



UNIVERSIDAD DE CARABOBO  
ÁREA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
DOCTORADO EN INGENIERÍA  
ÁREA INDUSTRIAL



**Predicción de dimensiones antropométricas y capacidad aeróbica en  
trabajadores de mano de obra directa industrial venezolana,  
aplicables al diseño ergonómico**

Tesis Doctoral para optar al título de

Doctor en Ingeniería

Universidad de Carabobo

Bárbula, noviembre de 2017



UNIVERSIDAD DE CARABOBO  
ÁREA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
DOCTORADO EN INGENIERÍA  
ÁREA INDUSTRIAL



**Predicción de dimensiones antropométricas y capacidad aeróbica en  
trabajadores de mano de obra directa industrial venezolana,  
aplicables al diseño ergonómico**

Autor: Francisco José Burgos Navarrete, MSc.

Tutor: Evelin del Valle Escalona de Yáñez, PhD.

Bárbula, noviembre de 2017



UNIVERSIDAD DE CARABOBO  
FACULTAD DE INGENIERIA  
DIRECCIÓN DE POSTGRADO  
SECCIÓN DE GRADO



## ACTA DE DISCUSIÓN DE TESIS DOCTORAL

En atención a lo dispuesto en los Artículos 147, 148 y 149 del Reglamento de Estudios de Postgrado de la Universidad de Carabobo, quienes suscribimos como Jurado designado por el Consejo de Postgrado de la Facultad de Ingeniería, de acuerdo a lo previsto en el Artículo 146 del citado Reglamento, para estudiar la Tesis Doctoral titulada:

***"PREDICCIÓN DE DIMENSIONES ANTROPOMETRICAS Y  
CAPACIDAD AEROBICA EN TRABAJADORES DE MANO DE OBRA  
DIRECTA INDUSTRIAL VENEZOLANA, APLICABLES AL DISEÑO  
ERGONOMICO"***


Presentada para optar al grado de ***DOCTOR EN INGENIERÍA*** por el (la) aspirante:

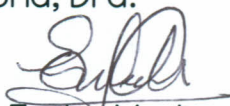
***FRANCISCO BURGOS NAVARRETE***  
***V.- 9.648.330***

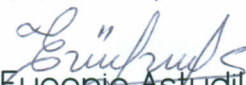
Habiendo leído y escuchada la exposición, decidimos que la Tesis cumple con la rigurosidad académica y científica, por lo que se da por ***APROBADA***.

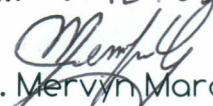
En Valencia, a los trece (13) días del mes de Noviembre del año dos mil diecisiete.

  
Prof. Evelyn Escalona, Dra.  
C.I.: 4589848

  
Prof. Ruth Illada, Dra.  
C.I.: 7974191

  
Prof. Emily Medina, Dra.  
C.I.: 7.121.536

  
Prof. Eugenia Astudillo, Dra.  
C.I.: 11006215  
FE: 09/11/2017/al.-

  
Prof. Mervyn Marquez, Dra.  
C.I.: 13562147

## **DEDICATORIA**

Al Gran Arquitecto del Universo por lo que a lo largo de mi vida me ha dado y tal como me lo ha dado, específicamente por concederme el privilegio de valerme por mí mismo y servir a mis semejantes hasta en el último tramo de mi jornada en el tercer planeta, de este nuestro modesto sistema solar.

A mi esposa Ana Marina por su apoyo moral y dedicación a mi persona, especialmente en esta tardía etapa del emprendimiento de mis estudios doctorales.

A mi hijo Juan Gabriel y su esposa Emilse por su apoyo moral y práctico.

## RECONOCIMIENTOS

Expreso mi profundo agradecimiento a mi tutora, la Doctora Evelin Escalona, ya que sin su ayuda, producto de su entusiasmo y conocimiento del tema, este trabajo no habría podido llevarse a término.

Así mismo, dejo constancia de mi gratitud a todos mis profesores del Doctorado en Ingeniería, Área de Investigación Industrial, de la Universidad de Carabobo, especialmente a los Doctores Ruth Illada, Emilsy Medina, Agustín A. Mejías y Florángel Ortiz.

Esta tesis quedaría incompleta si dejo de presentar mis agradecimientos a mi amigo y colega el Master of Science Orlando Yaguas, por su oportuna y valiosa ayuda, igualmente a la señora Maritza González quien desde el año 2000 ha sido mi incondicional asistente, a mi cuñada la Doctora Vivian González por sus pertinentes consejos, al Doctor Antonio Bisogno, al Ingeniero Leonardo J. Araviche Vásquez, a la señorita Adriana Corona, a las organizaciones que apoyaron la investigación:

Alimentos Munchy, C.A.;  
Cartonera del Caribe, C.A.  
Descart, C.A.;  
Fibrotecman, C.A.  
IMBOPLAST, S.A.  
Kisa, C.A.  
Parque Industrial de Gas Natural Vehicular (PIGNV), filial de PDVSA;  
Pinturas MAMPICA, C.A.  
Polietileno Paraíso, C.A.  
Servicio Médico Laboral ABS  
Tipografía y Litografía San José, C.A.

Igualmente, a todos aquellos que contribuyeron en una u otra forma a la realización de esta tesis doctoral.

## PRÓLOGO

Esta tesis doctoral surge como consecuencia de las observaciones de campo y lecturas del autor durante su labor docente en la asignatura Higiene y Seguridad Industrial en la Universidad Central de Venezuela, Facultad de Agronomía, Departamento de Química y Tecnología, en la Mención Agroindustrial, en el campus de Maracay, Aragua, durante 1980 a 2016 y del ejercicio profesional durante diez años, como analista ergonómico de puestos de trabajo.

Hasta la culminación de ésta su tesis permaneció perplejo ante los resultados de ciertos estudios ergonómicos realizados en Venezuela, ahora ya no tiene dudas, algunos de ellos son sesgados.

Lo anterior se basa en el hecho que hasta la fecha de hoy en Venezuela había un déficit de data publicada de referentes antropométricos ni fisiológicos basados en la población de mano de obra directa industrial venezolana (PMDIV), además la mayoría de los equipos y maquinaria industrial empleados son de origen foráneo, esto hace suponer que fueron diseñados para usuarios con características antropométricas y fisiológicas diferentes a las de la PMDIV.

Entre las consecuencias de la problemática expuesta previamente estarían: por una parte, una errónea ubicación del trabajador en puestos de trabajo cuya demanda pudiera ser inferior o superior a la capacidad fisiológica y antropométrica del trabajador, si la demanda es superior podría conducir a innecesaria fatiga laboral, enfermedad ocupacional o daños irreversibles, además por la otra parte podría ocasionar también una merma en la productividad y la calidad del producto final.

Con la presentación de este trabajo culminan los objetivos planteados, entre ellos: los de presentar por primera vez data antropométrica y fisiológica propia de la PMDIV, aplicables para diseñar bajo cánones ergonómicos, se realizó el modelaje de: redes neuronales artificiales (RNA) para predecir 18 variables antropométricas y 1 variable fisiológica, además se modelaron Funciones de Regresión predictoras de una variable fisiológica, la capacidad aeróbica absoluta y también por otra parte se dedujo la función de la capacidad promedio de trabajo físico; adicionalmente se halló la correlación entre capacidad aeróbica y ciertas variables antropométricas.

Francisco José Burgos Navarrete

## ÍNDICE GENERAL

	Página
<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>iv</b>
<b>RECONOCIMIENTOS</b> .....	<b>v</b>
<b>PRÓLOGO</b> .....	<b>vi</b>
<b>ÍNDICE GENERAL</b> .....	<b>vii</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	<b>xvi</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>xix</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>xxii</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO I</b>	
<b>EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN</b> .....	<b>4</b>
I.1 Consideraciones generales .....	4
I.2. Formulación del problema .....	7
FASE METODOLÓGICA A .....	7
I.3. Objetivos .....	7
I.3.2. Objetivo general .....	7
I.3.3. Objetivos específicos .....	7
FASE METODOLÓGICA B .....	8
Actividades (acciones) .....	8
I.4. Justificación de la investigación .....	8
I.5. Alcances .....	10
I.6. Limitaciones .....	12
I.7. Aspectos éticos fundamentales .....	12
<b>CAPÍTULO II</b>	
<b>MARCO TEÓRICO Y ANTECEDENTES</b> .....	<b>14</b>
II.1. Referentes teóricos donde se ubica la problemática .....	14
II.2. Consideraciones sobre las redes neuronales artificiales (RNA) .....	25
II.2.1. Fundamentación biológica de una neurona .....	24
II.2.2. Algoritmo de entrenamiento de una red neuronal artificial (RNA) .....	27
II.2.3. Algoritmo de Propagación Inversa (Backpropagation) .....	28

Índice general (continuación)	Página
II.2.4. La red neuronal artificial para predicción de variables antropométricas .....	29
II.3. Antecedentes antropométricos internacionales y nacionales .....	35
II.3.1. Selección de estudios afines y conexos a la presente tesis....	36
– Canadá .....	36
– Colombia .....	36
– España .....	37
– Estados Unidos de América .....	39
– Iran .....	40
– Venezuela.....	41
II.3.2. Consideraciones o enunciados sobre la capacidad aeróbica relativa para hombres y mujeres norteamericanos .....	44
<b>CAPÍTULO III</b>	
<b>MARCO METODOLÓGICO.....</b>	<b>46</b>
III.1. Generalidades .....	46
III.2. Consideraciones sobre la prueba piloto .....	47
III.2.1. Objetivo general prueba piloto (PP).....	47
III.2.2. Objetivos específicos prueba piloto (PP) .....	47
III.3. Criterios empleados en esta investigación con la red neuronal artificial, aspectos antropométricos de una población laboral venezolana .....	48
III.4. Población objeto del estudio y muestreo .....	52
III.4.1. Población objeto de estudio .....	51
III.4.2. Tipo de muestreo .....	51
III.4.3. Tamaño de la muestra de la población accesible y criterios para su definición .....	52
III.4.4. Criterios para la selección de las industrias muestreadas .....	55
<i>Caso a) Sondeo previo transversal poblacional .....</i>	<i>55</i>
<i>Caso b) Muestreo para determinar la capacidad aeróbica relativa (CAR) .....</i>	<i>56</i>



Índice general (continuación)	Página
<i>Caso c) Muestreo para la prueba piloto .....</i>	56
<i>Caso d) Muestreo para determinar las características antropométricas y fisiológicas de la población de mano de obra directa industrial venezolana en base a la población accesible .....</i>	57
III.4.5. Cálculo del tamaño muestral para determinar las características antropométricas .....	58
III.4.6. Modelación del muestreo .....	59
III.4.7. Tamaño muestral .....	59
III.5. Técnicas de recolección de datos sobre la capacidad aeróbica relativa (CAR) .....	61
III.5.1. Instrumentos documentales .....	62
III.5.2. Instrumentos de medida .....	62
III.5.3. Sistema y técnica de recolección de datos .....	63
III.6. Arquitectura de la red neuronal artificial .....	63
III.6.1. Componentes y conceptos fundamentales de una RNA .....	64
III.6.2. Consideraciones para predecir variables antropométricas empleando redes neuronales artificiales .....	66
III.7. Dimensiones antropométricas y variable fisiológica estudiadas .....	68
III.7.1. Figuras antropométricas .....	71
III.8. Análisis de la data primaria, simulación de la red neuronal artificial y modelaje de funciones de regresión .....	74
III.6.1. Pruebas empleadas en el análisis estadístico .....	75
<b>CAPÍTULO IV</b>	
<b>RESULTADOS Y ANÁLISIS .....</b>	<b>77</b>
IV.1. Sondeo previo (proporciones), tamaño de la muestra y tamaño/proporciones estratificadas de la muestra.....	77
IV.1.1. Sondeo previo (proporciones) .....	78
IV.1.1.1. Conclusiones del sondeo .....	79

Índice general (continuación)	Página
IV.1.2. Tamaño de la muestra .....	79
IV.1.2.1. Conclusiones sobre tamaño muestral .....	80
IV.1.3. Tamaño/proporciones estratificadas de la muestra .....	80
IV.1.3.1. Conclusiones del tamaño/proporciones estratificadas de la muestra (población accesible) para el estudio .....	81
IV.2. Resultados de: la prueba piloto para validar estadísticamente los antropometristas, procedimientos de medida y los documentos instrumentales .....	81
IV.2.1. Validación procedimientos de medida e instrumentos documentales en la prueba piloto (PP) .....	81
Validación de procedimientos prueba piloto (PP) .....	82
IV.2.1.a. Validación estadística de los procedimientos de media en la prueba piloto .....	83
• Error técnico de medida total ( $ETM_{total}$ ) .....	84
IV.2.2.b. Validación por expertos de los instrumentos documentales .....	85
IV.2.3. Resultados de la prueba piloto (PP) .....	86
IV.2.3.1. Conclusiones de la prueba piloto (PP) realizada ..	86
IV.3. Contrastar la distribución de la población objetivo con la de países extranjeros .....	86
IV.4. Medición de variables: fisiológicas y antropométricas .....	89
IV.4.1. Variable fisiológica: capacidad aeróbica relativa (CAR) para hombres y mujeres venezolanos .....	89
IV.4.1.1. Consideraciones sobre la capacidad aeróbica relativa para hombres y mujeres venezolanos .....	89
IV.4.2. Variable fisiológica: capacidad promedio de trabajo físico (CPTF) para hombres y mujeres venezolanos, empleando funciones predictoras .....	92
IV.4.2.1. Capacidad promedio de trabajo físico (CPTF) <sub>Hombre</sub> ..	92
IV.4.2.2. Capacidad promedio de trabajo físico (CPTF) <sub>Mujer</sub> ..	94

Índice general (continuación)

	Página
IV.4.3. Relación de la capacidad aeróbica para los venezolanos (P <sub>MODIV</sub> ) en base a la data de la Tabla IV.14 y Tabla IV.15 .....	98
IV.4.4. Relación de la capacidad aeróbica para los norteamericanos ...	98
IV.4.5. Data antropométrica y potencia aeróbica (VO <sub>2</sub> Máx.) <i>Observada</i> .....	99
IV.4.5.1. Predicción de la capacidad absoluta (CAA: kcal/min) empleando funciones de regresión .....	99
IV.4.6. Determinar la correlación entre las capacidades aeróbicas (CAR y CAA) y algunas variables antropométricas .....	103
<u>Caso 1</u> .....	105
Edad vs capacidad aeróbica absoluta (hombre)	
Edad vs capacidad aeróbica absoluta (mujer)	
<u>Caso 2</u> .....	107
Edad (E) <sub>Hombre</sub> vs capacidad aeróbica relativa (CAR) <sub>Hombre</sub>	
Edad vs capacidad aeróbica relativa (mujer)	
<u>Caso 3</u> .....	108
Índice masa corporal vs capacidad aeróbica absoluta (hombre)	
Índice masa corporal vs capacidad aeróbica absoluta (mujer)	
<u>Caso 4</u> .....	109
Índice masa corporal vs capacidad aeróbica relativa (hombre)	
Índice masa corporal vs capacidad aeróbica relativa (mujer)	
<u>Caso 5</u> .....	110
Frecuencia cardíaca reposo vs capacidad aeróbica absoluta (hombre)	
Frecuencia cardíaca reposo vs capacidad aeróbica absoluta (mujer)	
<u>Caso 6</u> .....	111
Frecuencia cardíaca reposo vs capacidad aeróbica relativa (hombre)	
Frecuencia cardíaca reposo vs capacidad aeróbica relativa (mujer)	
<u>Caso 7</u> .....	112
Perímetro abdominal vs capacidad aeróbica absoluta (hombre)	
Perímetro abdominal vs capacidad aeróbica absoluta (mujer)	
<u>Caso 8</u> .....	113
Perímetro abdominal vs capacidad aeróbica relativa (hombre)	
Perímetro abdominal vs capacidad aeróbica relativa (mujer)	

Índice general (continuación)	Página
IV.5. Elaborar una base de datos antropométricos y capacidad aeróbica relativa: veintidós (22) antropométricas y una (1) fisiológica de la población de mano de obra directa industrial venezolana, estratificada por edad y sexo, hombres y mujeres por separado .....	115
IV.5.1. Variación desde el año 2011 al año 2016 de la masa corporal y del índice de masa corporal en la población de mano de obra directa industrial venezolana .....	123
IV.6. Modelar funciones de regresión predictoras de la capacidad aeróbica absoluta (CAA) de la PMODIV .....	124
IV.6.1. Validación de las funciones estadísticas de regresión .....	125
IV.7. Modelar una técnica de redes neuronales artificiales predictora de 18 dimensiones antropométricas y una variable fisiológica de la PMODIV ..	126
IV.7.1. Técnica de modelaje e instructivo para el análisis de datos antropométricos mediante redes neuronales artificiales .....	126
IV.7.1.1. Método de desarrollo y análisis .....	128
1. Recolección de datos.....	130
2. Creación de la red .....	131
3. Configuración de la red .....	131
<i>Muestra conjunta (hombres y mujeres)</i> .....	132
4. Inicialización de los pesos y sesgos .....	134
5. Entrenamiento de la red .....	134
6. Validación de la red .....	135
<i>Arquitectura de las redes neuronales artificiales (RNA)</i> .....	135
<i>Fijación de valores de entradas y salidas</i> .....	136
<i>Entrenamiento</i> .....	136
<i>Resultados para la muestra conjunta (mujeres y hombres)</i> .....	138
<i>Muestra de mujeres</i> .....	141
<i>Muestra de hombres</i> .....	143
7. Utilización de la red .....	146

Índice general (continuación)

	Página
IV.7.2. Validación de la capacidad predictora de la red neuronal artificial modelada .....	147
IV.7.3. Conclusiones del uso de las redes neuronales artificiales para predecir dimensiones antropométricas .....	148
IV.8. Pruebas empleadas en el análisis estadístico .....	149
IV.8.1. Prueba de Rachas .....	149
(a) <i>Hipótesis de la investigación</i> .....	150
(b) <i>Hipótesis estadística</i> .....	150
(c) <i>Estadístico de prueba</i> .....	150
(d) <i>Nivel de significancia</i> .....	150
(e) <i>Región crítica o área de rechazo</i> .....	151
(f) <i>Cálculos</i> .....	151
IV.8.2. Prueba t de Student .....	152
<i>Hipótesis estadística</i> .....	153
IV.8.3. Prueba de bondad de ajuste de Kolmogorov-Smirnov (K-S) de la variable capacidad aeróbica relativa (CAR) por una muestra de 124 varones de la mano de obra directa industrial venezolana .....	156
<i>Data primaria de la Capacidad aeróbica relativa (CAR) para aplicarle la prueba Kolmogorov-Smirnov (K-S)</i> .....	157
IV.8.3.1. Consideraciones sobre la prueba de Kolmogorov-Smirnov (K-S) prueba de normalidad .....	158
IV.8.3.2. Hipótesis estadística Kolmogorov-Smirnov (K-S).....	159
IV.8.4. Prueba de bondad de ajuste (normalidad) de Shapiro-Wilks de la variable capacidad aeróbica relativa (CAR) para una muestra de 124 varones de la mano de obra directa industrial venezolana .....	160
IV.8.4.1. Consideraciones sobre la prueba de Shapiro-Wilks, prueba de normalidad .....	160
IV.8.5. Prueba de Kruskal-Wallis .....	161
<i>Hipótesis estadística Kruskal-Wallis</i> .....	162

Índice general (continuación)	Página
IV.9. Comparar los resultados de la capacidad aeróbica de la población de mano de obra directa industrial venezolana con la de algunos de sus homólogos extranjeros .....	163
IV.10. Actividades (acciones), aportes y hallazgos teóricos, empíricos de la investigación .....	164
<b>CAPÍTULO V</b>	
<b>CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y COLOFÓN .....</b>	<b>168</b>
V.1. Conclusiones .....	168
V.2. Recomendaciones .....	169
V.3. Colofón .....	171
<b>GLOSARIO .....</b>	<b>172</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>178</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>197</b>
Anexo A	
Clasificación industrial internacional uniforme de todas las actividades económicas (CIU) establecida por las Naciones Unidas (2009:56-51) .....	198
Anexo B	
Data primaria antropométrica y capacidad aeróbica relativa colectadas a diferentes cotas .....	199
Anexo C	
Carta de consentimiento informado del paciente o colaborador .....	200
Anexo D	
Venezuela en el mapamundi, en las Américas y la región central de Venezuela .....	201
Anexo E	
Prueba del escalón ( <i>USDA Forest Service Step Test</i> ) .....	203
Anexo F	
Cédula antropométrica para estudios ergonómicos (CAPEE) Documento instrumental .....	211

Índice general (continuación)	Página
Anexo G	
Instrumentos de medida .....	213
Anexo H	
Datos crudos planilla de resultados capacidad aeróbica .....	218
Anexo I	
Valores del coeficiente de correlación $r$ funciones bivariantes y multivariantes .....	222
Anexo J	
Tabla de valores críticos de $r$ en la prueba de Rachas .....	223
Tabla 4. Valores críticos de $r$ en la prueba de Rachas .....	223
. Tabla 4a .....	223
. Tabla 4b .....	224

## ÍNDICE DE TABLAS

	Página
<b>CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO Y ANTECEDENTES</b>	
<b>Tabla II.1</b> Estratificación por edad y composición porcentual de la población laboral española y colombiana, como referente para los respectivos estudios antropométricos.....	20
<b>Tabla II.2</b> Caracterización de la de mano de obra directa industrial en los EEUU de América .....	45
<b>CAPÍTULO III MARCO METODOLÓGICO</b>	
<b>Tabla III.1</b> Estimados antropométricos de la población de mano de obra directa de la empresa Van Heel Industrial, C.A., ubicada en Cagua, estado Aragua .....	54
<b>Tabla III.2</b> Dimensión, descripción, método, instrumento y referencia ISO .....	69
<b>CAPÍTULO IV RESULTADOS Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO</b>	
<b>Tabla IV.1</b> Distribución de la población venezolana laboral industrial de mano de obra directa ocupada, estratificada por sexo y edad, según el sondeo previo transversal .....	78
<b>Tabla IV.2</b> Tamaño de la muestra de éste estudio en función de los coeficientes de variación y la talla, determinada por Araviche (2011), empleando la Norma técnica colombiana NTC 5654 (2008) <i>para aplicaciones antropométricas</i> .....	80
<b>Tabla IV.3</b> Distribución y tamaño de la muestra de la población de mano de obra directa industrial venezolana <i>por sexo y edad</i> .....	81
<b>Tabla IV.4</b> Cálculo del ETM intra-evaluador para 10 sujetos, con 3 antropometristas ....	83
<b>Tabla IV.5</b> Error técnico de medida total (ETM <sub>total</sub> ), porcentaje ETM <sub>total</sub> y confiabilidad (R) .....	84
<b>Tabla IV.6</b> Validación/aprobaron por expertos de los instrumentos documentales .....	85



<b>Tabla IV.7</b> Distribución según el sondeo previo de la población de mano de obra directa industrial venezolana (PMODIV) ocupada, estratificada por sexo y edad, para una muestra mínima con un percentil 95 y una precisión relativa del 1%, $n = 185$ (124 hombres y 61 mujeres) .....	88
<b>Tabla IV.8</b> Muestreo de la población de mano de obra directa industrial venezolana (PMODIV) <b>ocupada</b> , estratificada por sexo y edad, en base a $n = 600$ sujetos (300 hombres y 300 mujeres), para levantar la data y modelar la red neuronal artificial (RNA) .....	89
<b>Tabla IV.9</b> Caracterización de la población de mano de obra directa industrial venezolana (PMODIV) en base a variables selectas antropométricas y fisiológicas .....	91
<b>Tabla IV.10</b> Tiempos límite (minutos) y porcentaje del metabolismo máximo .....	92
<b>Tabla IV.11</b> Capacidad promedio de trabajo físico (CPTF) <sub>Hombre</sub> . Ecuación 5 .....	96
<b>Tabla IV.12</b> Capacidad promedio de trabajo físico (CPTF) <sub>Mujer</sub> . Ecuación 7 .....	96
<b>Tabla IV.13</b> Clasificación de la condición física cardiorespiratoria: $VO_2$ máx. (ml $O_2$ / kg-min) .....	99
<b>Tabla IV.14</b> Data antropométrica y potencia aeróbica ( $VO_2$ Máx.) <b>Observada</b> 40 venezolanos (Prueba del escalón, <i>USDA Forest Service Step Test</i> ) .....	101
<b>Tabla IV.15</b> Data antropométrica y potencia aeróbica ( $VO_2$ Máx.) <b>Observada</b> 33 venezolanas (Prueba del escalón, <i>USDA Forest Service Step Test</i> ) .....	102
<b>Tabla IV.16</b> Correlaciones entre capacidad aeróbica y las variables independientes .....	114
<b>Tabla IV.17</b> Datos antropométricos y capacidad aeróbica relativa (CAR) de la población de la mano de obra directa industrial venezolana, mujeres y hombres por separado .....	115

<b>Tabla IV.18</b>	
Variación desde el año 2011 al año 2016 de la masa corporal y del índice de masa corporal en la población de mano de obra directa industrial venezolana .....	123
<b>Tabla IV.19</b>	
Importación de datos desde la hoja de Excel .....	133
<b>Tabla IV.20</b>	
Resultados de la red neuronal .....	138
<b>Tabla IV.21</b>	
Resultados del entrenamiento, validación y prueba para la muestra de mujeres .....	141
<b>Tabla IV.22</b>	
Resultados del entrenamiento, validación y prueba para la muestra de hombres .....	144
<b>Tabla IV.23</b>	
Validación de la capacidad predictiva de la red neuronal artificial (RNA) 4-10-19 modelada en este trabajo .....	147
<b>Tabla IV.24</b>	
Prueba de rachas (dos colas) para el orden de entrada de mujeres y hombres al servicio médico laboral, $H_0$ : secuencia aleatoria; $H_1$ : secuencia no aleatoria .....	152
<b>Tabla IV.25</b>	
Prueba t para las medias de la CAR de dos muestras independientes con varianzas y tamaño muestral desiguales, $\alpha = 0,05$ .....	156
<b>Tabla IV.26</b>	
Estadística descriptiva de la capacidad aeróbica relativa (CAR) .....	157
<b>Tabla IV.27</b>	
Prueba de Kruskal-Wallis, sexo vs mediana de la capacidad aeróbica absoluta (CAA) .....	162
<b>Tabla IV.28</b>	
Prueba de Kruskal-Wallis $FCR_{15}$ vs rango de edad .....	163
<b>Tabla IV.29</b>	
Actividades (acciones), aportes y hallazgos.....	164

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
<b>CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO Y ANTECEDENTES</b>	
<b>Figura II.1</b> Relaciones matemáticas entre algunas dimensiones del cuerpo y la estatura, que proporcionan ratios, designados como relaciones de frontera .....	23
<b>Figura II.2</b> Curva de ajuste de relación entre estatura y altura sentado de 40 individuos .....	24
<b>Figura II.3</b> Neurona biológica y sus partes .....	25
<b>Figura II.4</b> Modelo de red neuronal .....	26
<b>Figura II.5</b> Red neuronal artificial perceptrón .....	26
<b>CAPÍTULO III MARCO METODOLÓGICO</b>	
<b>Figura III.1</b> Dimensiones para el diseño de puestos de trabajo .....	72
<b>Figura III.2</b> Dimensiones para el diseño de puestos de trabajo .....	73
<b>Figura III.3</b> Dimensiones para el diseño de puestos de trabajo .....	73
<b>Figura III.4</b> Dimensiones para el diseño de puestos de trabajo .....	74
<b>CAPÍTULO IV RESULTADOS Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO</b>	
<b>Figura IV.1</b> Capacidad de trabajo físico y tiempo de la actividad, escala semilog, basada en la Tabla IV.9 .....	94
<b>Figura IV.2</b> Capacidad promedio de trabajo físico (CPTF) hombre de 74,9 kg (IMC=25,7) y mujer de 62,9 kg (IMC=25,9), de 35 años, vs t.....	94
<b>Figura IV.3</b> <i>Caso 1.</i> Edad vs capacidad aeróbica absoluta (hombre) .....	106

