo del gasto energético», Matanzas, Universidad de Matanzas Camilo Cienfuegos, Ingeniería Industrial, 2014.

16. Rivas Pérez, Ana, «Estudio comparativo de los Principales Métodos de Evaluación de Carga Física y Mental en el Trabajo» MAPFRE, 2004,
17. Espejo Guasco, Carlos[et al.], *Ergonomía Ocupacional. Investigaciones y aplicaciones* (Sociedad de Ergonomistas de Mexico A. C (SEMAC)), Volumen 7, Mérida, Mexico, 2014, 978-0-578-13811-4.
18. Cáceres, Liliana, «Ajuste de la ecuación para determinar CTF», Matanzas, Univeersidad de Matanzas Camilo Cienfuegos, Ingeniería Industrial, 2014.
19. Farrer Velazquez, Francisco[et al.], *Manual de Ergonomía* (Editorial Félix Varela), Segunda Parte, La Habana, 2010.
20. Grandjean, E, *Fitting the Task to the Man an Ergonomic Aproach* (Editorial Taylor y Frances), Londres, 1971.
21. Viña, S y Gregori *Ergonomía* (Ed: Pueblo y Educación), Ciudad de la Habana, 1987.
22. Lehmann, G., *Fisiología práctica del trabajo* (Ed. Aguilar), Madrid, España, 1960.
23. International Labour Office, International Ergonomic Asociation, *Ergonomic Checkpoints*, Second Edition, Geneva, Suiza, 2010, 978-92-2-122666-6.
24. Comité Estatal de Normalización. *NC 19 - 00 - 07. Métodos para evaluar la Capacidad de Trabajo Físico*. Cuba, 1987.
25. Statpoint, Inc., *Ajustando Distribución (Datos No Censurados)*, 2006 (Manual de STATGRAPHICS Centurion).
26. Statpoint, Inc., *Transformaciones de Potencia*, 2006 (Manual de STATGRAPHICS Centurion).
27. Statpoint, Inc., *Regresión Simple*, 2006 (Manual de STATGRAPHICS Centurion).

## ANEXOS

### Anexo 1. Resumen clínico – psicológico.

<b>Nombre(s) y Apellidos:</b>				<b>Grupo:</b>	
<b>Peso (Kg):</b>	<b>Talla (m):</b>	<b>Sexo: __M __F</b>	<b>Edad:</b>	<b>Long. cint. o cad. (cm):</b>	
<b>APP:</b>	Antecedentes patológicos, se señala si posee alguno.				
Examen físico general y por aparatos					
<b>Piel:</b>	Se especifica si existe alguna alteración que presente la piel.				
<b>Mucosa:</b>	Se especifica si existe alguna alteración que presente la mucosa.				
<b>Respiratorio:</b>	Se debe especificar si existe alteración en el Aparato Respiratorio y medir la Frecuencia Respiratoria.				
<b>Cardiovascular:</b>	Se debe especificar si existe alteración en el Aparato Cardiovascular, además medir la Tensión Arterial y la Frecuencia Cardíaca.				
<b>Abdomen:</b>	Se especifica si existe alguna alteración que presente el abdomen.				
<b>SOMA:</b>	Se especifica si existe alguna alteración que presente el Sistema Osteomio Articular.				
<b>TCS:</b>	Se especifica si existe alguna alteración que presente el Tejido Celular Subcutáneo.				
<b>SNC:</b>	Se especifica si existe alguna alteración que presente el Sistema Nervioso Central.				
Resultado del inventario de personalidad de Eysenck					
<b>Diagnóstico:</b> la personalidad que arroje el test			<b>Observaciones:</b> algo que se desee agregar		
_____Apto    _____No Apto			Firma y cuño: del médico que efectuó el chequeo.		

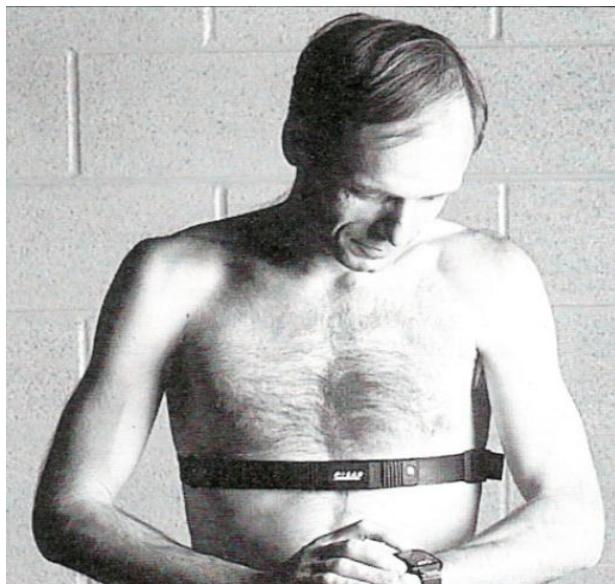
Fuente: elaboración propia.