Índice de figuras (continuación)	Página
<b>Figura IV.4</b>	
<i>Caso 1.</i> Edad vs capacidad aeróbica absoluta (mujer).....	106
<b>Figura IV.5</b>	
<i>Caso 2.</i> Edad vs capacidad aeróbica relativa (hombre) .....	107
<b>Figura IV.6</b>	
<i>Caso 2.</i> Edad vs capacidad aeróbica relativa (mujer) .....	107
<b>Figura IV.7</b>	
<i>Caso 3.</i> Índice masa corporal vs capacidad aeróbica absoluta (hombre) .....	108
<b>Figura IV.8</b>	
<i>Caso 3.</i> Índice masa corporal vs capacidad aeróbica absoluta (mujer).....	108
<b>Figura IV.9</b>	
<i>Caso 4.</i> Índice masa corporal vs capacidad aeróbica relativa (hombre).....	109
<b>Figura IV.10</b>	
<i>Caso 4.</i> Índice masa corporal vs capacidad aeróbica relativa (mujer).....	109
<b>Figura IV.11</b>	
<i>Caso 5.</i> Frecuencia cardiaca reposo vs capacidad aeróbica absoluta (hombre) ...	110
<b>Figura IV.12</b>	
<i>Caso 5.</i> Frecuencia cardiaca reposo vs capacidad aeróbica absoluta (mujer) .....	110
<b>Figura IV.13</b>	
<i>Caso 6.</i> Frecuencia cardiaca reposo vs capacidad aeróbica relativa (hombre) ...	111
<b>Figura IV.14</b>	
<i>Caso 6.</i> Frecuencia cardiaca reposo vs capacidad aeróbica relativa (mujer)...	111
<b>Figura IV.15</b>	
<i>Caso 7.</i> Perímetro Abdominal vs Capacidad Aeróbica Absoluta (hombre) ....	112
<b>Figura IV.16</b>	
<i>Caso 7.</i> Perímetro abdominal vs capacidad aeróbica absoluta (mujer) .....	112
<b>Figura IV.17</b>	
<i>Caso 8.</i> Perímetro abdominal vs capacidad aeróbica relativa (hombre).....	113
<b>Figura IV.18</b>	
<i>Caso 8.</i> Perímetro abdominal vs capacidad aeróbica relativa (mujer).....	113
<b>Figura IV.19</b>	
Configuración de la red .....	132

Índice de figuras (continuación)	Página
<b>Figura IV.20</b> Arquitectura de la red neuronal .....	136
<b>Figura IV.21</b> Gráfico del comportamiento del algoritmo .....	135
<b>Figura IV.22</b> Gráfico del mejor desempeño de la validación .....	137
<b>Figura IV.23</b> Histograma del error ( <i>mse</i> ) .....	139
<b>Figura IV.24</b> Relación entre las salidas de la red y los objetivos Gráficas de regresión del entrenamiento, validación y prueba .....	140
<b>Figura IV.25</b> Histograma del error Gráficas de regresión del entrenamiento, validación y prueba .....	142
<b>Figura IV.26</b> Gráficas de regresión del entrenamiento, validación y prueba para muestra de mujeres .....	143
<b>Figura IV.27</b> Histograma del error para la muestra de hombres .....	144
<b>Figura IV.28</b> Gráficas de regresión del entrenamiento, validación y prueba para muestra de hombres .....	145
<b>Figura IV.29</b> Prueba Kolmogorov-Smirnov para la capacidad aeróbica relativa (CAR) .....	158
<b>Figura IV.30</b> Prueba de Shapiro-Wilks para la capacidad aeróbica relativa (CAR) .....	161



UNIVERSIDAD DE CARABOBO  
ÁREA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
DOCTORADO EN INGENIERÍA  
ÁREA INDUSTRIAL



## **PREDICCIÓN DE DIMENSIONES ANTROPOMÉTRICAS Y CAPACIDAD AERÓBICA EN TRABAJADORES DE MANO DE OBRA DIRECTA INDUSTRIAL VENEZOLANA, APLICABLES AL DISEÑO ERGONÓMICO**

Autor: Francisco José Burgos Navarrete  
Tutora: Evelin del Valle Escalona de Yánez

### **Resumen**

Al abordar esta tesis se encontró en Venezuela un déficit en la literatura nacional sobre data antropométrica y fisiológica propia de la población de mano de obra directa industrial, lo que conduce al mal diseño ergonómico de máquinas y equipos, a la falta de armonía entre el trabajador y su puesto de trabajo al ubicarlo en puestos no acorde con sus características personales. Se plantea generar modelos predictivos de dimensiones antropométricas y capacidad aeróbica aplicables al diseño ergonómico. Los objetivos específicos consideran: 1) Sondeo previo poblacional para determinar la distribución etaria y por sexo, y el tamaño muestral; 2) Modelar funciones estadísticas de regresión predictoras de la capacidad aeróbica absoluta (CAA); 3) Modelar una técnica de redes neuronales artificiales (RNA) predictora de 18 variables antropométricas y una variable fisiológica; 4) Validar la capacidad predictora los modelos planteados; 5) Elaborar una base de datos antropométricos y capacidad aeróbica relativa: se eligieron veintidós variables antropométricas y una fisiológica que caractericen a la población de mano de obra directa industrial venezolana (PMODIV), masculina y femenina. Marco metodológico: el paradigma es cuantitativo, diseño no experimental, el tipo es de campo, nivel: descriptivo, correlacional, epidemiológico y de corte transversal. Para la caracterización de población disponible el muestreo fue aleatorio simple y estratificado de 185 trabajadores, se realizó en la Región Central de Venezuela, debido a su mayor homogeneidad genética. Se calculó el tamaño muestral según la Norma técnica colombiana 5654, para usos antropométricos, se aplicó el criterio de 23 categorías de la Clasificación industrial internacional uniforme de todas las actividades económicas establecida por las Naciones Unidas, al seleccionar las industrias muestreadas. El análisis incluye las pruebas de: Rachas, Kolgomorov-Smirnov, t-Student y Kruskal-Wallis. Logrados los objetivos, los resultados indican que la red neuronal artificial y las funciones de regresión modeladas, son útiles para el diseño ergonómico de: ropa, equipo de seguridad personal, lugares de trabajo y, propiciar la relación armoniosa entre el trabajador y su entorno laboral, todo lo anterior conduce a incrementar la satisfacción personal, la productividad y la calidad del producto final.

**Palabras clave:** Capacidad aeróbica. Diseño ergonómico. Funciones de regresión. Datos antropométricos y el fisiológico. Redes neuronales artificiales (RNA).



UNIVERSIDAD DE CARABOBO  
ÁREA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
DOCTORADO EN INGENIERÍA  
ÁREA INDUSTRIAL



**PREDICCIÓN DE DIMENSIONES ANTROPOMÉTRICAS Y CAPACIDAD  
AERÓBICA EN TRABAJADORES DE MANO DE OBRA DIRECTA INDUSTRIAL  
VENEZOLANA, APLICABLES AL DISEÑO ERGONÓMICO**

Autor: Francisco José Burgos Navarrete  
Tutora: Evelin del Valle Escalona de Yánez

**Abstract**

At the beginning of this thesis, a deficit was found in the national literature on anthropometric and physiological data of the population of industrial direct labor, which leads to the wrong ergonomic design of machines and equipment, due to the lack of harmony between the worker and his job position by placing him in positions not according to his personal characteristics. It is proposed to generate predictive models of anthropometric dimensions and aerobic capacity applicable to ergonomic design. The specific objectives consider: 1) Preliminary population survey to determine the age distribution and by sex, and the sample size; 2) To model statistical regression functions predictors of absolute aerobic capacity (AAC); 3) To model a technique of artificial neural network (ANN) predictor of 18 anthropometric variables and a physiological variable; 4) Validate the predictive capacity of the proposed models; 5) Prepare a data base on anthropometric and relative aerobic capacity: twenty-two anthropometric and one physiological variables were chosen that characterize the population of Venezuelan industrial direct labor, male and female. Methodological framework: the paradigm is quantitative, non-experimental design, the type is field work, level: descriptive, correlational, epidemiological and cross-sectional. For the characterization of the available population, the simple and stratified random sampling of 85 workers was carried out in the Central Region of Venezuela, due to its greater genetic homogeneity. The sample size was calculated according to the Colombian Technical Standard 5654, for anthropometric uses, the criterion of 23 categories of the Uniform International Industrial Classification of All Economic Activities established by the United Nations was applied when selecting the sampled industries. The analysis includes the tests of: Run test, Kolmogorov-Smirnov, t-Student and Kruskal-Wallis. Once the objectives have been achieved, the results indicate that the artificial neural network and the modeled regression functions are useful for the ergonomic design of: clothing, personal safety equipment, workplaces and, propitiate the harmonious relationship between the worker and his work environment, all the above leads to increase personal satisfaction, productivity and the quality of the final product.

**Keywords:** Aerobic capacity. Ergonomic design. Regression functions. Anthropometric and Physiological data. Artificial Neural Networks (ANN).

## INTRODUCCIÓN

A partir de la revolución industrial, los procesos de fabricación de bienes y servicios fueron cada vez más automatizados, requiriendo de máquinas y equipos con mejores prestaciones, a fin de obtener una satisfactoria producción, productividad y calidad.

A la fecha, los equipos y máquinas empleados en Venezuela en su mayoría son diseñados y construidos en el extranjero, para operadores que tienen características antropométricas y fisiológicas diferentes a la población de mano de obra directa industrial venezolana (PMODIV), Escalona, Yonusg, González, Chatigny y Seifert (2002:23).

Al incrementar el desempeño de máquinas y equipos, se necesitan trabajadores calificados; con las competencias laborales indispensables (por ejemplo, suficiente capacidad aeróbica relativa, que es una competencia de umbral) y en las mejores condiciones físicas, mentales, con las experiencias y/o conocimientos adecuados.

Se partió de la base de que la población venezolana es una mezcla multiétnica. Además se conoce que se tiene una distribución desigual de la población general, considerando las bases étnicas, como se indica en el estudio realizado por



Rodríguez-Larralde, Castro de Guerra, González-Coira y Morales (2001:11), en el cual se determinan la frecuencia génica y porcentajes de mezclas en diferentes áreas geográficas de Venezuela y se establece que la población más homogénea es la de la Región Central (RC) del país.

El cuerpo primordial de la presente investigación se ha estructurado en cinco capítulos; el primero donde se aborda el problema de investigación, junto a los objetivos tanto general como específicos del estudio, así como la justificación de la disertación sobre la predicción de dimensiones antropométricas y capacidad aeróbica en trabajadores de mano de obra directa industrial venezolana, aplicables al diseño ergonómico.

En el segundo capítulo se presenta el marco teórico y los antecedentes conexos a la investigación, y el estado del arte asociado al estudio planteado.

El tercer capítulo muestra la metodología abordada, con la caracterización de las dimensiones antropométricas y variable fisiológica estudiada a partir de la muestra referida a la población de mano de obra directa industrial, la modelización de funciones de regresión y de una red neuronal artificial.

El cuarto capítulo, corresponde a los resultados y análisis estadístico, donde se hace referencia a las pruebas empleadas en el análisis estadístico, distribución de la población de mano de obra directa industrial venezolana (PMODIV) ocupada

formalmente contrastada con la población colombiana y la española; medición de las variables antropométricas y de la variable fisiológica; determinación de la función para la capacidad promedio de trabajo físico (CPTF); capacidad aeróbica para los venezolanos (PMODIV); capacidad aeróbica para los norteamericanos; predicción de la capacidad aeróbica absoluta (CAA: kcal/min) empleando funciones de regresión.

Además en el capítulo IV se presenta la clasificación de la condición física cardiorespiratoria:  $VO_2$ máx. (ml  $O_2$ /kg-min); la relación entre las capacidades aeróbicas (CAA y CAR) y algunas variables antropométricas; funciones de regresión predictoras de la capacidad aeróbica absoluta (CAA); datos antropométricos y capacidad aeróbica relativa (CAR) de la población de la mano de obra directa industrial venezolana, mujeres y hombres por separado; desarrollo de una técnica de redes neuronales artificiales (RNA) predictora de dieciocho (18) dimensiones antropométricas y una (1) variable fisiológica; validación de la capacidad predictora de la red neuronal artificial modelada; y, las actividades (acciones), aportes y hallazgos: acerca de los conocimientos teóricos, empíricos de la investigación.

El Capítulo V, incluye las conclusiones, recomendaciones y colofón.

# CAPÍTULO I

## EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

### **I.1 Consideraciones generales**

En Venezuela existe un déficit de estudios nacionales que no permite disponer de una base de datos que caracterice antropométricamente y fisiológicamente a la población de mano de obra directa industrial venezolana (PMODIV), lo que conduce a: dificultades para lograr diseñar con criterio ergonómico, lo cual no favorece el desarrollo de una relación armoniosa entre el trabajador(a) y su entorno laboral al ubicarlo en puestos no acorde con sus capacidades.

Conjuntamente puede ocurrir la falta de: control de riesgos, prevención de accidentes y enfermedades ocupacionales, por no cumplir con la letra y el espíritu de lo contenido en la Ley Orgánica de Prevención, Condiciones y Medio Ambiente de Trabajo, LOPCYMAT (2005), Artículo 60 y Artículo 62, Numeral 3.

A pesar de los esfuerzos realizados, continúa vigente en Venezuela el déficit de publicaciones oficiales y privadas con la caracterización antropométrica y la fisiológica de la población de mano de obra directa industrial venezolana, PMODIV; tal como se puede constatar en el trabajo de Valbuena (2009).

Autores nacionales como Escalona *et al.* (2002:24), evidencian la necesidad de emplear estimados dimensionales antropométricos, para realizar estudios ergonómicos y diseños de puestos de trabajo conducentes a mejorar las actuales condiciones de trabajo en Venezuela.

Para que el trabajador, en un ambiente laboral sano y seguro, disfrute satisfactoriamente de su trabajo y mantenga la calidad del producto final, es indispensable conocer cuáles son los requerimientos ergonómicos de las máquinas, equipos y puestos de trabajo, como lo indica Carmona (2003):

El trabajo es de gran interés y utilidad por cuanto supone una importante contribución al objetivo tanto de salvaguardar la salud y la seguridad de los trabajadores, como al de aumentar la eficiencia en el desempeño de su actividad laboral. (p.15).

En virtud de estos planteamientos, es necesario enmendar el déficit de data respecto a la caracterización antropométrica y fisiológica de la PMODIV, por lo tanto hay que compilar data autóctona que sirva como referencia para el diseño ergonómico, aplicada a equipos de protección personal, puestos de trabajo, muebles, vestimenta industrial, máquinas, herramientas, útil entre otros para la prevención de problemas causantes de enfermedades ocupacionales y accidentes, el control de riesgos y finalmente la búsqueda de *la armonía entre el trabajador y su puesto de trabajo*, como reza la definición de *ergonomía* en la Norma técnica programa de seguridad y salud en el trabajo (NT-01-2008).

Los venezolanos son el producto de una población amerindia original, la cual ha recibido genes europeos y africanos por aproximadamente 20 generaciones, en distinta proporción de acuerdo al área geográfica que se considere.

El estudio de Rodríguez-Larralde *et al.* (2001:11), determina la frecuencia génica y porcentajes de mezclas en diferentes áreas geográficas de Venezuela y establece que la población más homogénea es la de la Región Central (RC) del país.

Sin embargo, es oportuno acotar que en Venezuela, Méndez *et al.* (1995), en su estudio consideraron como universo la población venezolana menor de 40 años; y a su vez en México, Ávila, Prado y González (2007), recolectaron datos antropométricos sobre la población venezolana en general; pero ninguno de los autores anteriores lo hizo para la población objetivo de la presente tesis, la cual es la PMODIV, por lo que es de poca utilidad para ser empleados en la solución de problemas ergonómicos en el ambiente laboral venezolano.

En este orden de ideas, el presente trabajo de investigación se apoyó en Araviche (2011), quien realizó la caracterización antropométrica de la población laboral de mano de obra directa (23 mujeres y 29 hombres) de una industria agroalimentaria en la Región Central del país, en la ciudad de Cagua, estado Aragua, siendo éste hasta la fecha uno de los trabajos precursores publicados sobre el tema en Venezuela, y que sirve de base para el desarrollo de la presente tesis doctoral.

## **I.2. Formulación del problema**

La presente investigación procura responder a la interrogante: ¿Cuáles son las características antropométricas y fisiológicas de la PMODIV?, que determinadas por funciones de regresión y una red neuronal artificial permitan predecir dimensiones antropométricas y la capacidad aeróbica, sin tener que medir todas ellas a cada sujeto.

Sin la información antropométrica ni fisiológica pueden presentarse los siguientes problemas: el trabajador está mal ubicado en su puesto de trabajo, lo que podría conducir a problemas de salud, bajo rendimiento laboral y baja calidad en el producto final.

## **FASE METODOLÓGICA A**

### **I.3. Objetivos**

#### **I.3.1. Objetivo general**

Diseñar un modelo predictivo de dimensiones antropométricas y capacidad aeróbica de la población de trabajadores de mano de obra directa industrial venezolana, aplicables al diseño ergonómico.

#### **I.3.2. Objetivos específicos**

1. Determinar con un sondeo previo la distribución etaria y por sexo, de la población de mano de obra directa industrial venezolana (PMODIV) y siguiendo el patrón determinado replicarlo en el muestreo para garantizar la homogeneidad.
2. Modelar funciones estadísticas de regresión predictoras de la capacidad aeróbica absoluta (CAA) de la PMODIV.

3. Modelar una técnica de redes neuronales artificiales (RNA) predictora de 18 variables antropométricas y una variable fisiológica.
4. Validar los modelos planteados: funciones estadísticas de regresión y capacidad predictora de la red neuronal artificial modelada.
5. Elaborar una base de datos antropométricos y capacidad aeróbica relativa: se eligieron veintidós variables antropométricas y una fisiológica de la población de mano de obra directa industrial venezolana, que caractericen a la población masculina y femenina de mano de obra directa industrial venezolana.

## **FASE METODOLÓGICA B**

### **Actividades/acciones**

1. Realizar Prueba Piloto para validar: los procedimientos de medida, documentos instrumentales y antropometristas. 2. Contrastar la distribución de la población objetivo, con la población laboral formal española y la colombiana. 3. Medir variables: las fisiológicas y las antropométricas. 4. Comparar una base de datos antropométricos y capacidad aeróbica relativa. Análisis estadístico. 5. Comparar los resultados de la capacidad aeróbica de la población de mano de obra directa industrial venezolana con algunos de sus homólogos extranjeros.

### **I.4. Justificación de la investigación**

Es necesario aportar una base de datos antropométricos y fisiológicos de la PMODIV, con el propósito de ser utilizados con criterios ergonómicos en las diferentes actividades laborales, lo cual favorece y propicia que los ambientes de esos lugares sean más seguros y amigables, lo que coadyuva a preservar la salud y

promover la satisfacción del usuario y trabajador, con un incremento en la productividad y la calidad de los productos. Niebel & Freivalds (2004:352).

Otra razón que justifica la realización del estudio propuesto, radica en la actual escasez de investigaciones sobre los datos antropométricos y capacidad aeróbica de la PMODIV, la cual una vez subsanada, permite investigar si existen, o no, correlaciones entre ellas y, adicionalmente contar con esa data autóctona como aporte de conocimiento, que facilite el modelar instrumentos predictores, tales como una RNA para las variables antropométricas y funciones de regresión predictoras de la capacidad aeróbica (CA), en base a la referida data antropométrica y fisiológica.

Lo anterior permite decir que esta tesis doctoral, es novedosa ya que contribuye a la ampliación de las fronteras del conocimiento, lo que eventualmente conducirá a la publicación de artículos conexos con el tema; además reúne aportes aprovechables beneficiosos a los sistemas: individuo-trabajo, académico, empresarial, político y social, y legislativo.

Respecto a la relevancia social este trabajo ofrece los siguientes aportes: data antropométrica y fisiológica de la PMODIV, una técnica de redes neuronales artificiales (RNA) predictiva de dimensiones antropométricas, modelar una función



de regresión predictora de la capacidad aeróbica absoluta y generación de conocimiento contenida aquí, fomenta la interacción entre lo académico y el mundo industrial/empresarial.

Los resultados proporcionan conocimiento antropométrico y fisiológico de la PMODIV, que contribuyen a mejorar el diseño ergonómico y la relación armoniosa entre el trabajador y su entorno laboral, incrementando su satisfacción personal, productividad y calidad del producto terminado.

Es imposible lograr altos niveles de productividad o gestión satisfactoria de la calidad sin contar con mano de obra de calidad calificada.

Un personal de calidad calificado tiene aptitudes (capacidad aeróbica y otras) y actitudes necesarias para realizar correctamente el proceso de producción, de servicio o de gestión; al no ser así los costos se incrementan Lefcovich (2013).

## **I.5. Alcances**

La presente investigación antropométrica y fisiológica, al ser su nivel transversal-epidemiológico, de acuerdo a Palella Stracuzzi y Martins Pestana (2010:85,94), se circunscribe a la población de mano de obra directa industrial

venezolana (PMODIV) y se consideran únicamente: la antropometría estática en posición sedente y de bipedestación, y adicionalmente en la parte fisiológica la capacidad aeróbica.

La antropometría estática, permite tomar mediciones a una persona fija en un solo lugar y tiene como ventaja, que proporciona datos muy exactos e indica las características de las personas en determinadas posturas (Rojas-González *et al.*, 2000).

En esta tesis para seleccionar las industrias a ser muestreadas se aplicó el criterio de las 23 categorías (o divisiones) de la Clasificación industrial internacional uniforme de todas las actividades económicas (CIIU), establecida por las Naciones Unidas (2009:46-51), para la industria manufacturera (ver Anexo A); de las cuales para estudiar la PMODIV se seleccionaron las industrias: pinturas, plásticos, servicios médicos laborales, cartón y papel, prendas de vestir, automotriz, alimentos, metalmecánica y tipografía, ver Anexo B.

Adicionalmente, en la tesis se toma en cuenta lo indicado por Carmona (2003:67) y lo expresado en la comunicación personal de Escalona (2015), para la modelización de la red neuronal artificial y de acuerdo a ello se seleccionaron las dimensiones que se consideran de interés para el diseño de puestos de trabajo, las cuales incluyen en total 21 variables antropométricas y 1 variable fisiológica.

Este trabajo está en el contexto del área de postgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Carabobo, en el programa de Doctorado en Ingeniería, Área de Investigación Industrial, en la Línea de investigación: Estudios Ergonómicos y del Ambiente de Trabajo, según el documento: Programas Doctorado en Ingeniería (2016).

### **I.6. Limitaciones**

- En esta investigación se estipuló el tamaño de la muestra de acuerdo a las normas estadísticas y al criterio de Ary, Jacobs & Razavieh (1979) que toma en cuenta la disponibilidad de tiempo y recursos del investigador; puesto que el financiamiento fue muy restringido, sufragado en su totalidad por cuenta del doctorando.
- Durante el desarrollo del presente trabajo, la escasez de materia prima y a los cortes a nivel nacional de suministro de energía eléctrica produjeron una reducción del número de horas laborables por semana en el sector industrial venezolano, lo que logró el efecto de una mínima disposición de los industriales para ceder tiempo de su personal de mano de obra directa para la recolección de data, para lograr los objetivos del estudio fueron necesarios varios viajes a estas empresas lo cual incremento los costos para el autor.

### **I.7. Aspectos éticos fundamentales**

- Guía de consentimiento informado del paciente o colaborador de la Secretaría de Salud, Hospital General "Dr. Manuel Gea González" (2014), ver el Anexo C (Carta de consentimiento informado del paciente o colaborador).
- Declaración de Helsinki de la Asociación Médica Mundial - Principios éticos para las investigaciones médicas en seres humanos (2013). Adoptada por la 18ª Asamblea Médica Mundial, Helsinki, Finlandia, junio 1964 y Enmendada por la 59ª Asamblea General, Seúl, Corea, octubre 2008. Ver el Anexo C.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO Y ANTECEDENTES

#### II.1. Referentes teóricos donde se ubica la problemática

A continuación se presentan referentes de la investigación, que permiten encontrar explicaciones y respuestas a la interrogante sobre la caracterización de parámetros antropométricos y fisiológicos, con el propósito de generar una base de datos empíricos, estratificada por edad y sexo, que puedan utilizarse para diseñar ergonómicamente: puestos de trabajo, espacios, ropas de trabajo, equipos de protección personal, máquinas, herramientas, y otros.

La epistemología de primer orden comprende los principios de antropometría, ergonomía, fisiología y distribución de Gauss, pues la mayoría de las dimensiones del cuerpo humano se distribuyen normalmente, Carmona (2003:50).

- *La antropometría* es la disciplina que describe las diferencias cuantitativas de las medidas del cuerpo humano, estudia las dimensiones tomando como referencia distintas estructuras anatómicas, y sirve de herramienta a la ergonomía con objeto de adaptar el entorno a las personas.

Al hablar de antropometría se diferencia la antropometría estática, que mide las disimilitudes estructurales del cuerpo humano, en diferentes posiciones, sin

movimiento, de la antropometría dinámica, que considera las posiciones resultantes del movimiento y va ligada a la biomecánica, Mondelo *et al.* (2000:61).

- *La ergonomía* es un neologismo, obtenido a partir de las raíces griegas *epyyov (ergon)*: trabajo; y *nomos*: ley o normas, aparece por primera vez, en 1857, en un libro titulado "Compendio de ergonomía o de la ciencia del trabajo basada en verdades tomadas de la naturaleza" escrito por el polaco Wojciech Jastrzębowski, y del que seguramente lo toma el inglés Hywel Murrel<sup>1</sup> para denominar la primera organización especializada, la "*Ergonomic Research Society*", constituida en 1949 por un grupo multidisciplinar de expertos británicos con el objetivo de estudiar e investigar sobre los problemas del trabajo humano.

Su propio "inventor", Murrel, definía la ergonomía como el "conjunto de los estudios científicos de la interacción entre el hombre y su entorno de trabajo", Olivier (1996).

Actualmente, las definiciones y referencias a la ergonomía que se pueden encontrar en la bibliografía especializada, frecuentemente se centran en el campo laboral. En este orden de ideas, se ha de destacar que en Venezuela hay pocas referencias e información en el área de la ergonomía, específicamente falta información en cuanto a normas técnicas que orienten el diseño de puestos de trabajo.

---

<sup>1</sup> Hywel Murrel. Psicólogo inglés que en 1949 junto con otros 10 científicos de diferentes ámbitos, fundó la primera asociación de ergonomía, la "Ergonomics Research Society". Es el autor de una de las primeras definiciones de ergonomía: "El estudio del ser humano en su ambiente laboral", Bravo y Espinoza (2016:151)

Entre las normas técnicas afines al tema cubierto en esta parte, está la Norma venezolana COVENIN 2273:1991 Principios ergonómicos de la concepción de los sistemas de trabajo y la Norma venezolana COVENIN 2742:1998, Condiciones ergonómicas en los puestos de trabajo en terminales con pantallas catódicas de datos.

La ergonomía también está considerada en la LOPCYMAT (2005), en el Artículo 59 y en el Artículo 60, donde el espíritu de la Ley expresa que ésta, en cierta forma, es el cumplimiento de lo establecido para el logro de: ...“la relación armoniosa entre el trabajador o la trabajadora y su entorno laboral”.

En este mismo sentido se cuenta con la Norma Técnica Programa de Seguridad y Salud en el Trabajo (NT-01-2008), aprobada como consecuencia de la situación actual de seguridad y salud laboral en Venezuela por la falta de acción constante y decidida en pro de la garantía de condiciones seguras y dignas de trabajo, aunado a la nula o escasa participación de las trabajadoras y los trabajadores en la mejora de sus condiciones y ambientes de trabajo.

Cabe destacar que entre los avances se cuenta la publicación en la Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela 430.199 (2016:2), la Norma técnica para el control en la manipulación, levantamiento y traslado manual de cargas; pero aún falta mucha información que enriquezca el campo de la ergonomía.

La ergonomía como campo de conocimiento y acción tiene múltiples posibilidades de aporte, los cuales dependen de no ver esta disciplina reducida a una dimensión técnica, sino de propiciar su participación en un marco de acción situada y contextualizada. Si bien se ha enfatizado la acción de la ergonomía en su aporte a la prevención de los desórdenes músculo-esqueléticos, su contribución a la salud de los trabajadores puede ser muy importante, en un escenario de búsqueda del bienestar laboral y social, como complemento a la acción preventiva de los riesgos laborales, según criterio de Luna-García (2013:77).

Es importante resaltar que el pensamiento de Wisner influenciado cada vez más por la antropología, propone que la ergonomía sea discutida con la sociología e incluso con la pedagogía, según indica Sznelwar (2006:12).

- *La fisiología* es una rama de la biología que se ocupa de las funciones y actividades de la vida o de la materia viva (como órganos, tejidos o células) y de los fenómenos físicos y químicos que intervienen. Merriam-Webster Dictionary. (s.f.).

En el desarrollo de la actividad laboral, toman lugar contracciones musculares que permiten al trabajador levantar y transportar cargas, subir escaleras, cuestas y el uso de herramientas. Hay que tomar en cuenta cómo funcionan los músculos, qué los hace mover, qué provee la energía para las contracciones y qué conduce a la fatiga; todo lo anterior está ligado a lo que se denomina la fisiología del trabajo, Sharkey & Davis (2008:109).



- *La distribución normal de Gauss o gaussiana*, corresponde a una distribución de probabilidad continua, su gráfica se denomina curva normal y tiene forma de campana la cual describe de manera aproximada muchos problemas que incurren en la naturaleza, la industria y la investigación, Walpole *et al.* (2012:172).

Respecto a lo anterior mencionado se establece que en una población homogénea las dimensiones antropométricas, como el peso, la talla y otras, son variables que siguen una distribución normal  $N(\mu, \sigma)$  o cuasi normal. Según Carmona (2003:103) y otros autores como Pértegas & Pita (2001:1), adicionalmente según Craig (1984): virtualmente todos los parámetros biológicos se distribuyen normalmente.

En otro orden de ideas, el desarrollo del presente enfoque epistemológico de primer orden se toman en cuenta los trabajos pioneros de RNA de McCulloch & Pitts (1943) y los métodos clásicos para el análisis de predicción (funciones de regresión simple y regresión múltiple), ejemplo de ellos es el presentado por Fromuth & Parkinson (2008:2).

Pitarque *et al.* (1998:387) compararon mediante simulación redes neuronales (del tipo perceptrón multicapa) con modelos estadísticos (regresión múltiple, análisis discriminante y regresión logística) en tareas de predicción. Los resultados muestran que en tareas de predicción de las redes neurales y los modelos de regresión múltiple tienden a rendir por igual.

Los autores Pheasant & Haslegrave (2006:39) dicen, que aparte de unas pocas y muy especiales poblaciones las cuales son especialmente conocidas (tales como la de los astronautas o la de los conductores de autos de carrera fórmula uno), es raro tener data antropométrica que sea directamente aplicable a una población objetivo (tales como los operadores de una línea de producción en una fábrica o empresa en particular o a los clientes que compran un producto en particular).

Usualmente se emplean las estadísticas antropométricas de la población general (civil), para la nacionalidad pertinente (aunque la elección de la fuente de la data es obviamente más complicada para el diseño de productos que van a ser vendidos internacionalmente).

Lo dicho anteriormente se reduce a reconocer la necesidad de disponer de los valores antropométricos y fisiológicos del conjunto de la población de mano de obra directa industrial venezolana, puesto que a la fecha de inicio de este trabajo mucha de la información disponible estaba basada en poblaciones con diferentes dimensiones antropométricas y fisiológicas, especialmente el de la capacidad aeróbica relativa (CAR:  $VO_2$  máx. generalmente expresada en  $ml\ O_2/kg\text{-min}$ ), que es un importante indicador fisiológico o índice de salud conexo con la condición física, según Rosa *et al.*(2014:8); y, considerado generalmente como el mejor indicador para valorar la capacidad de trabajo físico: *es una competencia personal o capacidad de umbral (passing score)*, Sharkey & Davis (2008:14,15,80).

Respecto a la selección del lugar geográfico para realizar el muestreo, Carmona (2003:105,106) determinó los datos antropométricos de la población laboral en España, mientras que Estrada, Camacho, Restrepo y Parra (1998) lo determinaron para la población laboral en Colombia; estos autores *consideraron todo el territorio, pero dividieron sus poblaciones en zonas*; sin embargo, hay que enfatizar que en la presente tesis, se considera lo dicho antes por Rodríguez-Larralde *et al.* (2001), por lo tanto la población muestral proviene específicamente de la Región Central de Venezuela.

En los estudios de Carmona (2003:117-120) y Estrada *et al.* (1998:24,25), la estratificación de la data primaria de la población objetivo provino de fuentes gubernamentales, adecuadamente homogeneizadas para grupos de edad, como se muestra en la Tabla II.1.

**Tabla II.1**

Estratificación por edad y composición porcentual de la población laboral española y colombiana, como referente para los respectivos estudios antropométricos

Rangos de edad	España (2003) <sup>a</sup>	Colombia (1995) <sup>b</sup>
20-29 años	33,2%	38%
30-39 años	27,6%	28%
40-49 años	21,7%	20%
50-59 años	17,5%	14%

Fuentes: a. Carmona (2003:117- 120); b. Estrada *et al.* (1998:24,25)

En Venezuela a la fecha de la realización de esta tesis no se pudo encontrar información oficial ni privada sobre la *estratificación por edad de la mano de obra*

*directa industrial formal*, condición requerida para garantizar la homogeneidad de la muestra respecto a la población objetivo, tal como expresa Carmona (2003:105).

Al estratificar por edad la población laboral española y colombiana de la Tabla II.1, los investigadores de los países involucrados utilizaron diferentes criterios en relación a la dimensión característica utilizada para la determinación del tamaño de la muestra, el primero empleó la talla y en el segundo el peso corporal.

En esta oportunidad, el autor, eligió el criterio de la talla para el desarrollo de esta presente investigación.

## **II.2. Consideraciones sobre las redes neuronales artificiales (RNA)**

En 1943, Warren S. McCulloch y Walter Pitts publicaron el artículo “*A logical calculus of Ideas Imminent in Nervous Activity*”, donde se plantea la teoría acerca de la forma de trabajar las neuronas. Ellos diseñaron un modelo de una red neuronal mediante un circuito eléctrico. (Matich, 2001).

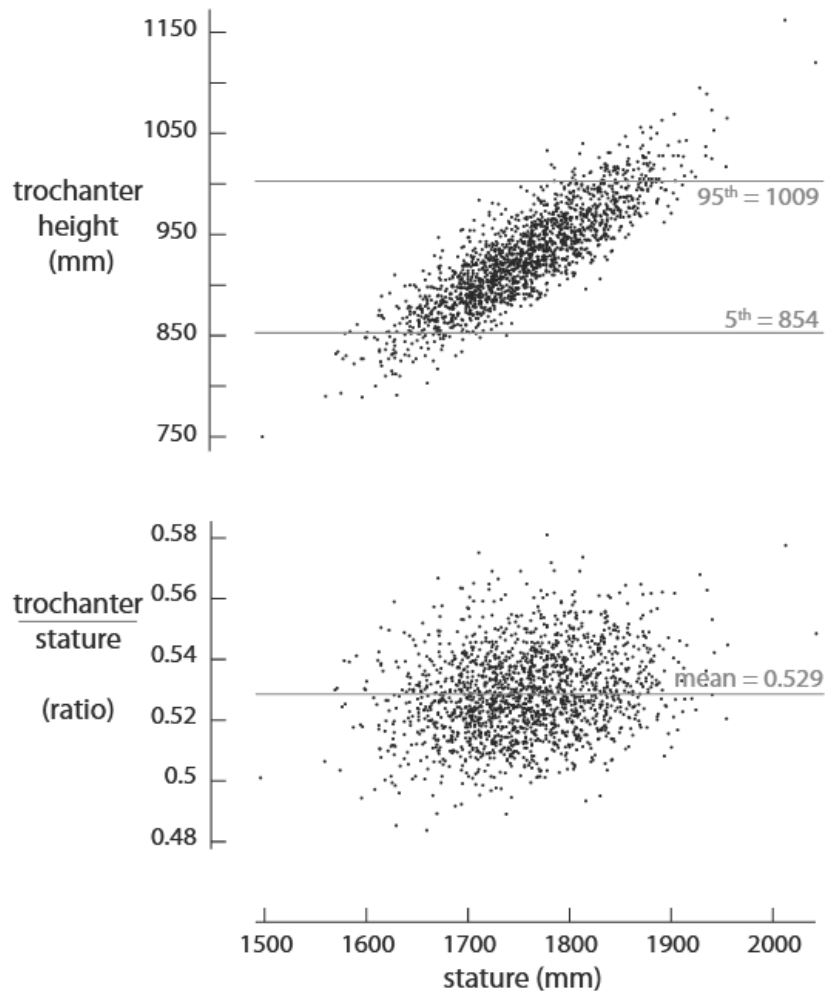
Una RNA es un algoritmo de cálculo basado en una analogía con las características y propiedades de redes neurales biológicas. La idea general es emular la capacidad de aprendizaje de estas neuronas, de manera que la RNA aprenda a identificar un patrón de asociación entre los valores de un conjunto de variables predictivas (entradas) y los estados que se consideran dependientes de dichos valores (salidas).

En el mismo plano definitorio, Plata (2008:1) la señala como: “...un procesador distribuido en paralelo de forma masiva que tiene una tendencia natural para almacenar conocimiento de forma experimental y lo hace disponible para su uso”.

Desde un punto de vista técnico, la RNA consiste en un grupo de unidades de proceso (nodos) que se asemejan a las neuronas, al estar interconectadas por medio de un entramado de relaciones (pesos) análogas al concepto de conexiones sinápticas en el sistema nervioso. A partir de los nodos de entrada, la señal progresa a través de la red hasta proporcionar una respuesta en forma de nivel de activación de los nodos de salida. Los valores de salida proporcionan una predicción del resultado en función de las variables de entrada.

Se considera que una RNA tiene una capa de entrada y otra de salida dependiendo el uso que se quiera dar a la red, se tendrá una o más capas ocultas (intermedias). Cada capa de neuronas tiene su respectiva función de activación y de salida, que permite transformar una entrada en salida. Ceballos (2004:32).

Los autores Drillis *et al.* (1996), según Fromuth & Parkinson (2008:1), se cuentan entre los primeros en publicar las relaciones matemáticas de muchas dimensiones del cuerpo a la estatura, proporcionando ratios, designados como relaciones de frontera (*boundary ratios*, BRS), sencillas de usar como constantes de proporcionalidad y se emplean en análisis de diseño.

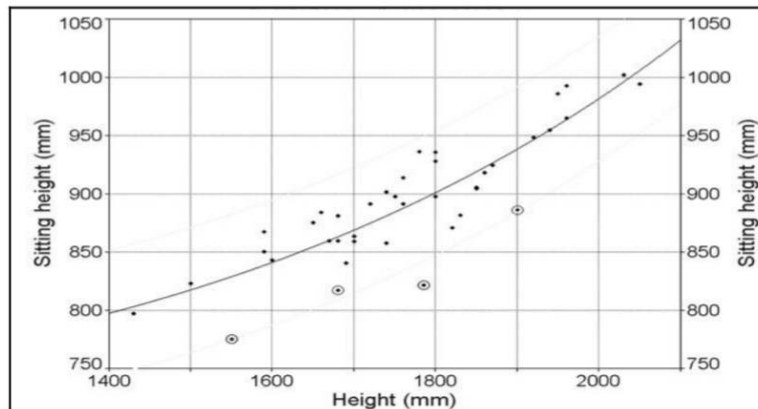


**Figura II.1**

Relaciones matemáticas entre algunas dimensiones del cuerpo y la estatura, que proporcionan ratios, designados como relaciones de frontera

Fuente: Fromuth & Parkinson (2008:2)

Entre las limitaciones para aplicar las relaciones de frontera, señalan que sólo las personas con un [normal o *quasi* normal] índice de masa corporal (IMC)  $\leq 26$  se utilizan para el análisis, aunque en su trabajo suponen que las relaciones y la distribución relativa de los segmentos del cuerpo humano son constantes a través de las grandes poblaciones, en la realidad éste no es necesariamente el caso. El ejemplo típico se ilustra en la Figura II.1.



**Figura II.2**

Curva de ajuste de relación entre estatura y altura sentado de 40 individuos  
 $r^2=0,76397558$ ; DF Adj  $r^2=0,75121751$ ; Fit Std Err=26,543209;  
 $F_{stat}=123,00029$ ;  $a=6,572879$ ;  $b=3,957037 \times 10^{-11}$

Fuente: Zhang, Horváth, Molenbroek & Snijders (2010)

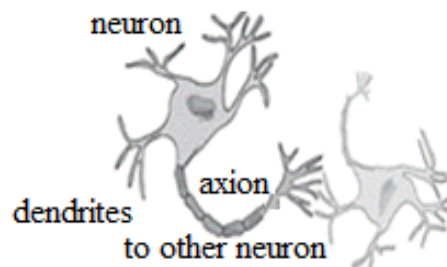
La Figura II.2 estatura vs altura sentado, ilustra un caso determinístico paramétrico no lineal, demostrando allí que la linealidad no es absoluta en este tipo de relaciones (Zhang *et al.*, 2010).

En concordancia con Cross *et al.* (1995:1075-79), una RNA es una opción en la predicción de valores en dimensiones antropométricas y su ventaja principal es su capacidad de incorporar efectos no-lineales e interacciones entre las variables de un modelo sin necesidad de tomarlas en cuenta o incluirlas *a priori*, por eso se emplearon en esta tesis.

En el presente trabajo se modeló una RNA que emplea el algoritmo supervisado de propagación inversa *Feed-Forward Backpropagation Neural Network (FFBPNN)*, con arquitectura (4-m'-19) = (4-10-19) para los varones y (4-m'-19) = (4-10-19) para las mujeres y en la práctica el número de sujetos tabulados por separado es de:  $n_1 = 300$  hombres y  $n_2 = 300$  mujeres, que se reparten para cada caso así: para entrenamiento el 70%, para la validación 15% y para la prueba 15%, habiéndose colectado la data antropométrica entre el 5% y 95% percentil respectivamente, de varones y mujeres de la PMODIV de la Región Central Venezolana.

### II.2.1. Fundamentación biológica de una neurona

El funcionamiento del cerebro humano está basado en millones de neuronas que reciben, elaboran y transmiten información a otras neuronas. En la Figura II.3 se muestra una neurona biológica y sus partes. Está constituida por el soma o cuerpo de la célula que contiene un núcleo, las dendritas, el axón y la sinapsis.



**Figura II.3**  
Neurona biológica y sus partes  
Fuente: Shiffman (2012)

Las señales de entrada proveniente de otras neuronas, llegan a través de la sinapsis; que traspassa la información electro-química al soma o cuerpo de la célula, por medio de las dendritas. Una vez que es procesada la información, se genera una respuesta (impulso eléctrico) que es enviada a otras neuronas por el axón.

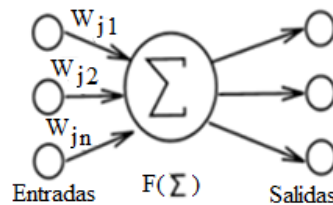
Como se puede apreciar, la sinapsis juega un papel importante en el funcionamiento de las redes neurales, ya que según Izaurieta y Saavedra (2000):

“El impulso que llega a una sinapsis y el que sale de ella no son iguales en general. El tipo de pulso que saldrá depende muy sensiblemente de la cantidad de neurotransmisor. Esta cantidad de neurotransmisor cambia durante el proceso de aprendizaje, es aquí donde se almacena la información. Una sinapsis modifica el pulso, ya sea reforzándolo o debilitándolo.” p.2.

Esta propiedad posibilita alterar el peso de la información en la red neuronal y le confiere en cierta medida la capacidad de aprendizaje.

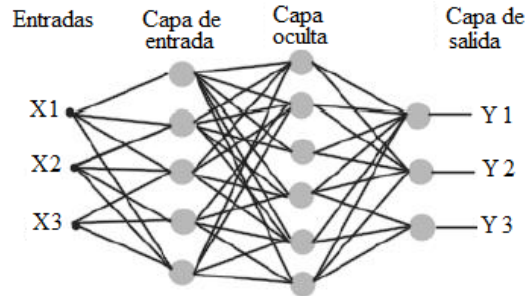


La arquitectura típica de redes está constituida por varias capas de nodos con interconexión completa entre ellos. El caso más sencillo en este tipo de red tiene sólo dos capas de neuronas, las de entrada y las de salida, indicada en la Figura II.4.



**Figura II.4**  
Modelo de red neuronal  
Fuente: Marín (2012)

De esta manera, se obtiene un modelo adecuado para problemas lineales del tipo de la regresión lineal múltiple. Si se desea analizar problemas no-lineales, es necesario incorporar otras capas de neuronas intermedias u ocultas (*hidden units*), que se presenta en la Figura II.5.



**Figura II.5**  
Arquitectura genérica de redes en cascada, caso perceptrón  
Fuente: Rico *et al.* (2009)

En este modelo, la neurona  $j$  recibe las señales de entradas provenientes de otras neuronas; identificadas como  $X_1, X_2, \dots, X_n$ . Cada señal se multiplica por el peso asociado a su conexión  $W_1, W_2, \dots, W_n$ . Posteriormente, se suman estas entradas ponderadas y se multiplica la función de activación o transferencia  $f$ , generando de esta manera la señal de salida ( $S$ ). Durante la fase de aprendizaje, los valores de los pesos son ajustados. El valor de la salida viene dado por:

$$S = f (X_1W_1 + X_2W_2 + \dots + X_n W_n)$$

### **II.2.2. Algoritmo de entrenamiento de una red neuronal artificial (RNA)**

Según el autor Matich (2001:6), en el año 1949 Hebb fue uno de los primeros investigadores en explicar los procesos de aprendizaje desde el punto de vista psicológico, y que éstos ocurrían cuando ciertos cambios en una neurona eran activados o disparados, dando paso a la famosa ley de aprendizaje hebbiano para redes no supervisadas. Sus trabajos crearon las bases de la teoría de las redes neurales.

Las redes de neuronas artificiales tienen un mecanismo de aprendizaje, basado en el criterio de ensayo y error. Es decir, se aplica una función para determinada entrada y si no se obtiene la salida buscada; se vuelve a probar la red pero variando los pesos sinápticos (tasa de variación); si nuevamente no se obtiene la salida esperada se vuelve a probar, previa variación de los pesos sinápticos, y así sucesivamente, hasta obtener la salida buscada.

Este procedimiento, para probar si la red obtiene el resultado esperado, se conoce como iteraciones (*epoch*); por lo general para resolver un problema, una red realiza más de 1000 iteraciones; no siempre llega a una solución. Si no se llega a la solución con una red se deberá probar otro algoritmo que esté relacionado con la red. Una vez que se ha logrado la salida buscada, termina la etapa de aprendizaje de la red y ahora se puede dar a la red una entrada cualquiera; entonces la red opera y obtiene la salida respectiva según las funciones de la red entrenada. Es decir, se tienen dos etapas distintas: una, de entrenamiento de la red (búsqueda de la salida esperada) y la otra, de aplicación de la red entrenada a cualquier entrada y obteniendo la respectiva salida.

Según el tipo de arquitectura y funciones que se utilicen se tienen diversos modelos de RNA. Los modelos más conocidos son los supervisados y no supervisados. Los primeros son los modelos más simples y más utilizados: Perceptrón, Propagación Inversa (Backpropagation), Adaline, LVQ, GRNN, Perceptrón Multicapa, Madaline. Dentro de los no supervisados son usados el de Realimentación de Hopfield y el Unidireccional de Mapas de Kohonen. Ceballos (2004:31-34).

El modelo más empleado en las redes supervisadas unidireccionales es el Perceptrón Multicapa (*MLP, Multilayered Perceptron*). Trujillano *et al.*(2004:59-67).

### **II.2.3. Algoritmo de propagación inversa (Backpropagation)**

El algoritmo de propagación inversa (Backpropagation) está basado en la red neural artificial perceptrón, con un tipo de aprendizaje supervisado; que proporciona una forma eficiente de entrenar este tipo de redes. Esto se debe a su capacidad de propagación-adaptación, de los pesos de las neuronas intermedias para aprender la relación que existe entre los patrones de entrada y salida; generando un error que después sirve para actualizar los pesos, que serán utilizados para la próxima iteración, repitiéndose el procedimiento hasta minimizar el error cuadrático medio, *Neural Network Toolbox* de software de Matlab 2016 versión de prueba.

El algoritmo propagación inversa en la simulación y técnicas de entrenamiento no resuelve algunos problemas, pero es el mejor de todos. Para mejorar la convergencia al entrenar RNA se emplea el algoritmo de Levenberg-Marquardt (LM) subsumido en el *Neural Network Toolbox* de software de Matlab 2016 versión de prueba.

#### **II.2.4. La red neuronal artificial para predicción de variables antropométricas**

Las Redes Neuronales Artificiales (RNA) son métodos no paramétricos de aprendizaje automático, que permiten detectar relaciones no lineales, Blanco (2015:8); son eficientemente utilizadas como una alternativa a los métodos estadísticos en diferentes problemas como predicción, estimación, clasificación, análisis de agrupamiento (*clustering*), reconocimiento de muestras, etc. Siendo que los modelos de RNA usualmente no son lineales, ellos dan mejores estimaciones en las aplicaciones. Mammadov *et al.* (2006).

Fue exitosa la utilización por Burgos y Escalona (2015b) de las RNA en la predicción de variables antropométricas de trabajadores que laboran sentados, con el objeto de disponer de un medio para optimizar y estandarizar el diseño de asientos para uso en los puestos de trabajo de una empresa y que no implique muchos inconvenientes; pero que garantice el cumplimiento de las exigencias de un diseño riguroso.

Los autores antes señalados seleccionaron una RNA, que desarrollaron mediante empleando un algoritmo supervisado de propagación inversa (*backpropagation*) de un *software* residente del Matlab 2012a.

Debido a lo reportado por la literatura y los satisfactorios resultados obtenidos, el autor decidió usar en la presente tesis la RNA con algoritmo supervisado de propagación inversa (*backpropagation*), en inglés. BP-ANN.

Una vez conocidas las características esenciales del diseño ergonómico de un mobiliario de trabajo, además es necesario evaluar de forma teórica, cómo sería el comportamiento esperado del diseño en cuestión. Esto se podría hacer mediante el método clásico de ensayo y error hasta que se determinen las dimensiones adecuadas, que garanticen un buen desempeño del trabajador de acuerdo con experiencias previas. Recientemente se han desarrollado nuevas técnicas que realizan las predicciones de variables sin la tediosa aplicación del método clásico.

Las RNA es una opción en la predicción de valores en dimensiones antropométricas y su ventaja principal es su capacidad de incorporar efectos no-lineales e interacciones entre las variables de un modelo sin necesidad de incluirlas *a priori*. (Cross *et al.*, 1995:1075-79).

De lo anterior se deduce que las RNA estén siendo utilizadas para resolver problemas que hasta hace poco se solucionaban exclusivamente empleando sistemas interactivos de ayuda a la toma de decisiones, las cuales ofrecen software que permiten resolver distintos tipos de problemas lineales y no lineales en el campo de la Investigación de Operaciones, como: Excel Solver, TORA, WinQSB y otros.

Muchos problemas en la ingeniería, las ciencias, las finanzas y el análisis del mercado se pueden resolver empleando las RNA, ejemplos de ello: el complejo modelamiento de asignación de los turnos de trabajo de las enfermeras utilizando redes

neuronales y *branchandbound* (Bastidas y Chacón, 2001) y optimizar circuitos análogos CMOS (Chakraborty, 2012), entre otros.

El *diseñar* equipos, herramientas y mobiliarios que se utilizan para el desempeño de un trabajador es un reto que se presenta en la actualidad. Y es por ello, que conjuntamente con las exigencias en los requerimientos de eficiencia en la producción, cumplimiento de la legislación laboral pertinente y de la necesidad de proveer confort a los trabajadores se han tornado muy rigurosos.

Por lo tanto, es imperativo lograr el equilibrio entre las características del trabajador y las demandas laborales, sin que ello implique el empleo excesivo de recursos que incrementen los costos operativos de una empresa en lo que se demande grandes esfuerzos económicos, buscando obtener mejoras en la productividad y que la seguridad laboral del trabajador no resulte comprometida.

Es indudable que la aplicación de buenos principios ergonómicos, en los lugares de trabajo promueve el buen ambiente laboral, el bienestar físico y mental del trabajador y apreciable satisfacción, lo que lógicamente debería conducir a incrementos en la productividad y calidad del producto final.

Es obvio que para lograrlo, se requiere el conocimiento de que las dimensiones de las variables antropométricas de los trabajadores sean las adecuadas, basadas en un

estudio directo de sus condiciones reales de trabajo; cuya obtención, dada la variedad y la cantidad de muestras generalmente es laboriosa.

Conforme al planteamiento anterior, se requiere de una técnica que facilite conocer las dimensiones apropiadas, que es uno de los objetivos de esta tesis, para lograr diseños ergonómicos confortables de los puestos de trabajo, sin recurrir a un gran tamaño muestral o a la obtención directa e invasiva de las dimensiones de partes del cuerpo del sujeto objeto de estudio.

Wang *et al.* (1998:231), indican que para el caso de que la red neuronal artificial (RNA) sea una Perceptrón multicapas [*Multilayer Perceptron (MLPs)*] el porcentaje del error promedio disminuye ostensiblemente al alcanzar *la muestra para entrenamiento [validación y prueba] un tamaño  $\geq 300$* ; por encima del valor indicado el porcentaje del error promedio también disminuye al aumentar las capas ocultas de la RNA estudiada.

De acuerdo a Xue-bin Li *et al.* (2009), una red neuronal artificial (RNA) de retropropagación bien estructurada necesita una muestra grande para el entrenamiento de sus parámetros. En lo que para algunas, el tamaño de la muestra para el entrenamiento del modelo de predicción probablemente no fue un factor importante para la estabilidad de la predicción de la RNA; pero un modelo de red neuronal entrenada con *una muestra [lo suficientemente] grande* es muy útil para el entrenamiento de aquella RNA del modelo de retropropagación que presente un pequeño error de predicción.

Hyontai (2009:1509,1510), informa que se emplea un sistema experto para el diagnóstico de enfermedades cardíacas que utiliza máquinas de vectores soporte y la técnica de alimentación hacia adelante con propagación hacia atrás (*feedforward backpropagation technique*), en el caso de ser empleado una RNA como el Perceptrón Multicapas [*Multi-layer Perceptrons, (MLPs)*] y la data contiene valores continuos; se ha comprobado empíricamente que una *muestra de 200* tiene un porcentaje de precisión de 62,4881; *una de 400* tiene un porcentaje de precisión de 64,1559; *una de 800* tiene un porcentaje de precisión de 65,8715; la precisión aumenta hasta que la *muestra tiene un valor de 12,800* con un máximo porcentaje de precisión 65,8715, de allí en adelante la precisión disminuye.

Shaikh *et al.* (2010:2150), indican que a la data de una *Support Vector Machine (SVM)* y a la técnica de *Feedforward Backpropagation* les fueron aplicados los datos del sistema experto. Para que el sistema sea más auténtico y fiable la data  $n = 300$  *pacientes* se empleó así: la de 250 pacientes se utilizó para el conjunto de entrenamiento y la de 50 para el proceso de evaluación. Lo anterior se realizó con el propósito de que el sistema sea más auténtico y confiable.