## Anexo 2. Pulsómetro



*Fuente: Revista de equipamiento médico*

## Anexo 3. Colocación del pulsómetro



*Fuente: Wilmore (2001)*

**Anexo 4. Tabla para recoger los datos de FC**

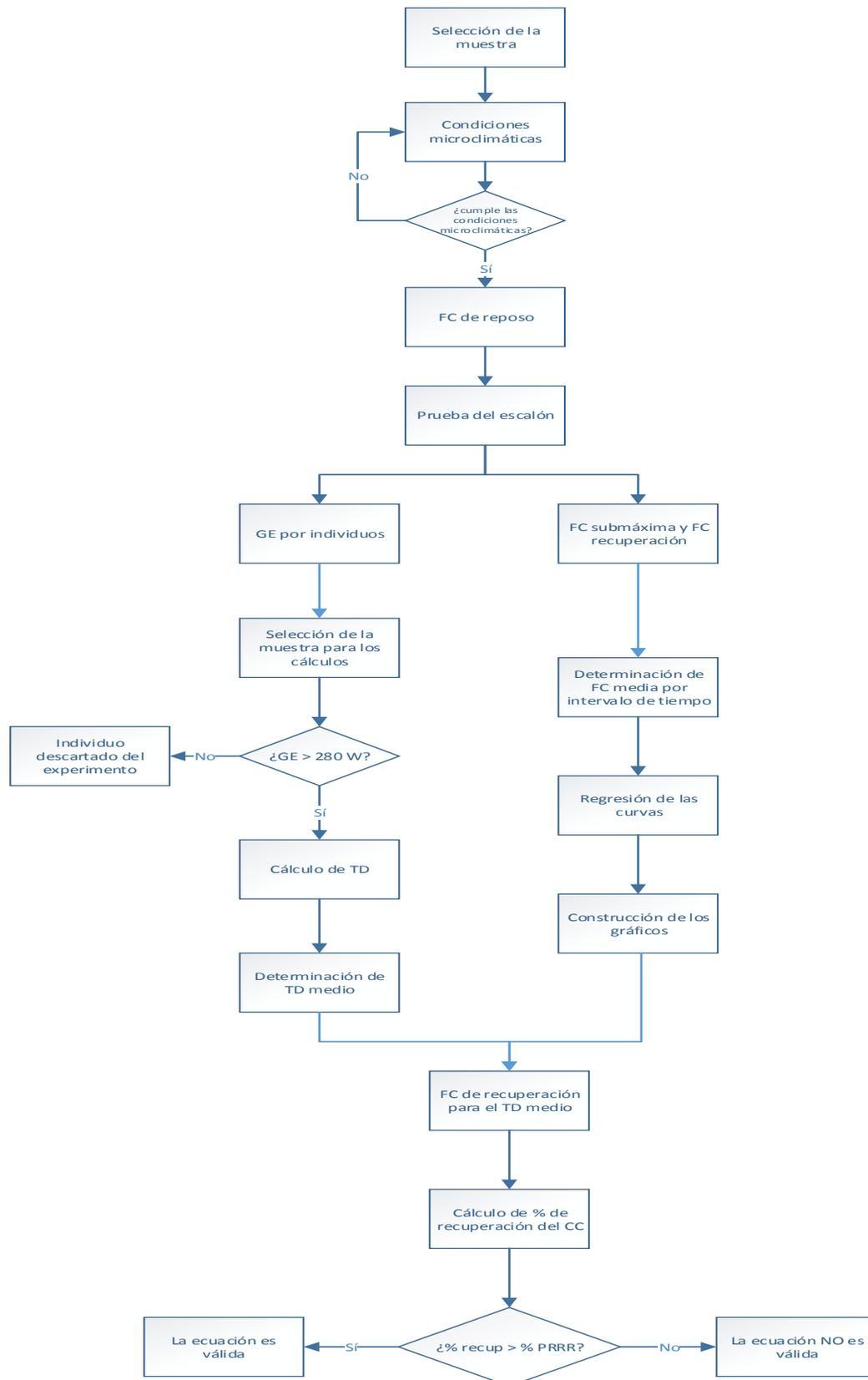
NOMBRE: \_\_\_\_\_

FC rep.: \_\_\_\_\_  
FC submáx.: \_\_\_\_\_

	Intervalo	FC recup.	FC submáx.- FC recup.
1	15		
	30		
	45		
	60		
2	75		
	90		
	105		
	120		
3	135		
	150		
	165		
	180		
	5		
	10		
	15		
	20		

*Fuente: elaboración propia.*

## Anexo 5, Diagrama del procedimiento diseñado.



**Anexo 6. Lectura del electro para comprobar fiabilidad del pulsómetro. A) Hombre. B) Mujer.**

A)



Fuente: elaboración propia.

B)



Fuente: elaboración propia.