Los autores Moreno *et al.* (2011:235 a 237) para hacer predicciones modelaron su RNA con la siguiente arquitectura sencilla de (1-4-1) y emplearon para su entrenamiento una base de datos primarios con las mediciones a *una muestra de 300 simulaciones (sujetos)*, que las repartieron así: para entrenamiento 210 (70%), para la validación 45 (15%) y para la prueba 45 (15%). Para el dimensionamiento de la red no existe una regla general o concreta para determinar el número de capas o de neuronas por capa para resolver un problema dado. Usualmente estos valores son determinados por ensayo y error o de acuerdo a la experiencia del diseñador.



De acuerdo a García *et al.* (2011:392, 393, 394) existen numerosos tipos de RNA, clasificadas en función de diversas características como: la topología, el tipo de aprendizaje o la clase de entrada que reciben, las de tipo Perceptrón Multi Capa (PMC) entrenadas con el algoritmo de Retro Propagación (RP) han sido las más utilizadas dentro de la literatura. El número de entradas en un PMC viene determinado por el número de características que definen el problema en cuestión, mientras que el número de salidas es el mismo que el número de valores a predecir. Por tanto el único elemento dependiente del diseñador de la red es el número de capas ocultas y el número de neuronas de estas capas.

Sin embargo, en la presente investigación no se ha encontrado *un método o heurística de uso universal* para determinar el número óptimo para resolver un problema dado. García *et al.* (2011:394) como primera aproximación indican la regla matemática descrita por Tarassenko (1998) para tantear el valor de los elementos ocultos:  $J = (IK)^{0,5} = (9 \times 1)^{0,5} = 3$ , donde I, J y K son el número de neuronas de las capas de entrada, oculta y salida respectivamente, se emplearon 214 muestras (*data-sets*).

Para Patil (2013), el número de capas de entrada debe ser igual el número de variables de entrada, el número de capas ocultas debe ser igual o mayor a 1,5 veces el número de capas de entrada y puede incrementarse por ensayo y error hasta lograr una configuración satisfactoria, por defecto el número de capas de salida ha de ser el mismo que las variables de salida.

Según Patcharaporn (2013), el número de capas ocultas en una RNA depende del número de variables, el tamaño de la muestra (sujetos), los métodos de validación, la precisión de los resultados obtenidos, el tipo de data, los métodos neuronales que emplea RNA, la calidad de la data y su naturaleza.

### **II.3. Antecedentes antropométricos internacionales y nacionales**

Como parte de la metodología de esta investigación, se llevó a cabo un análisis previo de la bibliografía relacionada, con el objeto de conseguir información de los antecedentes sobre el tema de investigación y posteriormente, el investigador realiza una evaluación de la pertinencia que pudieran tener los textos sobre el tema a investigar, de manera de apreciar mejor el punto de partida investigativo.

En Venezuela existió un claro punto de inflexión en lo relativo a la manifestación del interés de protección al trabajador, el cual se ubica en el tiempo dentro del antes y el después de la promulgación de la Ley Orgánica de Prevención, Condiciones y Medio Ambiente de Trabajo, LOPCYMAT (2005) y, del Reglamento Parcial de la Ley Orgánica de Prevención, Condiciones y Medio Ambiente de Trabajo (2007).

Lo anterior ha sido motivo para *plantear* el abordaje de un estudio que permitiese caracterizar antropométrica y fisiológicamente (capacidad aeróbica) a la población de mano de obra directa industrial venezolana.

### **II.3.1. Selección de estudios afines y conexos a la presente tesis**

A partir de la revisión sobre los estudios previos afines y conexos a la problemática planteada en esta tesis (*problemas ocasionados por la escasa información en Venezuela sobre parámetros antropométricos y fisiológicos de la mano de obra directa industrial venezolana*), entre ellos fueron seleccionados los que a continuación se presentan por países ordenados alfabéticamente:

– **Canadá**

Los autores Jetté *et al.* (1976), en su artículo: *The Canadian Home Fitness Test as a predictor of aerobic capacity*, evaluaron la capacidad aeróbica relativa de 35 hombres y 24 mujeres canadienses.

En el estudio mencionado de Jetté *et al.* (1976:681), en términos generales para hombres y mujeres la capacidad aeróbica relativa decrece con la edad; sin embargo, puede comentarse que se aprecia que las mujeres canadienses en el estrato entre 30 a 39 años su capacidad aeróbica es mayor que lo que pudiera esperarse, apartándose de la tendencia general que pudiera esperarse.

– **Colombia**

Estrada *et al.* (1998): *Parámetros antropométricos de la población laboral colombiana 1995*. El estudio consistió en medir 69 variables antropométricas, en 2100 trabajadores, 785 de sexo femenino y 1315 de sexo masculino, en edades entre los 20 y los 60 años, con el propósito de caracterizar la población laboral de

acuerdo con su antropometría, para generar una base de datos antropométrica, a fin de elaborar por cada variable una tabla organizada por grupo etario y sexo, para tener una herramienta de trabajo que pueda utilizarse más tarde en diseño de espacios y ropas de trabajo, de equipos de protección personal, de máquinas y equipos, lo mismo que lugares especiales para enseñanza, deporte, descanso y la vida social de los trabajadores.

Los mencionados autores emplearon los estadísticos usados internacionalmente en el campo de la antropometría: percentiles 1, 2.5, 3, 5, 10, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 70, 75, 80, 90, 95, 97, 97.5 y 99.

– **España**

(a) Ramírez *et al.* (2012): *Efecto de un programa de entrenamiento aeróbico de 8 semanas durante las clases de educación física en adolescentes*. En este estudio longitudinal se observó la variación favorable sobre la CAR de los sujetos al ser sometidos a entrenamiento aeróbico.

(b) Al autor, Carmona (2003), en Madrid, España, le fue publicada por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene el trabajo de tesis doctoral en ingeniería industrial, titulada: *Aspectos Antropométricos de la Población Laboral Española Aplicados al Diseño Industrial*, que mereció de la Universidad de Sevilla la máxima calificación académica, en la cual el doctorando compiló un conjunto de *datos antropométricos* (48 dimensiones) a partir de una muestra de 593 mujeres y 1130 hombres, útil para aplicaciones antropométricas, datos con los que no se contaba en ese país hasta ese momento.

Según Carmona (2003:54-61) tradicionalmente para obtener medidas antropométricas se han utilizado instrumentos para medir longitudes, masa corporal y pliegues cutáneos. Otros equipos más especiales se utilizan para medir el globo ocular, los testículos y otros, que van más allá de las aplicaciones antropométricas de interés de esta tesis, que se limita a la ergonomía estática en posición de bipedestación y sedente.

Más recientemente, se ha tratado de aplicar diversas técnicas fotográficas o el registro en videos utilizando fuentes de luz visible, infrarroja o láser para recoger imágenes de los sujetos a medir, que posteriormente han de tratarse para obtener las medidas de las dimensiones antropométricas objeto de interés. También se ha tratado de aplicar técnicas de medidas basadas en la transmisión del sonido.

En lo que sigue se pretende reseñar algunas técnicas y equipos, así como el estado del arte de esos sistemas; es importante acotar que mientras no se demuestre lo contrario, la medida directa es la que proporciona los valores más precisos de las dimensiones consideradas, los cuales han sido empleados en este trabajo.

- Equipos de medida directa.
- Sistemas electromecánicos.
- Sistemas fotográficos y de registro en video.
- Técnicas de registro de imágenes antropométricas en tres dimensiones:
  - La fotografía *moiré* (1989).
  - La estereofotogrametría “*raster*” (1989).
  - Las imágenes obtenidas mediante láser (1994-1996).
- Medidas mediante ultrasonidos.

(c) Alcalde-Lapiedra *et al.* (1997:15-19), en su artículo: *Estudio antropométrico de la población laboral de Opel España*, estudia la población laboral de la empresa Opel España S. A.

El tamaño muestra fue de 2300 personas entre mujeres y hombres, documentando los resultados sobre 10 variables (dimensiones) antropométricas en posición de bipedestación y bajo la modalidad estática. Entre los resultados obtenidos está la comparación entre las dimensiones antropométricas de la población laboral de la empresa Opel España, S. A. con la Norma Alemana DIN 33402, parte 2, 1981.

– **Estados Unidos de América**

(a) De acuerdo a Hsiao *et al.* (2002), en su artículo: *Anthropometric differences among occupational groups*, indican: ...“la variabilidad antropométrica es sustancial entre las diferentes poblaciones de la fuerza de trabajo en los Estados Unidos de América”, y observan que son bastante diferentes de la población militar promedio. Los trabajadores industriales, los agricultores, los conductores de camión, y los bomberos, son aún más diferentes antropométricamente respecto la población civil promedio.

Las aseveraciones anteriores, permiten plantear la hipótesis de que en Venezuela también existe la variabilidad antropométrica entre las diferentes comunidades que conforman su población laboral, por lo cual es pertinente considerar tomar en cuenta el realizar estudios epidemiológicos transversales que caractericen otras comunidades venezolanas, que bien pueden ser temas de tesis doctorales.

(b) Marras & Kim (1993), en su trabajo: *Anthropometry of Industrial Population. Ergonomics*, refiriéndose a los Estados Unidos de América indican: ...“no hay suficientes datos antropométricos de los trabajadores industriales”.

Lo anterior, es muy similar a lo que ocurre en la segunda década del siglo XXI en Venezuela, la enmienda de esta situación justifica este trabajo de tesis.

(c) Chaffin (1966), en su trabajo titulado: *The Prediction of Physical Fatigue During Manual Labor*; estudió únicamente la población masculina y femenina de mano de obra directa industrial en los Estados Unidos de América, caracterizándola al determinar su capacidad aeróbica relativa y la capacidad aeróbica absoluta.

Los métodos de cálculos presentados por Chaffin (1966:30), para modelar la función predictora de la capacidad promedio de trabajo físico (CPTF), se basan únicamente en los varones norteamericanos.

#### – **Iran**

Daneshmandi, Abdolreza Rajee Farad & Alireza Choobineh (2013), en su artículo: *Estimation of Aerobic Capacity and Determination of its Associated Factors among Male Workers of Industrial Sector of Iran*; presentaron información sobre la capacidad aeróbica relativa, útil como referente internacional.

El resultado indicado por los autores para el trabajador iraní, de 13,45 kcal/min, comparado con el de los norteamericanos reportado por Chaffin (1966:25-32) de 16,0 kcal/min, presenta una diferencia, ésta variabilidad amerita su investigación y comparación con sus homólogos venezolanos e internacionales, especialmente para el caso de sobrepeso de los sujetos.

– **Venezuela**

Durante el desarrollo del presente trabajo, fue constatada la escasez a nivel nacional de investigaciones antropométricas realizadas, de allí la necesidad de emprender este tipo de estudios para incrementar la información sobre el particular y poder contar con data autóctona para la realización de estudios ergonómicos.

(a) Según el trabajo de Vermaez (2013): “*Estudio de trabajadores de una industria papelerera del estado Carabobo mediante la aplicación del modelo simple integral (MODSI), 2011-2012*”, en sus conclusiones indican que el análisis de riesgo con la aplicación del método, incluyó los aspectos biomecánicos de posturas y movimientos, los fisiológicos y psicosociales de la tarea, resaltando la naturaleza multifactorial de las lesiones musculoesqueléticas.

(b) Debe incluirse en este acápite, la tesis de grado de Araviche (2011): *Descripción antropométrica de la población laboral de mano de obra de una empresa de alimentos del estado Aragua*; en la cual caracterizó 12 variables antropométricas de la población laboral de mano de obra directa (23 mujeres y 29 hombres) en una industria agroalimentaria en la Región Central de Venezuela, en la ciudad de Cagua, estado Aragua.

(c) Manero *et al.* (2011) en su trabajo: “*Análisis del modelo simple integral (MODSI) en la búsqueda del nivel de riesgo de lesiones musculoesqueléticas*”, para un total de 37 actividades laborales aplicaron el MODSI para conocer si los componentes que lo conforman fueron sensibles para revelar los datos buscados. Los resultados demostraron una asociación importante entre la respuesta cardiovascular y



las posiciones corporales menos neutrales. El esfuerzo percibido estuvo muy relacionado con la frecuencia cardiaca en valores extremos. El procedimiento para explorar los factores psicosociales estuvo muy limitado y los mismos no tuvieron incidencia en la puntuación final. Se concluye que después de tres años de uso, el modelo debe ser modificado en su forma de aplicación.

Finalmente Manero *et al.* (2011) recomendaron asociar lo fisiológico con lo perceptual, incorporar otros factores psicosociales y dar la alternativa de una aplicación puntual.

(d) Los autores Rodríguez y Manero (2008), en su artículo: *Evaluación integral del nivel de riesgo músculo esquelético en diferentes actividades laborales*, exponen la siguiente apreciación: cuando en la evaluación se emplea una aproximación integral de las lesiones músculo esqueléticas (LME), tal como en el Análisis del modelo simple e integral (MODSI) que considera elementos fisiológicos y psicológicos, el nivel de riesgo sube una clasificación en 32% de los casos.

(e) Rojas-González *et al.* (2000) son los autores del artículo: *Antropometría en los trabajadores y aspectos ergonómicos de los puestos de trabajo de la Imprenta del Gobierno del Estado Zulia*".

En ese estudio, se realizó la caracterización antropométrica, empleando una muestra de 38 personas (22 sexo masculino y 16 sexo femenino). Documentaron los resultados sobre 23 variables antropométricas en posición de bipedestación y sedente bajo la modalidad estática. Entre los resultados obtenidos está la comparación entre las dimensiones antropométricas de la población femenina y masculina.

(f) Méndez *et al.* (1995), recolectaron datos antropométricos sobre la población venezolana en general; pero no para la población objetivo, la PMODIV, objeto de estudio del presente trabajo, por lo que es de poca utilidad para ser empleados en la solución de problemas ergonómicos en el ambiente laboral venezolano.

(g) El trabajo de Gardner *et al.* (1968): “*Physical Working Capacity of the Warao Indians of Venezuela*”, es uno de los pioneros al presentar información antropométrica y fisiológica en referencia a los venezolanos, pero específicamente sobre los indios Waraos.

Los autores hallaron a la fecha del estudio, que los varones Waraos eran de pequeña estatura y con poco peso corporal, sin embargo a una edad entre 21,2 años y 26,7 años alcanzaron respectivamente valores de capacidad aeróbica relativa,  $VO_2máx.$ , en el rango de 51,42 y 56,93 ml  $O_2$ /kg-min.

Es importante acotar que la capacidad aeróbica de los Waraos, supera el puntaje de aprobación (*passing score*) o umbral de competencia de 45 ml  $O_2$ /kg-min; como lo exige la *U.S. Federal Land Comission* a los bomberos forestales en los Estados Unidos de América (Sharkey & Davis, 2008:80).

Igualmente, es oportuno hacer notar que la población Warao constituye una minoría étnica en Venezuela, lo cual amerita realizar estudios comparativos como material para futuros trabajos doctorales.

### II.3.2. Consideraciones o enunciados sobre la capacidad aeróbica relativa para hombres y mujeres norteamericanos

El autor Chaffin *Op. cit.* (1966), estudió la población de mano de obra directa industrial en los Estados Unidos de América, data de la cual se presenta en la Tabla II.2, población de mano de obra directa industrial en los EEUU de América.

La mencionada Tabla II.2, presenta información sobre el trabajador y trabajadora (sanos) de edad (E) = 35 años para hombres y mujeres, masa corporal (MC) = kg, índice de masa corporal (IMC) = kg/m<sup>2</sup>, capacidad aeróbica relativa (CAR) = ml O<sub>2</sub>/kg-min, capacidad aeróbica absoluta (CAA) = kg/min, capacidad promedio de trabajo físico (CPTF) = kg/min y capacidad promedio de trabajo físico que puede exigírsele al trabajador en 480 minutos (8 horas) sin que haya exceso de acumulación de metabolitos en su organismo.

La CAR puede medirse por medios directos o indirectos Manero *et al.* (1986:170) y la CAA se deduce matemáticamente de la primera.

Chaffin *Op. cit.* (1966): empleó para los *hombres* como punto de partida su CAR y dedujo la siguiente fórmula para la capacidad promedio de trabajo físico (CPTF):

$$\text{CPTF} = (1/0,187)(3,64 - \log t).$$

Se presenta a continuación la data para fines de comparación, considerada fundamental para el presente trabajo.

**Tabla II.2**

Caracterización de la mano de obra directa industrial en los EEUU de América

	<b>Hombre</b>	<b>Mujer</b>
Edad (años)	35,00	35,00
<b>Peso (kg)</b>	<b>77,10</b>	<b>65,50</b>
<b>Estatura (m)</b>	<b>1,73</b>	<b>1,60</b>
<b>Índice de masa corporal (kg/m<sup>2</sup>)</b>	<b>25,70</b>	<b>25,50</b>
Capacidad aeróbica relativa (CAR: ml O <sub>2</sub> / kg-min)	41,50	38,00
Capacidad aeróbica absoluta (CAA: kcal/min)	16,00	12,00
Capacidad promedio de trabajo físico (CPTF: kcal/min) para 480 min	5,13	3,85

Fuente: Chaffin (1966); Sharkey &amp; Davis (2008:14)

## CAPÍTULO III

### MARCO METODOLÓGICO

#### III.1. Generalidades

En esta tesis se consideran variables antropométricas y fisiológicas; siendo su *paradigma* el cuantitativo; el *diseño* es no experimental; el *tipo* es de campo; su *nivel* es: descriptivo-correlacional-transversal-epidemiológico (se considera únicamente a la PMODIV); lo anterior corresponde a lo descrito por Palella y Martins (2010:85, 86,87) y el Manual de trabajos de grado, de especialización, maestría y doctorales (2011:21), publicado por FEDUPEL. El levantamiento de la data primaria se realizó entre los años 2015-2016.

#### III.2. Consideraciones sobre la prueba piloto

La prueba piloto (PP) es parte del Marco Metodológico de los Proyectos de Investigación, Balestrini Acuña (2006:166).

Mientras no se demuestre lo contrario, la *medida directa* es la que garantiza valores más precisos de las dimensiones consideradas. El instrumento ni la técnica empleada requieren una validación especial de resultados, es aconsejable asegurar la bondad del procedimiento de medida, incluida la instrumentación, mediante una prueba piloto. (Carmona, 2003:55).

La data antropométrica para que sea válida debe obtenerse con metodología definida por expertos en ese campo, que garantice: la repetibilidad (*r*), reproducibilidad (*R*), linealidad<sup>2</sup>, confiabilidad (**R**) del inglés *Reliability*, y se mantenga en los rangos que minimicen los errores de medición. (Measurement System Analysis, MSA, 2010).

### **III.2.1. Objetivo general prueba piloto (PP)**

Validar los resultados de las mediciones obtenidos con el método e instrumentos físicos de recolección de data antropométrica, al determinar la confiabilidad (*R*), repetibilidad (*r*), reproducibilidad (*R*) de las tres dimensiones seleccionadas: *anchura de hombros (biacromial)*, *estatura y longitud de la cara (nación-mentón)*, útiles en el diseño ergonómico de puestos de trabajo. (Carmona, 2003:128,130, 194).

### **III.2.2. Objetivos específicos prueba piloto (PP)**

Emplear: una muestra pequeña, con características idénticas y en una situación similar a la de la población de donde provendrá la muestra definitiva, y el juicio de expertos para validar instrumentos documentales. (Balestrini, 2006:167).

---

<sup>2</sup> En este estudio por ser pequeños los objetos, no se tomó en cuenta la linealidad, la cual indica cómo varía el nivel de exactitud obtenido en la medición en función del tamaño del objeto medido. La cual da una idea de cómo el tamaño del elemento a medir afecta a la exactitud del sistema de medida. Palacios (2012).

El juicio de expertos es a veces el único indicador de validez de contenido del instrumento de recogida de datos, es útil al valorar aspectos de orden cualitativo. (Escobar-Pérez y Cuervo-Martínez, 2008).

### **III.3. Criterios empleados en esta investigación con la red neuronal artificial, aspectos antropométricos de una población laboral venezolana**

Ahora bien, en una investigación sobre aspectos antropométricos de una población laboral, que implique varias dimensiones y se requiera obtener valores representativos de la población, es taxativo que el muestreo y el tamaño muestral se deriven del contexto y la metodología propia del campo de la antropometría, como es la aplicación de la estadística y norma empleada, lo cual se explicará más adelante.

Al abordar la caracterización de la PMODIV, el primer paso es seleccionar la región geográfica venezolana con la población que la represente antropométricamente, de la cual se derivará la muestra respectiva; en esta investigación se seleccionó la Región Central Venezolana, que está integrada por el Distrito Capital y los estados Aragua, Carabobo, Miranda y Vargas, según el Plan Nacional de Desarrollo Regional (2005), Ver mapa en Anexo D: Venezuela en el mapamundi, en las Américas y la Región Central de Venezuela. Las Cotas de las ciudades se presentan en el Anexo B.

Según Rodríguez-Larralde *et al.* (2001:1,8,11) la población en la Región Central respecto a la del resto de Venezuela es sin embargo genéticamente más homogénea, de acuerdo a la frecuencia génica y porcentaje de mezcla.

De acuerdo a Carmona (2003:104-105), en relación al tema del definición y selección de la muestra de la población, indica que hay que considerar si la población es homogénea o no y formada por personas de los dos sexos; por lo tanto hay que tomar en cuenta que la diversidad étnica venezolana señalada anteriormente por Rodríguez-Larralde *et al.* (2001), es una característica clave en el muestreo para obtener una homogeneidad adecuada respecto a la población objetivo.

La parte cuantitativa implica que para el muestreo probabilístico o aleatorio simple (Maneiro y Mejías, 2010:24) se emplee la Norma técnica colombiana NTC 5654 (2008) la cual es específica para *aplicaciones antropométricas*, lo que justifica su empleo en esta tesis en el cálculo del tamaño muestral, y para el análisis estadístico de los datos primarios antropométricos y fisiológicos de la muestra, considera sus mínimos, máximos, promedios, medianas, desviaciones estándar y los percentiles: 5, 50 y 95.

Para el estudio antropométrico, Carmona (2003:128-223), indica el empleo de la Norma ISO 7250:1996 Medidas básicas del cuerpo humano para el diseño tecnológico.



Las justificaciones para elegir las variables empleadas en las medidas antropométricas en este trabajo son: a) por una parte, que se adapten a los objetivos propuestos, y b) por otra, en presentar variables que permitan comparar la data generada de una manera estandarizada con los de otras poblaciones a nivel mundial, según las variables que indica Carmona (2003:101).

En la práctica para la RNA que emplea el algoritmo supervisado de propagación inversa *Feed-Forward Backpropagation Neural Network (FFBPNN)*, con arquitectura (4-m'-19) = (4-10-19) para los varones y (4-m'-19) = (4-10-19) para las mujeres, al tamaño muestral de 600 sujetos (300 hombres y 300 mujeres), se vincula a la metodología de un *software* complemento (*Toolbox*) del Matlab 2016 “versión de prueba”; si a cada sujeto se le miden 23 variables (21 variables antropométricas; una variable fisiológica (la capacidad aeróbica); y la edad), en la RNA modelada el número total de variables bajo consideración es  $600 \times 23 = 13800$ .

Al inicio y durante el desarrollo de esta tesis, la información práctica requerida para establecer el proceso de predicción empleando redes neuronales artificiales (RNA) no se pudo encontrar consolidada en un solo documento de la literatura pertinente, esa información la cual es relativamente extensa, por lo tanto se compiló la información pertinente lo que originó el desarrollo de una técnica de modelaje e instructivo para el análisis de datos antropométricos mediante redes neuronales artificiales (RNA), que se presenta en el siguiente capítulo.

### **III.4. Población objeto de estudio y muestreo**

#### **III.4.1. Población objeto de estudio**

Este estudio es cuantitativo, de campo y de tipo epidemiológico (Palella *et al.* 2010:85) que se circunscribe a la población de la mano de obra directa industrial venezolana (PMODIV) y según Arias (2012:81,82) constituye la población objetivo; además indica que la población accesible o muestreada está conformada por la porción finita de la población objetivo a la cual se ha tenido acceso y se extrajo una muestra representativa que constituye la población accesible.

#### **III.4.2. Tipo de muestreo**

El tipo de muestreo es probabilístico o aleatorio simple y estratificado por edad y sexo, (Maneiro y Mejías, 2010:24).

El muestreo fue del tipo probabilístico aleatorio simple (Maneiro y Mejías 2010:24) y estratificado por edad y sexo, pues se conocía la probabilidad que tenían los sujetos de la población de las empresas ubicadas en las ciudades antes indicadas en sus servicios médicos ocupacionales; de igual manera se conoce la probabilidad de los que están presentes en el servicio médico ocupacional privado en la ciudad de Maracay, para tomar sus exámenes de salud ordenados en el Reglamento Parcial de la LOPCYMAT (2007), Artículo 27.

### III.4.3. Tamaño de la muestra de la población accesible y criterios para su definición

El muestreo se estratificó por sexo y edad, se calculó el tamaño  $n$  de la muestra, empleando el estadístico (Ecuación 1) indicado más adelante y proveniente de la *metodología antropométrica* de la Norma técnica colombiana 5654 (2008), ecuación (1) mostrada más adelante; y los sujetos fueron elegidos al azar.

La Norma técnica colombiana NTC 5654 (2008) fue elaborada tomando en cuenta las normas ISO, en cuanto a su orientación, coordinación, simplificación y unificación de su uso, para conseguir menores costos y efectividad (Sans, 1998).

Igualmente, para determinar el tamaño de la muestra se empleó el estadístico indicado en la ecuación (1) como *metodología antropométrica* de la Norma técnica colombiana NTC 5654 (2008).

De acuerdo con dicha norma, para una muestra mínima con un percentil 95 y una precisión relativa del 1%, se emplea el siguiente estadístico:

$$N = \left( \frac{1,96 \times CV}{a} \right)^2 \times 1,534^2$$

o lo que es lo mismo,

$$n \geq \left( 3,006 \times \frac{CV}{a} \right)^2 \quad (1)$$

Los componentes del tamaño muestral son:

- **1,96**, que es el valor crítico (**Z**) para el intervalo de confianza del 95% en distribuciones normales.
- **$\alpha$**  es el coeficiente de error admisible, el cual es fijado por el investigador, en este caso 1%, que influye sobre el tamaño de la población accesible, que depende del tiempo y de los recursos del investigador según Ary *et al.* (1979). Por lo tanto, el tamaño muestral es una función decreciente respecto al error permitido.
- **CV** es el coeficiente de variación, siendo  $CV = \frac{SD}{\bar{x}} \times 100$  donde  $\bar{x}$  es la media y **SD** la desviación estándar de la población para la dimensión corporal que se quiere analizar.

El tamaño de la muestra se obtuvo a sabiendas de que al inicio de esta investigación para la población objetivo se desconocían los verdaderos valores oficiales de los siguientes parámetros: la media, 50 percentil, la desviación estándar (SD), y el coeficiente de variación (CV).

*Para las medidas antropométricas* el tamaño de la muestra,  $n = 185$ , de este estudio está en función de los coeficientes de variación (CV) y la talla (T), determinada por Araviche (2011), referirse a la **Tabla III.1** que se indica más adelante, conjuntamente con el empleo de la Norma técnica colombiana NTC 5654 (2008) específica para aplicaciones antropométricas.

Por lo tanto, se tomaron en cuenta los valores de los estadísticos obtenidos por Araviche (2011) en la **Tabla III.1**, eligiendo como *dimensión característica* la talla, la cual es utilizada según Carmona (2003:104), debido a que tiene un CV bajo, que conduce a tamaños de muestra más pequeños y, por consiguiente permite una disminución de los costos de la investigación; el autor hace notar que se produce un valor más alto en el error al emplear la talla; lo anterior se debe a lo exiguo de los fondos disponibles del investigador.

**Tabla III.1**

Estimados antropométricos de la población de mano de obra directa de la empresa Van Heel Industrial, C.A., ubicada en Cagua, estado Aragua

Dimensión corporal	Hombres (n = 29)			Mujeres (n = 23)		
	50 percentil (mm)	DE	CV	50 percentil (mm)	DE	CV
Max. Alcance Vertical	2.048	79,76	3,89	1.919	60,02	3,13
Talla	1.676	62,20	3,71	1.577	40,87	2,59
Altura de Ojos	1.563	59,06	3,78	1.485	33,60	2,26
Altura de Hombros	1.391	51,53	3,70	1.307	36,90	2,82
Altura de Codos	1.071	40,04	3,74	1.020	32,27	3,16
Altura de Punta de Dedos	629	30,36	4,83	619	28,29	4,57
Altura de Rodillas	518	24,92	4,81	464	13,53	2,92
Altura Espina Iliaca Antero Posterior	938	40,14	4,28	874	29,74	3,40
Envergadura	1.735	74,75	4,31	1.555	49,74	3,20
Máximo Alcance Horizontal	735	34,05	4,63	671	28,80	4,29
Peso Corporal	76	16,36	21,53	72	17,21	23,90
Índice de Masa Corporal	27	5,00	19,23	29	6,63	22,86

Fuente: Araviche (2011)

Los resultados de los cálculos del tamaño muestral se indican más adelante en la Tabla IV.2, se lograron empleando los valores pertinentes de los estadísticos: la media (50 percentil), la desviación estándar (SD) y el coeficiente de variación (CV), como estimados de los parámetros de la población objetivo, reportados por Araviche (2011) en la **Tabla III.1**, quien empleó  $\alpha = 0,05$ .

#### **III.4.4. Criterios para la selección de las industrias muestreadas**

Se aplicó el criterio de las 23 categorías de la Clasificación industrial internacional uniforme de todas las actividades económicas (CIU), establecida por las Naciones Unidas (2009:46-51), para seleccionar las industrias muestreadas. Anexo A. Se realizaron cuatro diferentes casos de muestreo, indicados a continuación:

##### ***Caso a) Sondeo previo muestral transversal poblacional***

Al momento de la realización de este estudio en Venezuela no se pudo encontrar una publicación con información privada ni oficial acerca de la distribución etaria y por sexo de la mano de obra directa industrial venezolana, razón por la cual se realizó un sondeo previo transversal poblacional para el año 2015, mediante un cuestionario, entre  $n = 12$  empresas de la Región Central, que abarcan 10 de las 23 categorías (o divisiones), según la Clasificación industrial internacional uniforme de todas las actividades económicas (CIU), establecida por las Naciones Unidas (2009:46-51). Anexo A; ese muestreo califica como no probabilístico, su clasificación corresponde a la de muestreo intencional u opinático (Arias, 2012:85).

Para hallar el tamaño muestral  $n = 12$  empresas se empleó el Survey Sample Calculator –FluidSurveys (s.f.) con tamaño de la población objetivo = 23, nivel de confianza = 90% y margen de error =20%; se entrevistó un total de  $n = 387$  trabajadores entre hombres y mujeres, con tamaño de población objetivo infinito = 100.001 Chourio (1987:84), nivel de confianza = 90% y margen de error = 4,16%, para ello se empleó el calculador antes señalado.

### ***Caso b) Muestreo para determinar la capacidad aeróbica relativa (CAR)***

Las mediciones se llevaron a cabo en un servicio médico laboral, ubicado en la ciudad de Maracay, estado Aragua; y en el servicio médico laboral de una empresa de alimentos, ubicada en la ciudad de Turmero, estado Aragua. Los sujetos fueron seleccionados al azar, y en éste caso estuvo constituida por el tamaño muestral  $n_1 = 40$  hombres y  $n_2 = 33$  mujeres; con magnitudes adecuadas para el investigador, lo cual se ajusta al criterio de Jetté *et al.* (1976:681) para pequeñas muestras empleando variables fisiológicas y Ary *et al.* (1979:130) referido al manejo de los recursos.

### ***Caso c) Muestreo para la prueba piloto***

En la empresa fabricante de bolsas de polietileno, ubicada en Maracay estado Aragua, donde se realizó la pasantía industrial de seis meses requerida por el programa doctoral, y allí fueron seleccionados al azar 10 trabajadores, 5 hombres y 5 mujeres, de 20 a 59 años de edad de la población de mano de obra directa industrial venezolana, de la Región Central, puesto que allí la población es genéticamente la más homogénea, de acuerdo a la frecuencia génica y porcentaje de mezcla, según Rodríguez-Larralde *et al.* (2001:1,11); se realizaron medidas antropométricas de: anchura biacromial, talla y longitud de la cara.

Para la prueba piloto el número de sujetos  $n = 10$  fue seleccionado según el criterio de suficiencia de Smith (2014) *para calibrar instrumentos calibradores*.

***Caso d) Muestreo para determinar las características antropométricas y fisiológicas de la población de mano de obra directa industrial venezolana en base a la población accesible***

La muestra en la esta investigación para determinar en la población objetivo las *características antropométricas*, específicamente de la PMODIV, provino de la Región Central de Venezuela, por considerarse que su población presenta la mayor homogeneidad genética, según Rodríguez-Larralde *et al.* (2001:11).

Para seleccionar las industrias a ser muestreadas se aplicó nuevamente el criterio de las 23 categorías (o divisiones) de la Clasificación industrial internacional uniforme de todas las actividades económicas (CIIU), establecida por las Naciones Unidas (2009:46-51). Anexo A; de las cuales fueron seleccionadas: pinturas, plásticos, servicios médicos laborales, cartón y papel, prendas de vestir, automotriz, alimentos, metalmecánica y tipografía, Anexo B.

Como se detalla más adelante, se midieron *21 variables antropométricas y la capacidad aeróbica relativa* (la cual es una competencia fisiológica personal de umbral), a una población elegible o accesible, de  $n = 185$  (124 hombres y 61 mujeres sanos) trabajadores de la PMODIV, según los resultados empleando la Norma técnica colombiana NTC 5654 (2008) e indicados en la Tabla IV.2, cuyas magnitudes son adecuadas y aceptables para el investigador, lo cual se ajusta al criterio de Ary *et al.* (1979:130) referido al manejo de los recursos, donde el mencionado autor indica que es el investigador quien decide las directrices.



El muestreo para hombres y mujeres entre 20 y 59 años de edad, elegidos al azar, *en una proporción tal que garantice su representatividad y homogeneidad respecto a la población objetivo, fue realizado atendiendo el criterio indicado por Carmona (2003:105).*

#### **III.4.5. Cálculo del tamaño muestral para determinar las características antropométricas**

El muestreo se estratificó por sexo y edad, se calculó el tamaño *n* de la muestra accesible, empleando el estadístico indicado en la metodología antropométrica de la Norma técnica colombiana NTC 5654 (2008) y los participantes fueron elegidos al azar, los resultados se indicarán en la Tabla IV.2.

Según Estrada *et al.* (1998:), al tratar población infantil o juvenil los grupos etarios son de intervalo de clase pequeño, de un año o menos; en adultos, los grupos tienen un rango de cinco y diez años. En este trabajo el intervalo de clase es de nueve años, siguiendo el criterio de Jetté *et al.* (1976) y Estrada *et al.* (1998:28) en estudios antropométricos y fisiológicos para adultos.

Dado que al inicio de esta tesis no se contaba con datos estadísticos, ni suficientes evidencias empíricas oficiales sobre las características antropométricas de *la mano de obra directa industrial en Venezuela*, es necesario apoyarse en estudios de caso previos no oficiales y observar cuáles son las características o variables más representativas;

considerando sus coeficientes de variación, establecer el nivel de confianza y la precisión relativa que se desea alcanzar al aplicar el estadístico pertinente. Tomando en cuenta los planteamientos anteriores, el punto de partida fue la tesis de Araviche (2011).

#### **III.4.6. Modelación del muestreo**

Siguiendo aquí el criterio de la Norma técnica colombiana NTC 5654 (2008), *Requisitos generales para el establecimiento de una base de datos antropométricos*, se admite sobre el valor medio de la dimensión característica *un error en su determinación* del orden de 16,79 mm, que en el caso de los hombres equivale a  $(16,79/1676) (100) = 1\%$ , por lo que para aplicar la fórmula, el porcentaje de precisión relativa deseado es  $a = 1$ .

#### **III.4.7. Tamaño muestral**

El tamaño mínimo de la muestra accesible se obtuvo a través de la ecuación (1); la cual fue de 185 individuos, 124 son hombres (67%) y 61 mujeres (33%) y de las muestras individuales, 32,5% para el grupo de 20-29 años, 35,0% para el de 30-39 años, 23,1 para el de 40-59 años y 9,4% para el grupos de 50-59 años, de acuerdo a la distribución según la Tabla IV.3.

En una investigación sobre aspectos antropométricos o fisiológicos de una población laboral, que implique obtener valores representativos, es taxativo que el

muestreo y tamaño muestral, procedan del contexto y metodología del campo abordado.

Desde esta concepción, se tomaron en cuenta las siguientes consideraciones:

- Mano de obra directa: los trabajadores que ensamblan partes para obtener un producto terminado o quienes operan las máquinas en un proceso de producción o quienes trabajan en el producto con herramientas. Business Encyclopedia (2014).

- Las muestras se tomaron en las ciudades: Las Tejerías, Maracay, San Joaquín, Turmero y Valencia, en la Región Central venezolana, lugar con la población con la mayor homogeneidad genética, según Rodríguez-Larralde *et al.* (2001:11).

- Los sujetos sanos una vez que han leído el documento de conocimiento informado, voluntariamente permitieron ser evaluados para determinar sus respuestas fisiológicas a cargas de trabajo físico. Se consideraron o incluyeron sujetos laboralmente activos y con un año mínimo en su oficio, de diversos niveles de condición física; enmarcados dentro de los lineamientos de la Organización Mundial de la salud, OMS (1946): para ésta fecha la OMS definió la salud como: “El estado de completo bienestar físico, mental y social y no solamente la ausencia de enfermedad”.

- Se excluyeron las personas con amputaciones, calificación o certificación de discapacidad (Ley para las Personas con Discapacidad, 2007).

### III.5. Técnicas de recolección de datos sobre la capacidad aeróbica relativa (CAR)

Las mediciones para determinar la capacidad aeróbica relativa (CAR), los sujetos fueron seleccionados al azar constituyendo una submuestra tal como fue indicado anteriormente bajo el acápite del Caso b) Muestreo para determinar la capacidad aeróbica relativa (CAR).

Por medio de la prueba del escalón se estima la capacidad aeróbica relativa (CAR) o potencia aeróbica no ajustada a la edad, en función a sexo, peso y frecuencia cardíaca en reposo o cuenta de 15s del pulso después del ejercicio ( $FCR_{15}$ ), usando las tablas que se refieren a la prueba del escalón del *USDA Forest Service Step Test* de estimación del  $VO_2$  máx., no ajustado expresado en **ml/kg-min** (Sharkey y Davis, 2008:14), para hombres y mujeres; para ajustar por edad, hay que usar *los factores de corrección según la edad (FCE)*, según el texto de George, Garth Fisher y Vehrs (2007), los cuales se indican en el presente trabajo en el Anexo E.

$$\text{Potencia aeróbica ajustada} = (\text{ml /kg min})(\text{FCE}) = \text{ml/kg min} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \text{Capacidad aeróbica ajustada} = \\ (\text{ml/ kg min})(\text{FCE})(\text{kg})(11/1000\text{ml})(5\text{kcal}/11) = \text{kcal/ min} \end{aligned} \quad (3)$$

El factor de conversión empleado (FCE) es: 5 kcal de energía/litro  $O_2$  consumido. George *et al.* (2007:101), es una conversión de tipo químico.

### **III.5.1. Instrumentos documentales**

Previo al estudio se contactó a la gerencia de las empresas solicitando permitiesen recabar información antropométrica; los instrumentos documentales están constituidos por una ficha antropométrica y una carta de consentimiento informado, los cuales se basan en:

(a) Cédula antropométrica para estudios ergonómicos (CAPEE, según Rojas *et al.*, 2000), Anexo F.

(b) Carta de consentimiento informado del paciente o colaborador (Anexo C), de la Secretaría de Salud, Hospital General “Dr. Manuel Gea González” (2014), conjuntamente con la Declaración de Helsinki de la Asociación Médica Mundial - *Principios éticos para las investigaciones médicas en seres humanos* (2013).

### **III.5.2. Instrumentos de medida**

El pie de rey pequeño, antropómetro o pie de rey grande (según Carmona, 2003:174), balanza, banco para prueba del escalón (según *USDA Forest Service Step Test*), banquito y silla con respaldo, bloque de medida, cilindro recto, cinta métrica flexible, cronómetro, estetoscopio, metrónomo, lápiz dermatográfico, tallímetro, mostrados en Anexo G.

Para validar los instrumentos documentales se recurrió a juicio de expertos y se aseguró la confiabilidad del procedimiento de medida, mediante una prueba piloto.

### **III.5.3. Sistema y técnica de recolección de datos**

Una vez definido el diseño, el tipo de investigación y seleccionada la muestra, la siguiente etapa fue elaborar el sistema para recolectar los valores de las variables involucradas en la investigación, esto implica seleccionar las técnicas que se emplean para la recolección de datos y los instrumentos a utilizarse para recabar la información.

Se empleó como técnica de recolección de datos la observación directa (de campo) para las 21 variables antropométricas (referirse a la Norma ISO 7250:1996 indicada por Carmona (2003:128-223); y para la capacidad aeróbica relativa se emplea la prueba del escalón (*USDA Forest Service Step Test*, referirse al Anexo E), realizándolas en el ambiente de trabajo en el que se desenvuelvan los trabajadores de la empresa o en servicios médicos laborales.

### **III.6. Arquitectura de la red neuronal artificial**

En el estudio realizado en esta tesis, el número de capas ocultas es  $m'$  y el número de variables por sujeto es 23, por lo que para lograr un error cuadrado

medio (ECM) aceptable (del orden de centésimas) que permita corroborar una buena modelización, la etapa de prueba pudiese requerir un número diferente de las 15 iteraciones (epoch), tal como fue el caso en el artículo: “*Redes neuronales artificiales para predecir variables antropométricas de trabajadores que laboran en postura sedente.*” de Burgos y Escalona (2015b:120) con la RNA elegida, empleando en esta tesis el algoritmo supervisado de propagación inversa (*backpropagation*), la arquitectura resultante fue (2-10-7).

### III.6.1. Componentes y conceptos fundamentales de una RNA

- VTAPCS = variables totales antropométricas 21 y 1 variable fisiológica para cada sujeto.
- VTMP = variables muestrales en la práctica:

$$\text{Hombres} = 124 \times 22 = 2728.$$

$$\text{Mujeres} = 61 \times 22 = 1342.$$

$$\text{Total para las dos redes neuronales} = 4070$$

- [M] = capa de entrada; x = número de variables de entrada o predictoras:

$$[M], x = 4 \text{ (Patil, 2013).}$$

- [N] = capa de salida; z = número de variables de salida: [N], z = 19 (Patil, 2013).

- [m] = capa oculta; m' = número de capas ocultas: [m], m'.

El número de capas ocultas;  $m'$  = se halla por ensayo y error o de acuerdo a la experiencia del diseñador, Moreno *et al.* (2011:235-237); García *et al.* (2011:392, 393, 394).

- [ns] = número de sujetos en la práctica tomando en cuenta las 22 variables antropométricas + 1 variable fisiológica, para la elección de las cuales se siguió el criterio de variables de interés de: Escalona (2015), de Carmona (2003:67,128-223) y respecto a la capacidad aeróbica relativa para elegirla se empleó el criterio de George *et al.* (2007:104-109), para la RNA con arquitectura: 4- $m'$ -19,  $n = 124$  hombres, se emplearon para entrenamiento 87 (el 70%), para la validación 19 (15%) y para la prueba 18 (15%), siguiendo el criterio de Moreno *et al.* (2011:235 a 237); para la RNA con arquitectura: 4- $m'$ -19,  $n = 61$  mujeres, para *entrenamiento* 43 (el 70%), para la *validación* 10 (15%) y para la *prueba* 8 (15%), siguiendo el criterio de Moreno *et al.* (2011:235 a 237).
- La arquitectura de la RNA para los hombres y las mujeres de la PMODIV: el número de variables a muestrear para cada grupo de 124 hombres y de 61 mujeres es:  $23 (124 + 61) = 4255$ .



### **III.6.2. Consideraciones para predecir variables antropométricas empleando redes neuronales artificiales**

En este trabajo la RNA predice data de las dimensiones antropométricas de trabajadores, para aplicarlas al diseño ergonómico. Especialmente cuando la relación subyacente de la data es desconocida, puesto que las RNA identifican y aprenden patrones correlacionados entre la data de entrada y los valores correspondientes de salida.

En este análisis se plantea la solución al problema de predicción de dimensiones, para diseñar equipo y mobiliario ergonómico a trabajadores, empleando el modelo de la red neuronal multicapa unidireccional (*multilayer feedforward neural network*), mediante la herramienta neural network Matlab 2016 “versión de prueba”.

La red neuronal artificial modelada en este estudio emplea la data compilada correspondiente a las 23 variables en cada uno de los originales 185 sujetos (124 hombres y 61 mujeres), adicionalmente se sumaron 415 sujetos (176 hombres y 239 mujeres) de mano de obra directa industrial venezolana, para los efectos de:

(a) La validación de la programación de la red, empleó la data proveniente del conjunto de los 600 sujetos estudiados.

El entrenamiento empleó el 70%, para la validación empleó 15% y para la prueba empleó 15%; para mayores detalles referirse a la técnica de modelaje e instructivo para el análisis de datos antropométricos mediante redes neuronales artificiales (RNA), presentada más adelante.

**(b)** La validación definitiva de la capacidad de predicción de la red, se realizó empleando los resultados de las mediciones de un varón venezolano, las cuales no pertenecían al conjunto con el cual se entrenó, validó y probó la red para la programación; los resultados pueden verse en la Tabla IV.10.

La red modelada para cada sexo, siguiendo los criterios antropométricos/fisiológicos/médicos indicados por Al-Gindan, *et al.*, 2014:1043 y Welborn y Dhaliwal (2007), siendo además fácilmente medibles, emplea como *variables de entrada (input)*: la masa corporal (MC), la talla (T), el perímetro abdominal (PA) y la edad (E), lo que permite a cada red predecir como *variables de salida (output)* las restantes 19.

Se plantea utilizar las RNA en la predicción de variables antropométricas de la PMODIV a objeto de disponer de data para optimizar y estandarizar el diseño riguroso de los puestos de trabajo de una empresa.

Una vez conocidas las características esenciales del diseño ergonómico de un mobiliario de trabajo, equipo de protección personal y otros, además es necesario evaluar de forma teórica, cómo sería el comportamiento del diseño en cuestión. Esto se podría hacer mediante el método clásico de ensayo y error hasta que se determinen las dimensiones adecuadas, que garanticen un buen desempeño del trabajador. Burgos y Escalona (2015b:109).

### **III.7. Dimensiones antropométricas y variable fisiológica estudiadas**

Los resultados de la data primaria son las mediciones de las veintidós (22) variables antropométricas y la variable fisiológica: *la capacidad aeróbica relativa*, que se guardarán:

- (a) en un modelo de RNA que permitirá para cada sexo predecir, con sólo cuatro parámetros conocidos y fácilmente medibles: la talla, la masa corporal, la edad y el perímetro abdominal sin tener que determinar físicamente las otras medidas antropométricas de un sujeto en particular;
- (b) en un modelo de funciones de regresión predictora la capacidad aeróbica absoluta, bastando con sólo incluir los parámetros antropométricos conocidos, que son los mismos que anteriormente se emplearon en la RNA.

La Tabla III.2, muestra las dimensiones bajo estudio y su descripción, señalando el instrumento utilizado en la medición y el método indica la norma empleada.

**Tabla III.2**

Dimensión, descripción, método, instrumento y referencia ISO

---

**EN BIPEDESTACIÓN**

---

**1. (Código 1 en la Figura III.1; Ref. ISO 7250:19964.1.2) Estatura de pie** (altura del cuerpo): distancia vertical desde el suelo hasta el punto más alto de la cabeza (vértex). El sujeto (descalzo) se sitúa de pie, totalmente erguido y con los pies juntos. La cabeza orientada según el plano de Frankfurt. Antropómetro/Tallímetro.

**2. (Código 4 en la Figura III.1; Ref. ISO 7250:1996 4.1.5) Altura codo:** distancia vertical desde el suelo hasta el punto óseo más bajo del codo flexionado. El sujeto se sitúa de pie, totalmente erguido y con los pies juntos El brazo cuelga libremente hacia abajo, con el antebrazo formando un ángulo recto. Antropómetro.

**3. (Código 39 en la Figura III.4; Ref. ISO 7250:1996 4.4.10\* Perímetro de cintura:** perímetro del tronco medido a una altura equidistante entre las costillas inferiores y la cresta ilíaca más alta. El sujeto se sitúa de pie, completamente erguido con los pies juntos y con los músculos abdominales relajados. Cinta métrica.  
**Observaciones: (\*)** la Norma ISO 7250:1996 indica “el sujeto sentado”)

---

**EN POSICIÓN SEDENTE**

---

**4. (Código 8 en la Figura III.1; Ref. ISO 7250:1996 4.2.1) Altura, sentado (espalda recta):** distancia vertical desde una superficie de asiento horizontal hasta el punto más alto de la cabeza (vértex). El sujeto se sitúa sentado, totalmente erguido, con los muslos perfectamente apoyados, las piernas colgando libremente y los pies apoyados en el suelo. Muslos y piernas formando ángulo recto. La cabeza orientada según el plano de Frankfurt. Antropómetro.

**5. (Código 9 en la Figura III.1; Ref. ISO 7250:1996 4.2.2) Altura de ojos, sentado:** distancia vertical desde una superficie de asiento horizontal hasta el vértice exterior del ojo. El sujeto se sitúa sentado, totalmente erguido, con los muslos perfectamente apoyados y las piernas colgando libremente. La cabeza orientada según el plano de Frankfurt. Antropómetro. La medición se hace sobre el ojo izquierdo. La norma ISO 7250:1986 considera el vértice exterior del ojo.

**6. (Código 10 en la Figura III.1, Ref. ISO 7250:1996 4.2.4) Altura de hombros, sentado:** Distancia vertical desde una superficie de asiento horizontal hasta el acromion. El sujeto se sitúa sentado, totalmente erguido, con los muslos perfectamente apoyados y las piernas colgando libremente. Los hombros relajados y los brazos colgando libremente. Antropómetro. Observaciones: Se ha medido sobre el hombro más alto de los dos; si la diferencia no es perceptible se ha medido sobre el lado izquierdo.

**7. (Código 18 en la Figura III.1, Ref. ISO 7250:1996 4.2.8). Anchura de hombros (biacromial):** distancia, en línea recta, entre ambos biacromiones. El sujeto se sitúa sentado o de pie, completamente erguido y con los hombros relajados. Pie de rey grande o compás de espesores grande.

**8. (Código 19 en la Figura III.1; Ref. ISO 7250:1996 4.2.11) Anchura de caderas, sentado:** distancia horizontal máxima entre caderas, medida sobre un plano paralelo al del asiento y sobre la parte más ancha de ambos muslos. El sujeto se sitúa sentado, con los muslos totalmente apoyados, las piernas colgando libremente y las rodillas juntas. La medida se toma sin presionar las caderas. Compás de espesor grande. Anchura del cuerpo medida en la parte más ancha de las caderas.

---

**Tabla III.2** Dimensión, descripción, método, instrumento y referencia ISO (continuación)

**9. (Código 16 en la Figura III.1; Ref. ISO 7250:1996 4.2.12) Longitud de la pierna (altura del poplíteo):** distancia vertical desde la superficie de apoyo de los pies hasta la superficie inferior del muslo inmediata a la rodilla, con esta doblada en ángulo recto. El sujeto mantiene el muslo y la pierna formando ángulo recto durante la medición. El sujeto puede estar sentado o permanecer de pie con el pie colocado sobre una plataforma elevada respecto del suelo. El brazo móvil del instrumento de medida presiona suavemente contra el tendón del músculo bíceps fémoris relajado. Antropómetro. Se mide sobre el muslo derecho.

**10. (Código 15 en la Figura III.1; Ref. ISO 7250:1996 s/n) Altura del muslo, sentado:** distancia vertical desde la superficie de apoyo de los pies (suelo), al punto más alto del muslo derecho. El sujeto se sitúa sentado, erguido, con los muslos totalmente apoyados en el asiento y las piernas descansando libremente, con los pies apoyados horizontalmente en el suelo. Muslo y pierna forman ángulo recto. Instrumento: antropómetro.

**11. (Código 21 en la Figura III.1; Ref. ISO 7250:1996 4.2.15) Espesor abdominal, sentado:** máximo espesor del abdomen en posición sentado.

El sujeto se sitúa sentado, completamente erguido y con los brazos y manos colgando libremente hacia abajo. Antropómetro (pie de rey grande).

#### MEDIDAS FUNCIONALES

**12. (Código 25 en la Figura III.1; Ref. ISO 7250:1996 4.4.2) Alcance máximo horizontal agarre (puño cerrado):** distancia horizontal desde una superficie vertical hasta el eje del puño de la mano mientras el sujeto apoya ambos omóplatos contra la superficie vertical. El sujeto se sitúa de pie, completamente erguido, con los omóplatos y los glúteos apoyados firmemente contra la superficie vertical, el brazo completamente extendido en horizontal y hacia adelante. La mano sostiene el cilindro de medida, con el eje del puño vertical. Antropómetro; cilindro recto de 20 mm de diámetro para determinar el eje del puño.

**13. (Código 13 en la Figura III.1; Ref. ISO 7250:1996 4.4.7) Longitud rodilla-trasero:** distancia horizontal desde el punto anterior de la rótula hasta el punto posterior de trasero. El sujeto se sitúa sentado, completamente erguido, con los muslos totalmente apoyados y las piernas colgando libremente. La posición del punto posterior del trasero se proyecta verticalmente sobre la superficie del asiento mediante un bloque de medida que toca el trasero. La distancia se mide a partir del bloque de medida hasta el punto anterior de la rótula. Antropómetro; bloque de medida.

#### MEDIDAS DE SEGMENTOS ESPECÍFICOS DEL CUERPO

**14. (Código 30 en la Figura III.2, Ref. ISO 7250:1996 4.3.7) Longitud del pie:** distancia máxima desde la parte posterior del talón hasta la punta del dedo del pie más largo (primero o segundo), medido paralelamente al eje longitudinal del pie. El sujeto se sitúa de pie con el peso del cuerpo equitativamente distribuido entre ambos pies. Antropómetro. Se mide sobre pie derecho.

**15. (Código s/n, Ref. ISO 7250:1996 4.1.1) Masa corporal (Peso del cuerpo):** el sujeto se sitúa de pie sobre una báscula. Báscula. Las medidas se expresan en kg y décimas de kg. (Fuente: Lopategui Corsino (2008).

16. (Código s/n, Ref. ISO 7250:1996) Índice de masa corporal (IMC): relación matemática: peso, kg/ (talla, m)<sup>2</sup>

**17. (Código 28 en la Figura III.2; Ref. ISO 7250:1996 4.3.1) Longitud de la mano:** distancia perpendicular medida desde una línea recta trazada entre las apófisis estiloides hasta la punta del dedo medio. El sujeto mantiene el antebrazo horizontal con la mano totalmente extendida y plana y la palma hacia arriba. El punto de medida, a la altura de la apófisis estiloides, corresponde aproximadamente a la arruga media de la muñeca. Pie de rey. Se mide sobre la mano derecha y sobre la izquierda en personas zurdas.

**18. (Código 29 en la Figura III.2; Ref. ISO 7250:1996 4.3.3) Anchura de la palma de la mano (en los metacarpianos):** distancia entre los metacarpianos radial y cubital, medida entre las cabezas del segundo y quinto metacarpiano. El sujeto mantiene el antebrazo horizontal con la mano totalmente extendida y plana y la palma hacia arriba. Pie de rey. Se mide entre puntos exteriores de las cabezas de los metacarpianos. La mano apoyada en una superficie plana y los dedos juntos. Mano derecha o izquierda en personas diestras o zurdas respectivamente.

**Tabla III.2** Dimensión, descripción, método, instrumento y referencia ISO (continuación)

**19. (Código 31 en la Figura III.2; Ref. ISO 7250:1996 4.3.8) Anchura del pie:** distancia máxima entre las superficies medial y lateral del pie, perpendicular al eje longitudinal del pie. El sujeto se sitúa de pie con el peso del cuerpo equitativamente distribuido entre ambos pies. Compás de espesores. Se mide sobre el pie derecho.

**20. (Código 38 en la Figura III.3; Ref. ISO 7250:1996 4.3.11) Longitud de la cara (Nasión-mentón):** distancia entre el nasión y el mentón. El sujeto mantiene la boca cerrada. La cabeza orientada según el plano de Frankfurt. Compás de espesores.

**21. (Código 14 en la Figura III.1; Ref. ISO 7250:1996 4.4.6) Longitud del poplíteo-trasero (profundidad del asiento):** distancia horizontal desde el hueco posterior de la rodilla (Borde posterior de la cabeza del peroné) hasta el punto posterior del trasero. El sujeto se sitúa sentado, completamente erguido, con los muslos totalmente apoyados y la superficie del asiento prolongada tanto como sea posible hacia el hueco posterior de la rodilla, las piernas colgando libremente. La posición del punto posterior del trasero se proyecta verticalmente sobre la superficie del asiento mediante un bloque de medida que toca el trasero. La distancia se mide del bloque de medida hasta el borde delantero de la superficie del asiento. Antropómetro, bloque de medida.

**Fuente:** Carmona (2003:128-223)

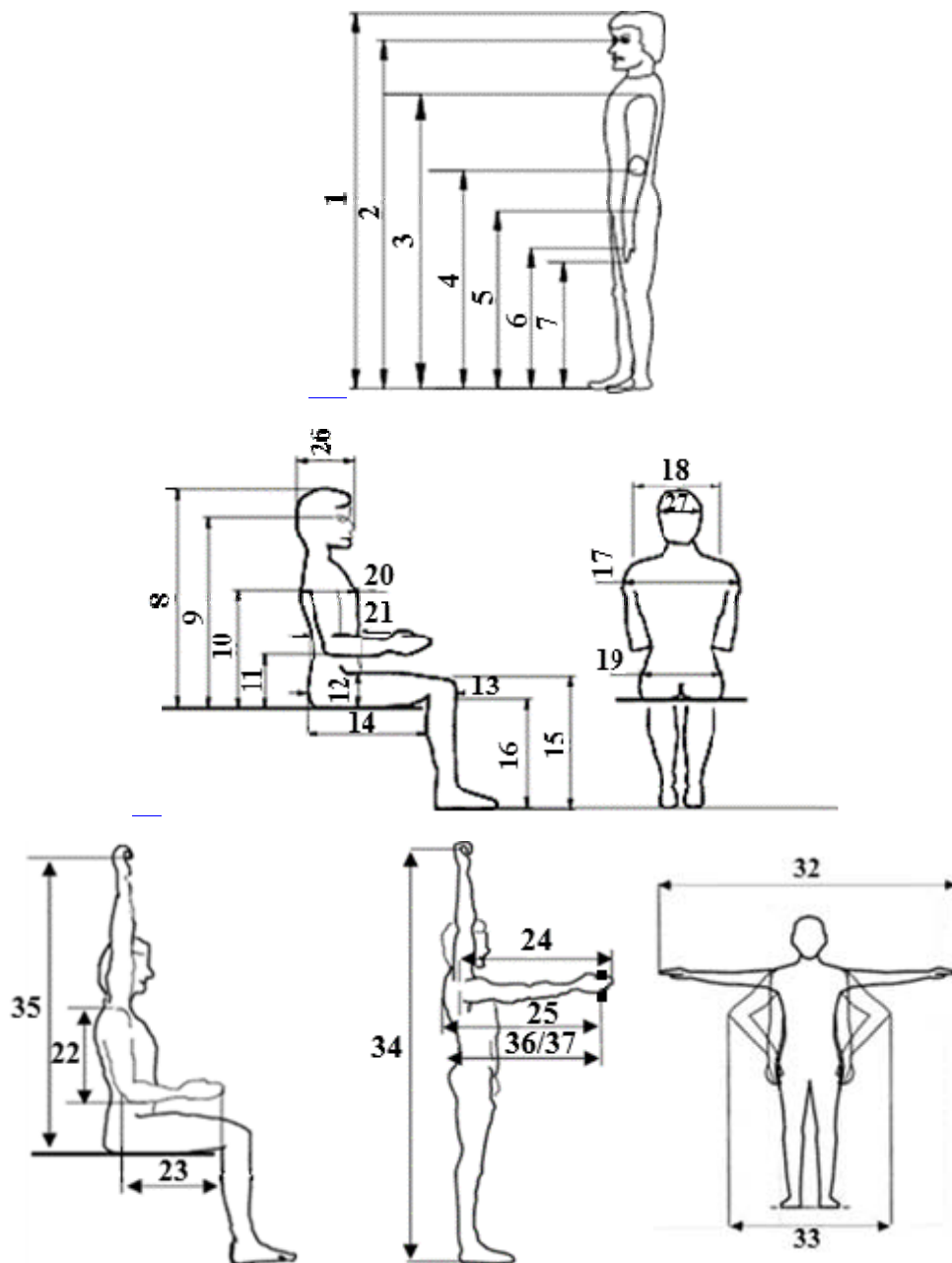
**22. (Código s/n. Ref. ISO 7250:1996 s/n) Potencia aeróbica o capacidad aeróbica relativa CAR (mlO<sub>2</sub>/kg-min)** empleando la Prueba del escalón (*USDA Forest Service Step Test*). Requiere que alguien suba y baje repetidamente de un banco durante un período de 5 min. La capacidad aeróbica se pronostica en base al sexo, la intensidad del esfuerzo, la frecuencia cardíaca, el peso corporal y la edad. (Se puede sustituir la prueba del escalón del *Forest Service* por una prueba alternativa parecida si el laboratorio así lo prefiere). La prueba del escalón y un ejemplo, aparecen en el Anexo E.

**Fuente:** George *et al.* (2007: 104-109)

**23. (Código s/n. Ref. s/n) Edad (años).**

### III.7.1. Figuras antropométricas

La Figura III.1, Figura III.2, Figura III.3 y Figura III.4, Dimensiones para el diseño de puestos de trabajo, de las posturas estándar en la antropometría se emplean como referencia ampliamente aceptada por la literatura especializada de acuerdo a Pheasant & Haslegrave (2006:43).

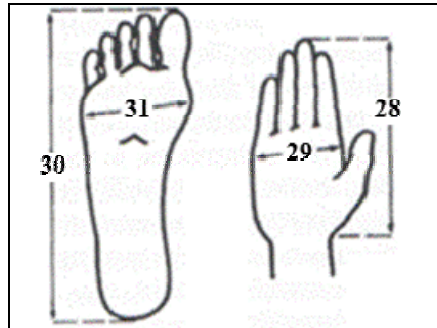


**Figura III.1**

Dimensiones para el diseño de puestos de trabajo

- |                                      |  |
|--------------------------------------|--|
| Estatura del pie (1)                 | Longitud de la pierna (altura del poplíteo) (16)             |
| Altura codo (4)                      | Altura del muslo, sentado (15)                               |
| Altura sentado (espalda recta) (8)   | Espesor abdominal, sentado (21)                              |
| Altura de ojos, sentado (9)          | Alcance máximo horizontal agarre (puño cerrado) (25)         |
| Altura de hombros, sentado (10)      | Longitud rodilla trasero (13)                                |
| Anchura de hombros (biacromial) (18) | Longitud del poplíteo trasero (profundidad del asiento) (14) |
| Anchura de caderas, sentado (19)     |  |

Fuente: Adler (1999)



**Figura III.2**

Dimensiones para el diseño de puestos de trabajo

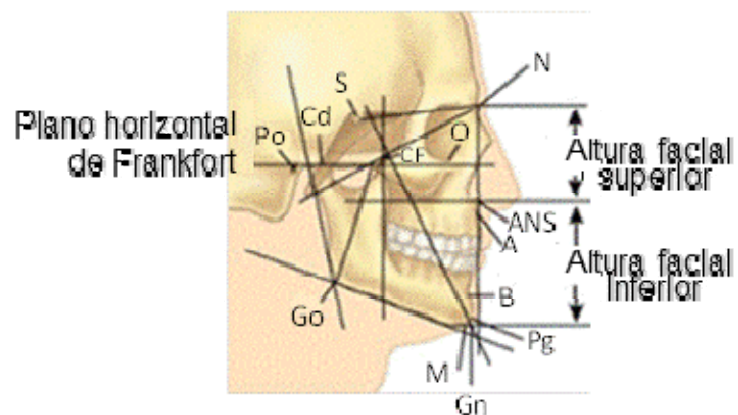
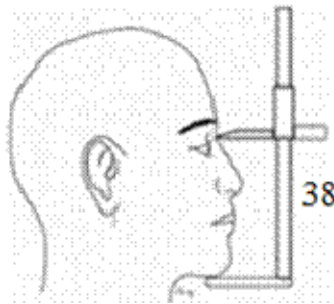
Longitud del pie (30)

Longitud de la mano (28)

Anchura de la palma de la mano (en los metacarpianos) (29)

Anchura del pie (31)

Fuente: Pheasant & Haslegrave (2006:44)



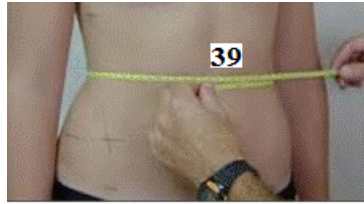
**Figura III.3**

Dimensiones para el diseño de puestos de trabajo

Longitud de la cara (Nasión-mentón) (38)

Fuente: Carmona (2003:194); Facial Height. Medical Dictionary (2011)





**Figura III.4**  
Dimensiones para el diseño de puestos de trabajo  
Perímetro de cintura(39)  
Fuente: Carmona (2003:220)

### **III.8. Análisis de la data primaria, simulación de la red neuronal artificial y modelaje de funciones de regresión**

En relación al análisis y técnicas de los datos se utilizó la estadística descriptiva, que fue empleada para descifrar lo que develan los datos primarios recolectados.

Por otra parte, en vista de la considerable cantidad de datos antropométricos requeridos, para futuro uso práctico se modela una simulación de la RNA: técnica para el análisis de datos antropométricos mediante RNA, que en función a la data antropométrica primaria, que permite predecir las dimensiones antropométricas pertinentes, sin tener que medir en el sujeto de turno todas las variables implicadas, evaluando únicamente aquellas que sean relevantes y de fácil medición, se emplea un software complemento (Toolbox) en el Matlab 2016 “versión de prueba”.

Por las mismas razones, por otra parte se modelaron funciones de regresión que permitieron predecir la variable fisiológica en función a la data antropométrica primaria, se emplea el Minitab 17 “versión de prueba”.

### III.8.1. Pruebas empleadas en el análisis estadístico

(a) **La prueba de Rachas.** Es no paramétrica y permite comprobar que es aleatorio el orden de entrada de mujeres y hombres al servicio médico laboral, de donde proviene la data cruda (datos muestrales), Wiedenhofer (2013:62- 68).

(b) **La prueba de Kolgomorov-Smirnov.** Es no paramétrica y permite comprobar si la variable fisiológica (continua) denominada capacidad aeróbica relativa (CAR), tiene o no una distribución normal, se aplicaron los criterios de Maneiro y Mejías (2010:378) y Wiedenhofer (2013:69), se empleó Minitab 17 “versión de prueba”.

(c) **La prueba *t* de Student.** Prueba paramétrica que permite comparar medias, que tienen distribución normal, de poblaciones independientes y pareada (como lo es en el presente estudio la capacidad aeróbica entre hombres y mujeres), Montgomery y Runger (2011:388,392-393,402), se empleó Minitab 17 “versión de prueba”.

(d) **La prueba de Kruskal-Wallis.** Prueba no paramétrica para comparar medianas de variables independientes (continuas) que no tienen distribución conocida, de más de dos poblaciones independientes, Montgomery y Runger (2011:747-751). Se utilizó la prueba, de Kruskal-Wallis para establecer si las medianas de las capacidades aeróbicas que son variables continuas (*características*), entre los dos grupos o los dos estratos: que en este estudio fueron por edad (*característica*) y por sexo (*variable nominal, atributo*) son iguales o por

el contrario debe rechazarse cuando  $p < 0,05$ , Daneshmandi *et al.* (2013). Se empleó Minitab 17 “versión de prueba”.

Según el National Institute of Standards and Technology (2015), el estadístico de la prueba de Kruskal Wallis es:  $H = [12 / n (n+1)] [ \sum (R_i)^2 / n_i ] - 3(n+1)$ ; para la sumatoria entre los valores de los tratamientos para  $i = 1$ , y  $k$ .

Este estadístico se aproxima muy bien mediante una distribución Chi-cuadrada con  $k-1$  grados de libertad, cuando  $H_0$  es verdadera; lo anterior está relacionado con lo que establece McDonald (2014:56), el cual indica que convencionalmente se acepta que si la muestra es  $\geq 5$  puede aplicarse la prueba de Chi cuadrada. Wiedenhofer (2013:184), indica para este caso, que el Kruskal Wallis test requiere una variable independiente continua y medida en escala ordinal, adicionalmente detalla que se aproxima a una distribución Chi-cuadrada cuando  $k \geq 3$  y alguna  $n_i > 5$ , con  $k-1$  grados de libertad.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y ANÁLISIS

#### **IV.1. Sondeo previo (proporciones), tamaño de la muestra y tamaño/proporciones estratificadas de la muestra**

Carmona (2003) determina los datos antropométricos de la población laboral española, mientras que Estrada *et al.* (1998) lo realizan para la población laboral colombiana. La data básica para ambos estudios proviene de fuentes gubernamentales, adecuadamente homogeneizadas para grupos de edad, tal y como se mostró anteriormente en la Tabla II.1 (estratificación por edad y composición porcentual de la población laboral española y colombiana, como referente para los respectivos estudios antropométricos.

En Venezuela, al momento de este estudio, no se encontró información oficial acerca de la distribución etaria y por sexo de la mano de obra directa industrial, razón por la cual se realizó un sondeo previo, mediante un cuestionario, entre 15 empresas de la Región Central, que abarcan 10 de las 23 categorías (o divisiones) de la Clasificación industrial internacional uniforme de todas las actividades económicas (CIU), establecida por las Naciones Unidas (2009:46-51), indicadas en el Anexo A.

#### IV.1.1. Sondeo previo (proporciones)

En la Tabla IV.1 se muestran los resultados del sondeo realizado en este trabajo, que involucró a 387 trabajadores, es pertinente resaltar que la mencionada tabla presenta la estratificación por edad, sexo; lo cual según el criterio de Haugh (2010:1) reduce la varianza en la muestra de la variable de interés.

Además, la Tabla IV.1 es el producto del sondeo el cual indica cómo está conformada la población de mano de obra directa industrial venezolana, lo que garantiza que si el muestreo para determinar las 22 variables antropométricas y la fisiológica se realiza en esas proporciones tendrá la correspondiente homogeneidad y la representatividad *sui géneris*, lo que de acuerdo a lo señalado por Carmona (2003:105), ese resultado constituye la base que permite modelar el muestreo adecuado.

**Tabla IV.1**

Distribución, proporciones de la población laboral industrial de mano de obra directa venezolana ocupada, estratificada por sexo y edad, según el sondeo previo transversal

Edad (años)	Hombres (%)	Mujeres (%)	Total (%)
20-29	24,8	7,7	32,5
30-39	24,0	11,0	35,0
40-49	12,3	10,8	23,1
50-59	4,3	5,1	9,4
<b>TOTAL</b>	<b>65,4</b>	<b>34,6</b>	<b>100,0</b>

Fuente: Burgos y Escalona (2015c:4)

La Tabla IV.1 en esta tesis constituye el primer hallazgo<sup>3</sup> y fundamental al conocimiento de cómo se estima se constituye la población objetivo, representando la población de mano de obra directa industrial venezolana con la homogeneidad y la representatividad adecuada, satisfaciendo el requisito señalado por Carmona (2003:105).

Para calcular en la muestra de la población asequible la correspondiente distribución por estratos presentada en la Tabla IV.1, se procedió de igual manera que Estrada *et al.* (1998) y Jetté *et al.* (1976), formando cuatro clases o estratos (por edad).

#### **IV.1.1.1. Conclusiones del sondeo**

Se alcanzó el objetivo del sondeo preliminar y el tamaño muestral estratificado de la población de mano de obra directa industrial, que se basó en aquella asentada en la Región Central venezolana, por considerarse la más homogénea genéticamente y por estar en la zona de mayor desarrollo industrial del país.

#### **IV.1.2. Tamaño de la muestra**

Empleando la fórmula correspondiente (Ecuación 1 del presente trabajo) de la Norma técnica colombiana 5654 (2008), se obtiene la Tabla IV.2.

---

<sup>3</sup> Hallazgo. *m.* cosa hallada: un hallazgo de gran valor. García-Pelayo y Gross, R. (1976:459). En el contexto de esta tesis es el haber dado con algo sin buscarlo, que existía pero que no se tenía conocimiento de ello.

**Tabla IV.2**

Tamaño de la muestra de este estudio en función de los coeficientes de variación (CV) y la talla (T), determinada por Araviche (2011), empleando la Norma técnica colombiana NTC 5654 (2008) para antropometría

	<b>Hombres</b>	<b>Mujeres</b>	<b>Total</b>
<b>CV</b>	3,71	2,59	-----
<b><i>n</i></b>	<b>124</b>	<b>61</b>	<b>185</b>
<b>Porcentaje (%)</b>	67	33	100

#### **IV.1.2.1. Conclusiones sobre tamaño muestral**

El haber calculado el tamaño de la muestra estratificada por edad y sexo, constituye el primer aporte<sup>4</sup> propiciando el logro de las buenas prácticas ergonómicas y, la caracterización de los parámetros antropométricos de la población laboral industrial de mano de obra directa venezolana, lo cual contribuye a preservar la salud y potenciar las capacidades de los trabajadores.

#### **IV.1.3. Tamaño/proporciones estratificadas de la muestra**

Para obtener una homogeneidad adecuada respecto a la población, el tamaño de muestra total ( $n = 185$ ) debe estratificarse proporcionalmente de acuerdo con los resultados de la distribución por edades, muestreo probabilístico o aleatorio simple (Maneiro y Mejías 2010:24), de acuerdo a lo *surgido en el sondeo previo* (Tabla IV.1), información esta que era desconocida antes de esta tesis, lo constituyen las cifras estratificadas por edad y sexo, que se presentan en la Tabla IV.3 elaborada de acuerdo a la configuración detectada en el sondeo previo.

---

<sup>4</sup> Aporte m. Amer. aportación. Aportación *f.* acción de aportar y lo que se aporta. Aportar *v.* dar o proporcionar. García-Pelayo y Gross, R. (1976:78). En el contexto de esta tesis es algo realizado, dado o proporcionado por el autor.

**Tabla IV.3**

Distribución y tamaño de la muestra de la población de mano de obra directa industrial venezolana *por sexo y edad*

Edad (años)	Hombres	Mujeres	Total	
			n	%
20-29	46	14	60	32,5
30-39	45	20	65	35,0
40-49	25	18	43	23,1
50-59	8	9	17	9,4
<b>TOTAL</b>	<b>124</b>	<b>61</b>	<b>185</b>	<b>100,0</b>
%	67	33	100	

Al contrastar la data de la Tabla II.1 con la Tabla IV.1 y Tabla IV.3, se detecta que las distribuciones de las poblaciones laborales española y colombiana siguen un patrón triangular muy similar, sin embargo la población de mano de obra directa industrial venezolana tiene distribución *aproximadamente* triangular y atípica, dado a *lo estrecho de la base* o el primer estrato conformado por los sujetos de 20 a 29 años de edad.

#### **IV.1.3.1. Conclusiones del tamaño/proporciones estratificadas de la muestra (población accesible) para el estudio**

La Tabla IV.3 es la descripción completa de proporciones, tamaño de la muestra general y por cada estrato que ha de tener la muestra para que goce de la misma homogeneidad de la población objetivo, por lo tanto sea fidedigna.

## **IV.2. Resultados de: la prueba piloto para validar estadísticamente los antropometristas, procedimientos de medida y los documentos instrumentales**

### **IV.2.1. Validación procedimientos de medida e instrumentos documentales en la prueba piloto (PP)**



## **Validación de procedimientos prueba piloto (PP)**

Realizar como actividad una prueba piloto, para validar los procedimientos de medida, los documentos instrumentales y los antropometristas.

Se determinaron las cualidades: repetitividad ( $r$ ), reproducibilidad ( $R$ ), confiabilidad ( $R$ ), las cuales son responsables de monitorear los errores de medición, los que en caso de existir podrían ser subsanados.

El análisis emplea el método estadístico ANOVA con el soporte del programa Minitab 17 “versión de prueba”, a las medidas se determinó: *confiabilidad (R)*, *repetibilidad (r)* y *reproducibilidad (R)*. Se hicieron: 3 replicaciones x 3 antropometristas x 10 sujetos x 3 dimensiones consideradas, total 270 mediciones, a las dimensiones:

1. ***Estatura (altura del cuerpo)***. Distancia vertical desde el suelo hasta el punto más alto de la cabeza (vértex). (Figura III.1-1).
2. ***Anchura de hombros (biacromial)***. Distancia en línea recta, entre acromiones. (Figura III.1-18).
3. ***Longitud de la cara. Distancia nasión-mentón***, Carmona (2003:130,162,194). Nasión (**N**): punto medio de la unión del frontal y los dos huesos nasales, Figura III.3. Mentón (**M**): punto más inferior en la barbilla en vista lateral de un cefalograma, Figura III.3. Miller-Keane (2005), Encyclopedia & Dictionary of Medicine, Nursing & Allied Health), Figura II.3-38.

#### IV.2.1.a. Validación estadística de los procedimientos de medida en la prueba piloto

Para la recolección de las medidas antropométricas y fisiológica se emplearon los servicios de analistas entrenados, siguiendo el criterio de Méndez *et al.* (1995:9).

Se midieron las variables según Carmona (2003:101,174) con: un tallímetro marca HM-200P (apreciación: 1mm), un vernier marca Mitutoyo 530-101 (apreciación: 0,05 mm) para la longitud de la cara, un antropómetro marca Imetaval C.A. (apreciación: 1mm) para el ancho de hombros, un lápiz dermográfico para señalar referencias antropométricas.

De la variabilidad del sistema de medición, se desprende que:

- Los valores de *R* (Tabla IV.4) son coherentes con los valores de confiabilidad intra-observador (Tabla IV.5)  $R > 0,95$ , o sea, para los *antropometristas* sus mediciones son satisfactorias.

**Tabla IV.4**

Cálculo del ETM intra-evaluador para 10 sujetos, con 3 antropometristas

	Variable	n	$\bar{X}$	SD	ETM	% ETM	R
<b>Antropometrista 1</b>	Biacromial (mm)	10	<b>321,3</b>	27,09	1,423	0,45	0,99721
	Talla (mm)	10	1641,7	84,46	2,550	0,16	0,99909
	Nasión-mentón (mm)	10	121,3	8,21	1,323	1,09	0,97402
<b>Antropometrista 2</b>	Biacromial (mm)	10	<b>321,6</b>	27,26	1,304	0,41	0,99771
	Talla (mm)	10	1641,3	83,31	1,304	0,08	0,99976
	Nasión-mentón (mm)	10	121,2	7,07	0,742	0,61	0,98898
<b>Antropometrista 3</b>	Biacromial (mm)	10	<b>321,6</b>	26,92	1,396	0,43	0,99731
	Talla (mm)	10	1641,3	83,51	1,118	0,07	0,99982
	Nasión-mentón (mm)	10	121,3	8,25	0,671	0,55	0,99339

- **Error técnico de medida total ( $ETM_{total}$ )**

Si  $k \geq 2$  observadores (antropometristas) miden a un mismo grupo de sujetos, el error de medida se determina calculando el  $R$ .

Para las *medias de las variables* de los 10 sujetos en la Tabla IV.5, que fueron obtenidas a partir de las *Medias de las Medias* de la Tabla IV.4, ejemplo para la biacromial:  $(321,3 + 321,6 + 321,6)/3 = 321,3$ ; se observa que en la Tabla IV.7 para las tres variables el  $ETM_{total}$  es aceptable y la  $R$  es muy alta ( $R > 95\%$ ). La poca variabilidad en las mediciones indica que los  $k$  Antropometristas son fiables.

En la Tabla IV.4: los observadores son fiables y en Tabla IV.5, sus valores de  $R$  son coherentes con los de confiabilidad *intra-observador*.

**Tabla IV.5**

Error técnico de medida total ( $ETM_{total}$ ), porcentaje  $ETM_{total}$  y confiabilidad ( $R$ )

	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b><math>ETM_{total}</math></b>	<b>% <math>ETM_{total}</math></b>	<b><math>R</math></b>
Anchura hombros (biacromial)	10	<b>321,5</b>	1,64	0,51	0,996
Talla	10	1641,4	2,06	0.13	0.999
Longitud (nación-mentón)	10	121,2	1,51	1,25	0,961

- Siendo mínima la variabilidad, causada por diferencias entre antropometristas, ello indica la pericia de los antropometristas.
- La talla se mide con precisión, según Carmona (2003) tiene un coeficiente de variación (CV) bajo y debe tomarse en cuenta como variable referencial.

- Un estudio r&R del sistema de medición (cruzado) discrimina la variación de medida entre las partes del sistema, es apto para evaluar sistemas de medición antes de usarlos y monitorear o mejorar procesos.
- Se satisfacen los objetivos, al comprobar la validez de los procedimientos, instrumentos y fiabilidad de los antropometristas.

#### **IV.2.2.b. Validación por expertos de los instrumentos documentales**

La Carta de consentimiento informado, Anexo C, y la Cédula antropométrica para estudios ergonómicos (CAPEE), referirse al Anexo F, fueron evaluadas para determinar su capacidad de información al sujeto/colaborador y su apego a la ética, según los expertos éstas pueden ser utilizadas fiablemente, por lo que pueden ser de aplicación inmediata. En la Tabla IV.6 indica en detalle los resultados de la validación por cada uno de los expertos de los instrumentos documentales.

**Tabla IV.6**  
Validación/aprobación por expertos de los instrumentos documentales

<b>Identificación</b>	<b>Nivel académico</b>	<b>Lugar de trabajo</b>	<b>Área de investigación</b>	<b>Dictamen</b>
1	E. M. Doctora en Ingeniería, Mención Industrial	Universidad de Carabobo	Ergonomía	Idóneos
2	R. I. Doctor en Ciencias Sociales	Universidad de Carabobo	Fisiología del trabajo	Idóneos
3	E. E. Doctor en Ciencias de la Salud	Universidad de Carabobo	Ergonomía	Idóneos
4	A. B. Doctor en Medicina Laboral	Ejercicio libre	Medicina Laboral	Idóneos

### **IV.2.3. Resultados de la prueba piloto (PP)**

Los resultados fueron aceptables respecto a la evaluación estadística de la reproducibilidad, la confiabilidad de los antropometristas y los procedimientos de medida.

#### **IV.2.3.1. Conclusiones de la prueba piloto (PP) realizada**

Pueden aplicarse los procedimientos elegidos, así como los instrumentos documentales y emplear los antropometristas que prestaron sus servicios.

### **IV.3. Contrastar la distribución de la población objetivo con la de países extranjeros**

Es importante acotar que aunque no fue parte de los objetivos específicos, la comparación de la población objetivo con la de países extranjeros, si bien no agrega valor a los modelos predictivos de funciones de regresión y redes neuronales artificiales, permite deducir una peculiaridad importante de la población objetivo.

Habiéndose caracterizado la distribución de la mano de obra industrial colombiana y española, en la Tabla II.1, siendo posible entonces contrastarla con la distribución de la población venezolana, Tabla IV.7 de este trabajo, a partir de los cuales se aprecia que la distribución de la población laboral formal española y la colombiana es de forma piramidal y muy similar entre sí, en ambas el estrato que constituye la base es el más ancho.

*Lo anterior no es así en el caso venezolano, pues el estrato de 20 a 29 años es más estrecho, siendo este hallazgo el primero de una serie de valiosos productos secundarios, detectados durante el desarrollo de esta tesis doctoral, que al ser desconocida su existencia al momento de formular los objetivos no permitió considerar su abordaje.*

La explicación de esa característica va más allá del propósito y naturaleza del presente trabajo, pues ella es pertinente, entre otras, a la antropología y la sociología.

Se calculó el tamaño muestral empleando la Norma técnica colombiana NTC 5654 (2008), *específica para aplicaciones antropométricas*:

- El término  $a$  es el coeficiente de error admisible, el cual es fijado por el investigador, en este caso  $a = 1\%$ ,
- CV es el coeficiente de variación de la población para la dimensión corporal que se analiza, donde SD es la desviación estándar/ y  $\bar{x}$  es la media.
- Es importante resaltar que al inicio de la presente investigación se desconocía para la población objetivo la estatura, los valores de la media, 50 percentil y la desviación estándar (SD). Por lo tanto como base, se emplean los valores, estimados por Araviche (2011:29)<sup>5</sup>:

$$\% CV_{\text{hombres}} = (62,20/1676)(100) = 3,71; \% CV_{\text{mujeres}} = (40,87/1577)(100) = 2,61;$$

Aplicando el estadístico

$$n \geq (3,006 \times \%CV/a)^2, \text{ los resultados: } n_{\text{hombres}} = \mathbf{124}, n_{\text{mujeres}} = \mathbf{61}.$$

---

<sup>5</sup> Es importante señalar que se emplearon los valores estimados por Araviche (2011:29), puesto que era la única data disponible a la fecha del inicio del presente trabajo. El objetivo de la prueba piloto fue validar estadísticamente los antropometristas, los procedimientos de medida y los documentos instrumentales, por lo que no ofreció ningún valor agregado respecto a las variables antropométricas.

La Tabla IV.7 *presenta resaltado en **negrita** los resultados del sondeo previo de la distribución de la población de mano de obra directa industrial venezolana (PMODIV) ocupada, como previamente se indicó en la Tabla IV.5 Error técnico de medida total ( $ETM_{total}$ ), porcentaje  $ETM_{total}$  y confiabilidad ( $R$ ).*

**Tabla IV.7**

Distribución según el sondeo previo de la población de mano de obra directa industrial venezolana (PMODIV) ocupada, estratificada por sexo y edad, para una muestra mínima con un percentil 95 y una precisión relativa del 1%,  $n = 185$  (124 hombres y 61 mujeres)

Edad (años)	Hombres (n)(%)	Mujeres (n)(%)	Total (n)(%)
<b>20-29</b>	(46)( <b>24,8</b> )	(14)(7,6)	(60)( <b>32,4</b> )
<b>30-39</b>	(45)( <b>24,3</b> )	(20)(10,8)	(65)( <b>35,1</b> )
<b>40-49</b>	(25)( <b>13,5</b> )	(19)(10,2)	(43)( <b>23,7</b> )
<b>50-59</b>	(8)(4,3)	(9)(4,9)	(17)(9,2)
<b>TOTAL</b>	( <b>124</b> )( <b>66,9</b> )	( <b>61</b> )( <b>33,5</b> )	( <b>185</b> )( <b>100,0</b> )

Para el entrenamiento de la RNA se requieren como mínimo 300 observaciones o sujetos para cada sexo, como recomienda la literatura pertinente.

La Tabla IV.8 indica la distribución de la población de mano de obra directa industrial venezolana (PMODIV) ocupada, estratificada por sexo y edad, que se *emplea para el entrenamiento, la validación y la prueba al modelar la red neuronal artificial (RNA)*, para los hombres  $n = 300$  y para la mujeres  $n = 300$ .

Se confeccionó de la siguiente manera: se empleó el valor de 32,4% proveniente de la Tabla IV.7, para para generar el total de hombres y mujeres del primer estrato  $600$  (**0,324**) = 195; los hombres en ese primer estrato  $195/2 = 98$  y a las mujeres corresponde  $195-98 = 97$ , y así sucesivamente.

**Tabla IV.8**

Muestreo de la población de mano de obra directa industrial venezolana (PMODIV) **ocupada**, estratificada por sexo y edad, en base a  $n = 600$  sujetos (300 hombres y 300 mujeres), para levantar la data y modelar la red neuronal artificial (RNA)

Edad (años)	Hombres	Mujeres	Total
20-29	97	98	195 (32,4%)
30-39	105	104	209 (35,1%)
40-49	71	71	142 (23,7%)
50-59	27	28	55 (9,2%)
TOTAL	300	300	600 (100%)

#### IV.4. Medición de variables: fisiológicas y antropométricas

##### IV.4.1. Variable Fisiológica: capacidad aeróbica relativa (CAR) para hombres y mujeres venezolanos

La medición de la variable fisiológica (potencia aeróbica o capacidad aeróbica relativa, CAR: ml O<sub>2</sub>/kg-min) y las variables antropométricas, *requieren de analistas entrenados, además son pruebas dispendiosas en tiempo y esfuerzo.*

La CAR se determinó empleando la prueba del escalón, referirse al Anexo E; y las variables antropométricas se determinaron empleando la Norma ISO 7250:1996. Las dificultades señaladas anteriormente enfatizan la necesidad de crear una base de datos para la mano de obra directa industrial venezolana (PMODIV) que esté disponible para diseñar bajo los cánones ergonómicos.

##### IV.4.1.1. Consideraciones sobre la capacidad aeróbica relativa para hombres y mujeres venezolanos

Considerando como normopeso la masa corporal y como normoíndice el IMC del norteamericano, determinados por Chaffin *Op. cit.* (1966:28) como:



peso = 77,1kg, el IMC = 25,7 hombres; peso = 65,5kg, IMC = 25,9 mujeres (Tabla II.2); se requiere estandarizar la CAA de los trabajadores venezolanos, considerando su masa corporal (peso) e índice de masa corporal: peso = 89,1kg, IMC = 30,5 hombres (Tabla IV.14 ver página 101); peso = 63,5kg, IMC = 25,1 mujeres (Tabla IV.15 ver página 102).

**Nota:** las mujeres de la PMODIV en edad entre 30-39 años pesan = 63,5kg inferior a sus homólogas norteamericanas, su capacidad aeróbica relativa es **CAR = 32,1ml O<sub>2</sub>/kg-min** (Tabla IV.15), los varones venezolanos con **CAR = 39,5 ml O<sub>2</sub>/kg-min** (Tabla IV.14) también registraron un valor menor que el de sus homólogos norteamericanos (Tabla II.2).

- Al evaluar la capacidad aeróbica de la PMODIV para confeccionar la Tabla IV.9, hay que tomar en cuenta que el varón venezolano tiene en promedio: estatura = 1,708m, peso = 89,1kg e IMC = 30,5kg/m<sup>2</sup>.
- Al tomar como patrón el trabajador norteamericano de 35 años, según la data presentada por Chaffin *Op. cit.* (1966:28), su IMC = 25,7kg/m<sup>2</sup> (Tabla II.2), por lo tanto tomando en cuenta la estatura del varón venezolano a la fecha del presente estudio, le correspondería un peso homologado a cuasi normal = **74,9kg**. Empleando el método del escalón, a ese peso al ser estandarizado, empleando el factor por edad = 0,95 y el valor medido de su capacidad aeróbica relativa:

$$\text{CAR} = 39,5 \text{ ml O}_2/\text{kg-min} \times 0,95 \times 74,9\text{kg} \times 11/1000\text{ml} \times 5\text{kcal/1l}$$

le corresponde un CAA = 14,0 kcal/min.

- Al evaluar la capacidad aeróbica de la PMODIV para confeccionar la Tabla IV.9, hay que tomar en cuenta que la mujer venezolana tiene en promedio: estatura = 1,589 m, peso = 63,5 kg e IMC = 25,1 kg/m<sup>2</sup>.
- Al tomar como patrón a la trabajadora norteamericana de 35 años, según los data presentada por Chaffin *Op.cit.* (1966) su IMC = 25,9kg/m<sup>2</sup>, por lo tanto para la estatura de la mujer venezolana le correspondería un peso 63,50kg (25,1/25,9) = **61,53kg**. Empleando ese peso estandarizado, el factor por edad = 0,95 y el valor medido de su **CAR = 32,1 ml O<sub>2</sub>/kg-min**, le corresponde:

$$\begin{aligned} \text{CAA} &= 32,1 \text{ ml O}_2/\text{kg-min} \times 0,95 \times 61,53 \text{ kg} \times 11/1000 \text{ ml} \times 5 \text{ kcal}/11 \\ &= 9,38 \text{ kcal/min.} \end{aligned}$$

En el presente trabajo se estudió la población sana de la PMODIV, y se presenta como un resultado la caracterización de la población de mano de obra directa industrial venezolana (PMODIV) Tabla IV.9.

**Tabla IV.9**

Caracterización de la población de mano de obra directa industrial venezolana (PMODIV) en base a variables selectas antropométricas y fisiológicas

	<b>Hombre</b>	<b>Mujer</b>
Edad (años)	35,00	35,00
Peso (kg)	89,10	63,50
Estatura (m)	1,70	1,58
Índice de masa corporal (kg/m <sup>2</sup> )	30,50	25,10
<b>Capacidad aeróbica relativa (CAR: ml O<sub>2</sub> / kg-min)</b>	<b>39,50</b>	<b>32,10</b>
Capacidad aeróbica absoluta (CAA: kcal/min)	17,50	10,10
<b>Capacidad aeróbica absoluta a normo peso (CAANP: kcal/min)</b>	<b>14,00</b>	<b>9,38</b>
Capacidad promedio de trabajo físico (CPTF: kcal/min) para 480 min	4,92	3,17

**IV.4.2. Variable fisiológica: capacidad promedio de trabajo físico (CPTF: kcal/min.) hombres y mujeres venezolanos, empleando funciones predictoras**

La Tabla IV.10 es el estándar europeo para determinar los tiempos límite (minutos) y porcentaje del metabolismo máximo, para mantener durante la labor bajos niveles de metabolitos.

**Tabla IV.10**

Tiempos límite (minutos) y porcentaje del metabolismo máximo

% Metabolismo	<b>100</b>	90	80	70	60	50	40	<b>35</b>	30	<b>20</b>
t Lím. (minutos)	<b>5</b>	10	20	40	80	160	320	<b>480</b>	640	<b>1440</b>

Fuente: Norma UNE-EN 28996

En la presente tesis para modelar la función predictora de la CPTF para hombres y mujeres, se considera específicamente la población de mano de obra directa industrial venezolana.

**IV.4.2.1. Capacidad promedio de trabajo físico (CPTF)<sub>Hombre</sub>**

Para determinar la CPTF del varón venezolano, se modela al máximo nivel de gasto de energía permitido, en función del tiempo empleado en la actividad.

De lo dicho anteriormente, para el *obrero industrial venezolano* se toma como referencia la capacidad aeróbica = 14,0 kcal/min. Es importante acotar que al comparar ese valor de CA con el de 16 kcal/min del trabajador norteamericano, la diferencia obtenida es tan grande, que hace que el valor *p* de significación estadística

sea muy pequeño; seguidamente se establecen las siguientes tres limitaciones, considerando el tiempo que dura trabajando, y se incluye la aplicación de los criterios de la Norma UNE-EN 28996, indicados en la Tabla IV.10.

1. Usando 100% de su CAA *observada*, **14,0 kcal/min**, el trabajador debe laborar:  $\leq 5$  minutos.
2. Para mantener durante la labor bajos niveles de metabolitos, en este caso una jornada de 8 horas (480 minutos), el trabajador debe limitarse a gastar 35% de su CA *observada*:  $\leq 4,9$  kcal/minuto.
3. Las restricciones de orden social y económico para alcanzar una dieta adecuada, limitan al trabajador a gastar 20% de su CA *observada* (Tabla IV.10), en una hipotética jornada de 24 horas (1440 min):  $\leq 2,8$  kcal/min o 4032 kcal/día, Chaffin (1966:30).

Al graficar directamente la data original (Tabla IV.10 Tiempos límite y porcentaje del metabolismo máximo), en cuadrícula cartesiana semilogarítmica, genera una recta de decaimiento (Figura IV.1), una función de tipo logarítmico:

$$y = Ae^{-Bt} \quad (4)$$

donde: y = capacidad promedio de trabajo físico (CPTF)  
A = intercepto  
e = base neperiana  
B = coeficiente  
t = tiempo de la actividad

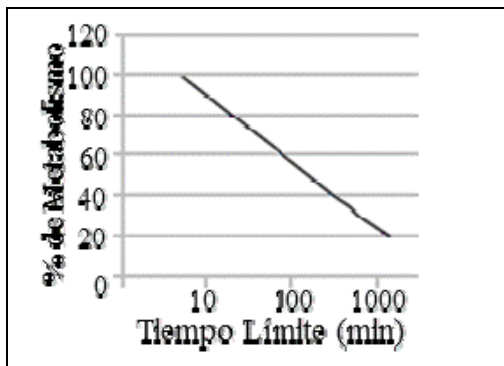
Usando cuadrícula cartesiana ordinaria y graficando las anteriores tres limitaciones de capacidad aeróbica (ordenada) contra el logaritmo natural del tiempo de duración (abscisa) para cada una, se genera una recta (Figura IV.2), una función de regresión logarítmica:

$$y = A - B \ln t; \text{ empleando la data colectada se deduce la ecuación:}$$

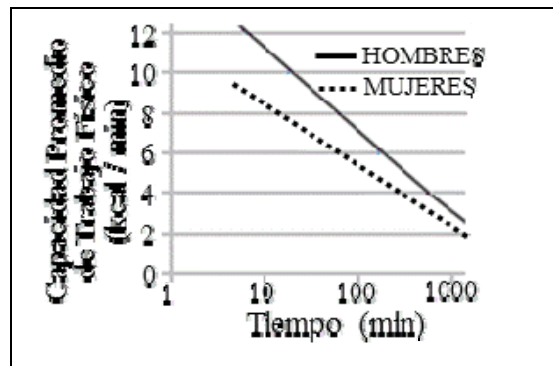
$$[\text{Capacidad promedio de trabajo físico (CPTF)}]_{\text{Hombre}} = 17,15 - 2,1 \ln t \quad (5)$$

donde  $t$  = tiempo de la actividad (minutos).

$(\text{CPTF})_{\text{Hombre}}$  = kcal/min de actividad para un hombre saludable normal de 35 años.



**Figura IV.1**  
Capacidad de trabajo físico y tiempo de la actividad, escala semilog las abscisas, basada en la Tabla IV.10



**Figura IV.2**  
Capacidad promedio de trabajo físico (CPTF) hombre 74,9 kg (IMC=25,7) mujer de 62,9 kg (IMC=25,9), de 35 años, vs t

#### IV.4.2.2. Capacidad Promedio de Trabajo Físico (CPTF)<sub>Mujer</sub>

Igualmente, para *la obrera industrial venezolana*, pero ahora se toma como referencia la CAA = 9,5 kcal/min. Es importante acotar que al comparar ese valor de CA

con el de 12 kcal/min de la trabajadora norteamericana, la diferencia obtenida es tan grande, que hace que el valor  $p$  de significación estadística sea infinitesimal; seguidamente se establecen las siguientes tres limitaciones, considerando el tiempo que dura trabajando, y se incluye la aplicación de los criterios de la Norma UNE-EN 28996, indicados en la Tabla IV.10.

1. Usando 100% de su CAA *observada*, **9,5 kcal/min**, la *trabajadora* debe laborar:  $\leq 5$  minutos.
2. Para mantener durante la labor bajos niveles de metabolitos, en este caso una jornada de 8 horas (480 minutos), la trabajadora debe limitarse a un gasto de 35% de su CA *observada*:  $\leq 3,35$  kcal/minuto.
3. Las restricciones de orden social y económico para alcanzar una dieta adecuada, limitan a la trabajadora a gastar 20% de su CA *observada* (Tabla IV.10), en una hipotética jornada de 24 horas (1440 min):  $\leq 1,9$  kcal/min o 2736 kcal/día, Chaffin (1966:30). Figura IV.2 en escala semilogarítmica.

*Nota:* La dieta tanto para el hombre como para la mujer debe ser objeto de estudio desde el punto de vista de la responsabilidad empresarial puesto que los empresarios son miembros de la sociedad y deben hacer su parte razonable para ayudar a otros. Rivas (2012:130) y desde el punto de vista legal las consideraciones contenidas en la Ley de Alimentación para los trabajadores y trabajadoras (2014).

Al graficar en cuadrícula cartesiana ordinaria la data original (Tabla IV.9), se aprecia una curva de decaimiento de tipo exponencial:

$$y = Ae^{-Bx} \quad (6)$$

Al graficar en cuadrícula cartesiana ordinaria las tres limitaciones de capacidad aeróbica (ordenada) *versus* el logaritmo natural del tiempo de duración (abscisa), se genera una línea recta; lo que indica que es una función de regresión logarítmica:  $y = A - B \ln x$ ; usando la data disponible se deduce la siguiente ecuación (la Figura IV.2 indica esas relaciones):

$$[\text{Capacidad promedio de trabajo físico (CPTF)}]_{\text{Mujer}} = 11,76 - 1,39 \ln t \quad (7)$$

donde  $t$  = el tiempo de duración de la actividad (minutos).

$(\text{CPTF})_{\text{Mujer}}$  = kcal/min de actividad para una mujer saludable normal, 35 años de edad.

Los resultados de aplicar la Ecuaciones 5 y 7, se indican en la Tabla IV.11 y la Tabla IV.12, lo que permite establecer las diferencias en la CPTF entre hombres y mujeres.

**Tabla IV.11**  
Capacidad promedio de trabajo físico  
(CPTF)<sub>Hombre</sub>. Ecuación (5)

t (tiempo, minutos)	CPTF (kcal/min.)
5	13,96
240	6,29
<b>480</b>	<b>4,92</b>
1440	2,75

**Tabla IV.12**  
Capacidad promedio de trabajo físico  
(CPTF)<sub>Mujer</sub>. Ecuación (7)

t (tiempo, minutos)	CPTF (kcal/min.)
5	9,52
240	4,14
<b>480</b>	<b>3,18</b>
1440	1,65

*Al comparar la Tabla IV.11 con la Tabla IV.12, puede plantearse que si el trabajador varón de mano de obra directa industrial venezolano, que actualmente exhibe una masa corporal (MC) con sobrepeso, con sólo bajar de peso, de acuerdo a Sharkey & Davis (2008:18), ubicándolo a *quasi* normal su IMC  $\sim 25,70\text{kg/m}^2$ , podría lograr una CAR (ml O<sub>2</sub>/kg-min) como la de su homólogo norteamericano.*

Adicionalmente, un programa de entrenamiento aeróbico de alta intensidad de ocho semanas, dos días por semanas, mejora la capacidad aeróbica de los sujetos, Ramírez Lechuga *et al.* (2012:747).

Es importante señalar que para el varón venezolano *con sobrepeso*, la capacidad aeróbica absoluta (CAA, kcal/min) al ser obtenida matemáticamente a partir de la CAR (ml O<sub>2</sub>/kg-min) al aplicar los adecuados factores de conversión, *alcanzó un valor muy alto* que pudiese conducir a interpretaciones erróneas, por lo cual no tiene sentido aplicarla *como criterio único* al tratar de ubicar al trabajador en un puesto de trabajo cuyas exigencias en la práctica *pudiesen superar la capacidad aeróbica relativa del trabajador, siendo la CAR el apropiado referente como competencia de umbral.*

También se debe resaltar que las relaciones de capacidad aeróbica media entre hombres y mujeres *venezolanos* en el rango de edad de 30 a 39 años, presentan diferentes resultados dependiendo *si la comparación es entre las CAR (ml O<sub>2</sub>/kg-min) o las CAA (kcal/min)*, referidos a los valores indicados en la Tabla IV.14 y Tabla IV.15.



#### IV.4.3. Relación de la capacidad aeróbica para los venezolanos (P<sub>MODIV</sub>) en base a la data de la Tabla IV.14 y Tabla IV.15

La data de la Tabla IV.14 y la Tabla IV.15 proviene de sujetos venezolanos con sobrepeso respecto a su estatura a la fecha del presente estudio. Se observa al comparar que la tasa  $CAR_{\text{Mujeres/Hombres}}$  se aproxima a la de los trabajadores norteamericanos, pero notable es la diferencia en el caso de la  $CAA_{\text{Mujeres/Hombres}}$  al compararla con su homólogo americano indicado en el subtítulo IV.4.4.: relación de la capacidad aeróbica para los norteamericanos.

Esta información es útil para reforzar que el exceso de peso del venezolano no es favorable al establecer las relaciones de capacidad aeróbica.

$$CAR_{\text{Mujeres/Hombres}} = 32,1/39,5 = \mathbf{0,81}; CAA_{\text{Mujeres/Hombres}} = 10,1/17,5 = \mathbf{0,58}.$$

Según Chaffin (1966:28,29) para el *varón norteamericano promedio, de 35 años, 77,1 kg (en 1960 su talla era 1730 mm, según Sharkey & Davis (2008:14); por lo que, referido a este último su índice de masa corporal (IMC) = 25,7 que correspondía aproximadamente a un sujeto cuasinormopeso; su CAA = 16kcal/min, ó 16,1 kcal/min (1LO<sub>2</sub>/5,3kcal) (1000ml/1L) (1/0,95) (1/77,1kg) = 41,76 ml O<sub>2</sub>/kg-min*

La capacidad aeróbica de *la trabajadora norteamericana* se dedujo de las figuras 5 y 6 del estudio de Chaffin (1966:29), su peso fue de 146,3 libras (66,4 kg), y su talla en el año 1960 fue 1600 mm según Sharkey & Davis (2008:14), el correspondiente **IMC = 25,9** es *cuasi normopeso*, su capacidad aeróbica absoluta = 12 kcal/min, y le corresponde una capacidad aeróbica relativa de:

$$12\text{kcal/min (1LO}_2\text{/5kcal) (1000ml/1L) (1/0,95) (1/66,4kg) = 38,04 mlO}_2\text{/kg min.}$$

#### IV.4.4. Relación de la capacidad aeróbica para los norteamericanos

$$CAR_{\text{Mujeres/Hombres}} = 38,04 / 41,76 = \mathbf{0,91}; CAA_{\text{Mujeres/Hombres}} = 12/16 = \mathbf{0,75}$$

Chaffin (1966:29), Márquez (2007:130)

#### IV.4.5. Data antropométrica y potencia aeróbica (VO<sub>2</sub>Máx.) *Observada*

##### IV.4.5.1. Predicción de la capacidad aeróbica absoluta (CAA: kcal/min) empleando funciones de regresión

Heyward (2010:67) en su texto presenta la tabla 4.1, que corresponde a la Tabla IV.12 de esta tesis: Clasificación de la condición física cardiorespiratoria: VO<sub>2</sub> máx. (ml O<sub>2</sub>/kg-min). En esta tesis se reproduce la mencionada tabla con el permiso concedido por el Cooper Institute for Aerobics Research, Dallas, TX.

La justificación para presentar de Tabla IV.13, es que contiene data reciente para contrastar la condición física *cardiorespiratoria*, como alternativa a la data de la *American Heart Association* (1972) presentada por George *et al.* (2007:102) como su tabla 5.1, la cual está incluida en este trabajo como el Anexo E.

La Tabla IV.13 es de aplicación inmediata para calificar la capacidad aeróbica relativa (CAR ml O<sub>2</sub>/kg-min) de la población de mano de obra directa industrial venezolana.

**Tabla IV.13**

Clasificación de la condición física cardiorespiratoria: VO<sub>2</sub> máx. (ml O<sub>2</sub> / kg-min)

Edad (años)	Deficiente	Moderada	Buena	Excelente	Superior
<b>Mujer</b>					
20-29	≤35	36-39	40-43	44-49	50+
30-39	≤33	34-36	37-40	41-45	46+
40-49	≤31	32-34	35-38	39-44	45+
50-59	≤28	29-30	31-34	35-39	40+
60-69	≤25	26-28	29-31	32-36	37+
70-79	≤23	24-26	27-29	30-36	37+
<b>Hombre</b>					
20-29	≤41	42-45	46-50	51-55	56+
30-39	≤40	41-43	44-47	48-53	54+
40-49	≤37	38-41	42-45	46-52	53+
50-59	≤34	35-37	38-42	43-49	50+
60-69	≤30	31-34	35-38	39-45	46+
70-79	≤27	28-30	31-35	36-41	42+

Fuente: Physical Fitness Specialist Manual (2006) The Cooper Institute for Aerobics Research, Dallas, TX. Publicada en este trabajo con permiso del autor

La Tabla IV.14 (hombres) y la Tabla IV.15 (mujeres), corresponden a la Data antropométrica y potencia aeróbica ( $VO_2$  Máx.) *observada* en este trabajo, al emplear la Prueba del escalón *USDA Forest Service Step Test*.

La población muestral ( $n > 30$ ) se asume normal con varianza desconocida, a la que para hombres y mujeres por separado se les tomó inicialmente una submuestra al azar de dos sujetos por cada uno de los cuatro estratos etarios sumando  $n = 8$  (Anexo H: Datos crudos, resaltados en **amarillo**), con los siguientes resultados:

para los hombres: media = 40,66; desviación estándar = 4,51 y  
coeficiente de variación % = 11,09; el error % = 5,27

para las mujeres: media = 33,46; desviación estándar = 3,64 y  
coeficiente de variación % = 10,87; el error % = 5,6;

Para ambas al determinar el tamaño muestral se aplicó la fórmula indicada en la Norma técnica colombiana NTC 5654 (2008), para aplicaciones antropométricas, con los siguientes resultados: para los hombres  $n = 40$  y para las mujeres  $n = 33$ .

Es oportuno acotar que en el trabajo *The Canadian Home Fitness Test as a Predictor of Aerobic Capacity*, los autores Jetté *et al.* (1976) emplearon un tamaño muestral menor: 35 hombres y 24 mujeres.

**Tabla IV.14**

Data antropométrica y potencia aeróbica (VO<sub>2</sub>Máx.) *Observada*  
 40 venezolanos (Prueba del escalón *USDA Forest Service Step Test*)

<b>Sexo (S): HOMBRES</b>											
<b>RANGO</b>		<b>MC</b>	<b>T</b>	<b>IMC</b>	<b>PA</b>	<b>E</b>	<b>FCR<sub>15</sub></b>	<b>CAR</b>	<b>S</b>	<b>CAA</b>	<b>s</b>
Edad (años)	Nº de sujetos	Masa corporal (kg) Media	Talla (mm) Media	Índice masa corporal (kg/m <sup>2</sup> ) Media	Perímetro abdominal (mm) Media	Edad (años) Media	Frecuencia cardíaca en reposo o cuenta de 15s del pulso después del ejercicio (latidos) Media	Capacidad (potencia) aeróbica relativa VO <sub>2</sub> Máxima ml/kg min Media	Desviación estándar ml/kg min	Capacidad aeróbica absoluta VO <sub>2</sub> Máxima kcal/min Media	Desviación estándar kcal/min
<b>20-29</b>	10	76,8	1745	25,3	861	24,3	31,5	47,5	6,5	18,4	3,3
<b>30-39</b>	<b>10</b>	<b>89,1</b>	<b>1708</b>	<b>30,5</b>	<b>1049</b>	<b>35,0</b>	<b>36,6</b>	<b>39,5</b>	<b>6,1</b>	<b>17,5</b>	<b>3,1</b>
<b>40-49</b>	10	75,1	1702	25,5	875	44,8	35,8	37,4	4,7	12,7	1,9
<b>50-59</b>	10	84,5	1696	29,3	986	53,5	35,8	35,4	2,9	13,0	2,1
Nº sujetos		40									
<b>Media del grupo</b>		<b>81,3</b>	<b>1713</b>	<b>27,6</b>	<b>943</b>	<b>39,4</b>	<b>34,9</b>	<b>39,9</b>	<b>5,0</b>	<b>16,1</b>	<b>2,6</b>
Desviación típica		6,5	22,0	2,6	90,2	12,5	2,3	5,3	1,6	2,0	0,7
Mínimo		57,3	1621	19,5	700	22,0	26,0	32,1		10,6	
Máximo		107,5	1850	35,9	1200	58,0	40,0	56,6		23,9	

Fuente: Burgos y Escalona (2015a:6)

**Tabla IV.15**

Data antropométrica y potencia aeróbica ( $VO_2$ Máx.) *Observada*  
40 venezolanas (Prueba del escalón *USDA Forest Service Step Test*)

<b>Sexo (S): MUJERES</b>												
		<b>MC</b>	<b>T</b>	<b>IMC</b>	<b>PA</b>	<b>E</b>	<b>FCR<sub>15</sub></b>	<b>CAR</b>	<b>S</b>	<b>CAA</b>	<b>s</b>	
<b>RANGO</b>	Edad (años)	Nº de sujetos	Masa corporal (kg) Media	Talla (mm) Media	Índice masa corporal ( $kg/m^2$ ) Media	Perímetro abdominal (mm) Media	Edad (años) Media	Frecuencia cardíaca en reposo o cuenta de 15s del pulso después del ejercicio (latidos) Media	Capacidad (potencia) aeróbica relativa $VO_2$ Máxima ml/kg min Media	Desviación estándar ml/kg min	Capacidad aeróbica absoluta $VO_2$ Máxima kcal/min Media	Desviación estándar kcal/min
<b>20-29</b>	<b>10</b>	<b>63,5</b>	<b>1582</b>	<b>24,4</b>	<b>773</b>	<b>22,7</b>	<b>34,0</b>	<b>39,0</b>	<b>4,1</b>	<b>12,3</b>	<b>2,1</b>	
<b>30-39</b>	<b>10</b>	<b>63,5</b>	<b>1589</b>	<b>25,1</b>	<b>777</b>	<b>34,2</b>	<b>40,0</b>	<b>32,1</b>	<b>2,0</b>	<b>10,1</b>	<b>1,5</b>	
<b>40-49</b>	09	65,8	1585	25,9	823	43,1	36,2	34,6	1,9	11,3	2,3	
<b>50-59</b>	4	79,7	1680	28,2	968	57,5	39,2	28,7	0,8	11,5	1,0	
Nº sujetos		33										
<b>Media del grupo</b>		<b>68,1</b>	<b>1609</b>	<b>25,9</b>	<b>835</b>	<b>39,4</b>	<b>37,3</b>	<b>33,6</b>	<b>2,2</b>	<b>11,3</b>	<b>1,7</b>	
Desviación típica		7,7	47,4	1,6	91,3	14,6	2,7	4,3	1,3	0,9	0,5	
Mínimo		43,0	1510	20,6	480	20	29,0	27,5		7,4		
Máximo		86,0	1710	34,4	1150	58	43,0	45,0		18,0		

Fuente: Burgos y Escalona (2015a:7)

Al comparar la Tabla IV.7 con la Tabla IV.14 y la Tabla IV.15, se aprecia que para la mujer de 30-39 años de la PMODIV con un valor medio de 32,1 ml O<sub>2</sub>/kg-min clasifica como “deficiente”; para el hombre de 30-39 años de la PMODIV con un valor medio de 39,5 ml O<sub>2</sub>/kg-min clasifica como “deficiente”.

En términos generales en la Tabla IV.14 y en la Tabla IV.15 se observa que para hombres y mujeres en la capacidad aeróbica decrece con la edad, pero para las mujeres en la Tabla IV.15 en el estrato entre 40-49 años su capacidad aeróbica es mayor que lo que pudiera esperarse, apartándose de la tendencia general. Es importante acotar que el autor Jetté *et al.* (1976:681) reporta el mismo fenómeno para la mujer canadiense, pero para las edades entre 30-39 años.

#### **IV.4.6. Determinar la correlación entre las capacidades aeróbicas (CAR y CAA) y algunas variables antropométricas**

Para modelar las funciones de regresión predictoras de la CAR y la CAA, se tomaron en cuenta únicamente aquellas variables antropométricas fáciles de medir según Burgos y Escalona (2016b:156); se emplearon las siguientes herramientas: el calculador de R<sup>2</sup> (*Coefficient of Determination Calculator* (s.f.), el *Regression Calculator: Linear, Exponential, Power, Logarithmic* (s.f.) y/o el *Correlation Test Online Calculator* (s.f.).

Entre los **ocho casos** siguientes, es importante señalar que se resalta en **negritas** aquellos que presentan un coeficiente de correlación (**r**) de interés práctico, de acuerdo al criterio impuesto en el Anexo I, para funciones bivariantes y multivariantes, tomando como base la clasificación de Rojo (2007:16) para el coeficiente de determinación ( $R^2$ ): menor de 0,3 es malo, de 0,4 a 0,5 regular o moderado, de 0,5 a 0,85 bueno, mucho mayor de 0,85 pudiera ser sospechoso.

Se usaron las siguientes herramientas: para graficar con el Shodor Scatter Plot (s.f.) y para hallar la función de regresión con el Mathcracker (s.f.), se obtuvieron los siguientes resultados a partir de la Figura IV.3 a la Figura IV.18, en las que las respectivas curvas se graficaron empleando *coordenadas cartesianas corrientes*; en algunos casos la curvatura es tan suave que podrían a simple inspección ocular dar la impresión de que se trata de líneas rectas.

Sea el caso de la Figura IV.3 en la cual en el eje de las abscisas se representa la edad (E: años) y el eje de las ordenadas representa la capacidad aeróbica absoluta (CCA: kcal/min), note que la curva es tan suave que erróneamente podría interpretarse como si se tratase de una línea recta.

Para comprobar si se trata de una data que sigue una regresión logarítmica se procede así: se obtiene el logaritmo natural de los valores de las  $x$ , seguidamente se grafica nuevamente en coordenadas cartesianas corrientes pero, empleando ahora

los valores **lnx versus y**, siendo que el resultado es una línea recta se puede concluir que se trata de una data que sigue una *función de regresión logarítmica*. La data de la Figura IV.3 se comporta de la misma manera, por lo tanto se trata también de una data que sigue una función de regresión logarítmica. La data que sigue *función de potencia* genera una línea recta al graficar en coordenadas cartesianas corrientes **lnx versus lny**.

La data que sigue *función exponencial* genera una línea recta al graficar en coordenadas cartesianas corrientes **x versus lny**. Existe la posibilidad que diferentes funciones de regresión puedan realizar un buen ajuste de la data, en esos casos se elige aquella función que muestre el mejor coeficiente de determinación ( $r^2$ ).

**Caso 1:** (Figura IV.3 y Figura IV.4)

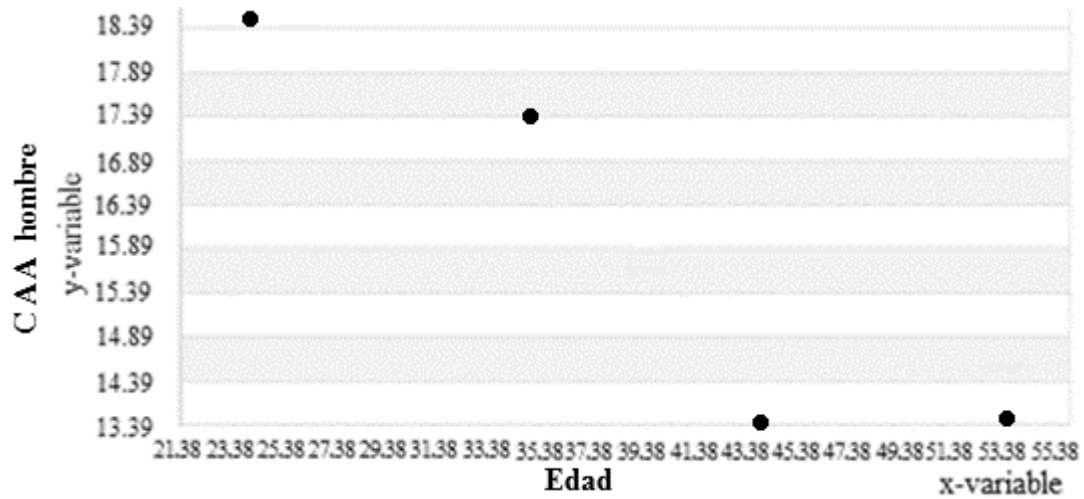
Estudia y grafica la edad ( $E$ )<sub>Hombre</sub> vs capacidad aeróbica absoluta ( $CAA$ )<sub>Hombre</sub>, lo que permite generar la ecuación, y la función de regresión con sus coeficientes de regresión y determinación, siendo una **función lineal**. (Figura IV.3):

$$y = A + Bx:$$

$$y = 23,93 - 0,2166 x \quad (8)$$

$$r = -0,9181, r^2 = 0,842$$

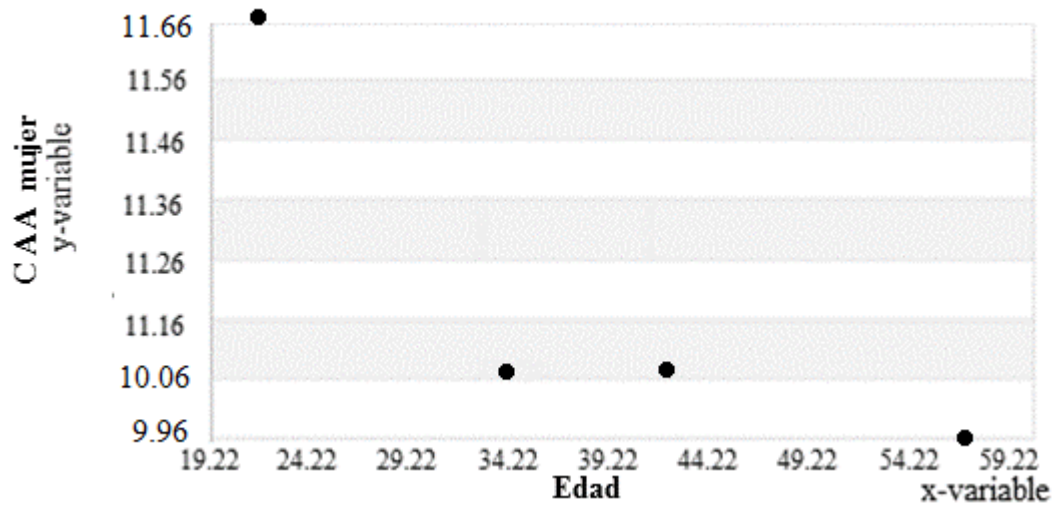




**Figura IV.3**  
*Caso 1:* Edad vs capacidad aeróbica absoluta (hombre)

De igual manera se procede con la edad  $(E)_{\text{Mujer}}$  vs capacidad aeróbica absoluta  $(CAA)_{\text{Mujer}}$ , lo que permite generar la ecuación, y la función de regresión con sus coeficientes de regresión y determinación, siendo una **función de potencia**:

$$\begin{aligned}
 y &= A x^B : \\
 y &= 26,7451 x^{-0,2564} \\
 r &= -0,9509, r^2 = 0,904
 \end{aligned}
 \tag{9}$$



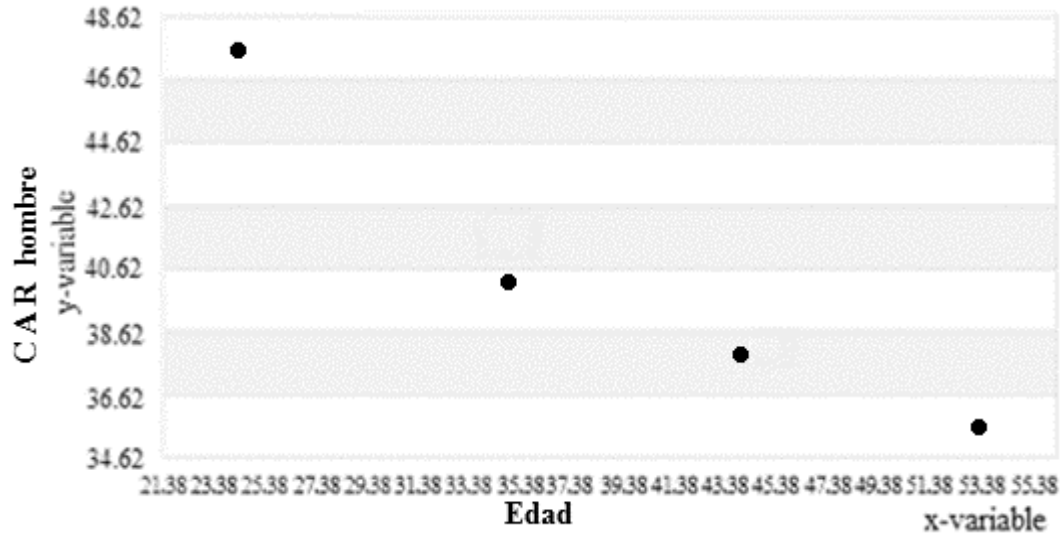
**Figura IV.4**  
*Caso 1:* Edad vs capacidad aeróbica absoluta (mujer)

Se procedió igualmente en los subsiguientes casos:

**Caso 2:** (Figura IV.5 y Figura IV.6)

- Edad ( $E$ )<sub>Hombre</sub> vs capacidad aeróbica relativa ( $CAR$ )<sub>Hombre</sub>: **función de potencia**. (Figura IV.5).

$$\begin{aligned}
 y &= A x^B \\
 y &= 150,7527 x^{-0,3674} \\
 r &= -0,9837, r^2 = 0,967
 \end{aligned}
 \tag{10}$$

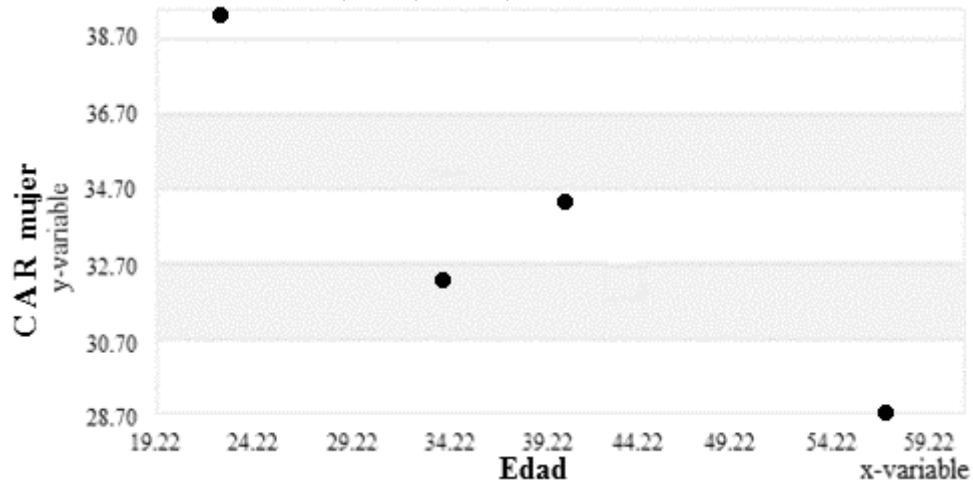


**Figura IV.5**

Caso 2: Edad vs capacidad aeróbica relativa (hombre)

- Edad<sub>M</sub> vs CAR<sub>M</sub>: **función logarítmica** (Figura IV.6)

$$\begin{aligned}
 y &= A + B(\ln x) \\
 y &= 69,0254 - 9,7929(\ln x) \\
 r &= -0,8865, r^2 = 0,785
 \end{aligned}
 \tag{11}$$



**Figura IV.6**

Caso 2: Edad vs capacidad aeróbica relativa (mujer)

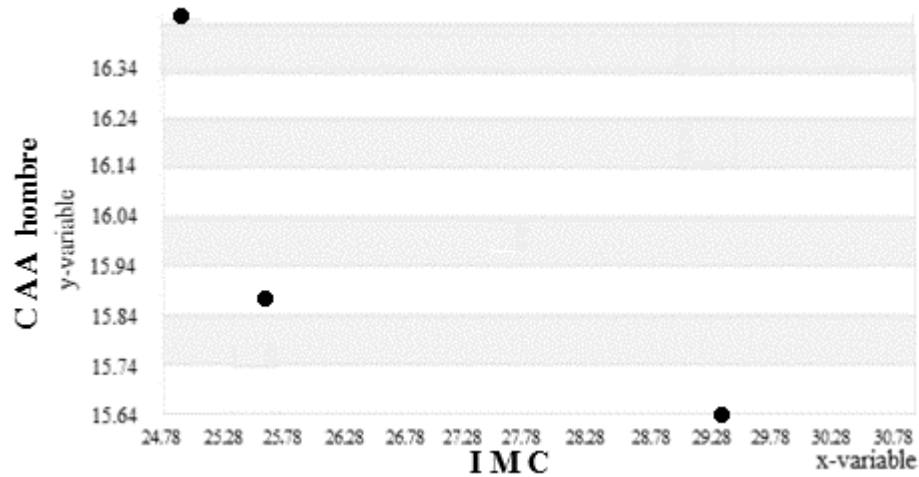
**Caso 3:** (Figura IV.7 y Figura IV.8)

- Índice masa corporal (IMC)<sub>Hombre</sub> vs capacidad aeróbica absoluta (CAA)<sub>Hombre</sub>: **función logarítmica**<sup>6</sup>. (Figura IV.7).

$$y = A + B(\ln x)$$

$$y = 78,5639 - 19.4567 (\ln x) \quad (12)$$

$$r = -0,5008, r^2 = 0,250$$



**Figura IV.7**

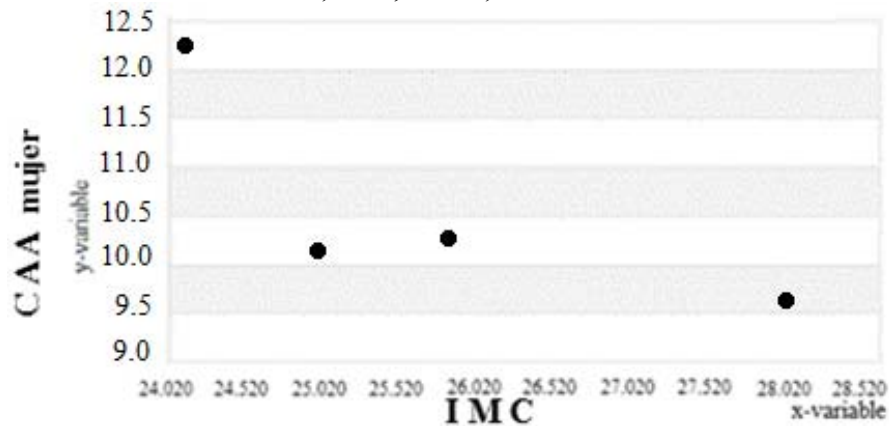
Caso 3: Índice de masa corporal vs capacidad aeróbica absoluta (hombre)

- IMC<sub>M</sub> vs CAA<sub>M</sub>: **función de potencia** (Figura IV.8).

$$y = A x^B$$

$$y = 838,9789 x^{-1,3483} \quad (13)$$

$$r = -0,7619, r^2 = 0,580$$



**Figura IV.8**

Caso 3: Índice de masa corporal vs capacidad aeróbica absoluta (mujer)

<sup>6</sup> La capacidad aeróbica absoluta (CAA: kcal/min) se calcula a partir de la capacidad aeróbica relativa: (CAR: ml O<sub>2</sub>/kg-min) x factor corrección edad (FCE) x **masa corporal (MC: kg)** x 1litro/1000ml x 5 Kcal/litro O<sub>2</sub>. George *et al.* (2007:105-106), ver Anexo E. Generalmente los sujetos con un índice de masa corporal (IMC) con sobrepeso registran un CAA proporcionalmente decreciente (Figura. IV.7 y Figura IV.8).

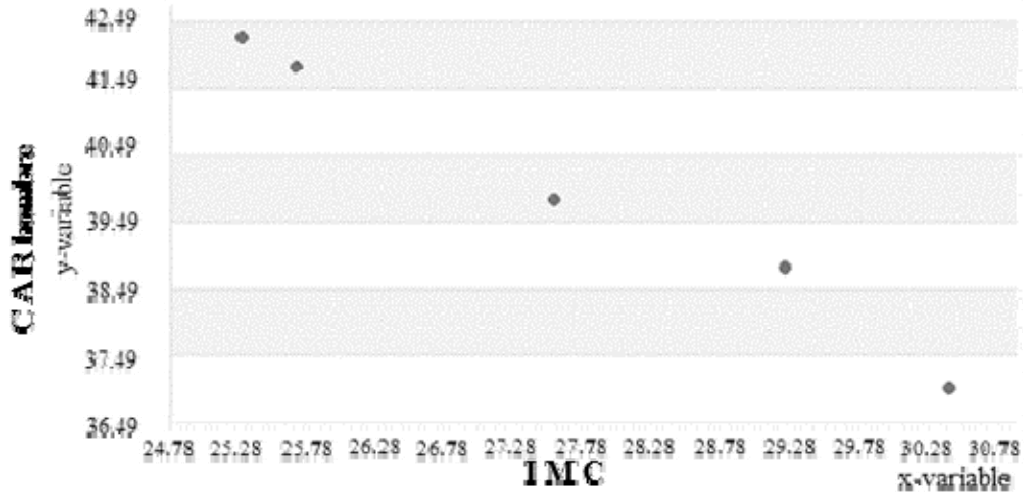
**Caso 4:** (Figura IV.9 y Figura IV.10)

- Índice masa corporal (IMC)<sub>Hombre</sub> vs capacidad aeróbica relativa (CAR)<sub>Hombre</sub>: **función logarítmica.** (Figura IV.9).

$$y = A + B(\ln x)$$

$$y = 133,466 - 28,2(\ln x) \tag{14}$$

$$r = -0,5078, r^2 = 0,2579$$



**Figura IV.9**

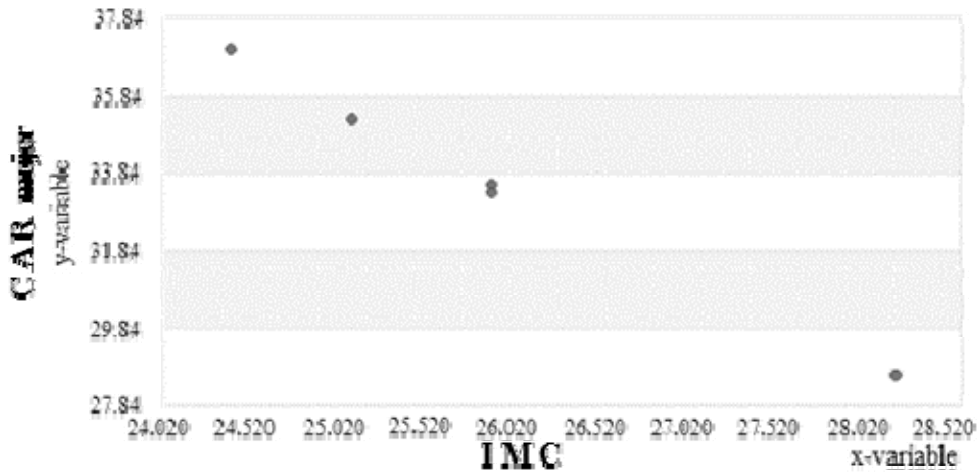
Caso 4. Índice de masa corporal vs capacidad aeróbica relativa (hombre)

- IMC<sub>M</sub> vs CAR<sub>M</sub>: **función de potencia.** (Figura IV.10).

$$y = Ax^B$$

$$y = 10768,9983(x)^{-1,7758} \tag{15}$$

$$r = -0,863, r^2 = 0,744$$



**Figura IV.10**

Caso 4. Índice de masa corporal vs capacidad aeróbica relativa (mujer)

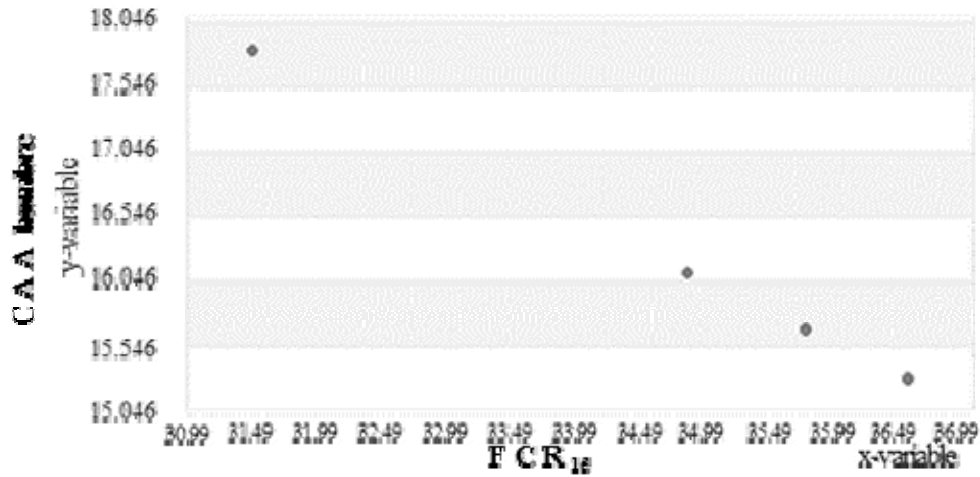
**Caso 5:** (Figura IV.11 y Figura IV.12)

- Frecuencia cardiaca reposo (FCR<sub>15</sub>)<sub>Hombre</sub> vs capacidad aeróbica absoluta (CAA)<sub>Hombre</sub>: **función logarítmica**. (Figura IV.11).

$$y = A + B(\ln x)$$

$$y = 81,3353 - 18,3540 (\ln x) \tag{16}$$

$$r = -0,5823; r^2 = 0,339$$



**Figura IV.11**

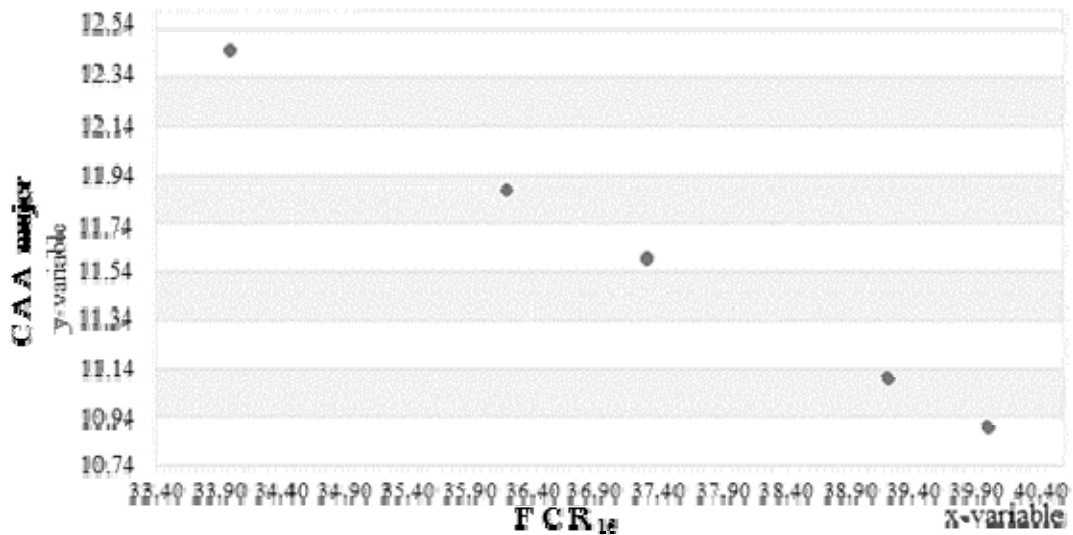
Caso 5. Frecuencia cardiaca reposo vs capacidad aeróbica absoluta (hombre)

- FRC<sub>15M</sub> vs CAA<sub>M</sub>: **función lineal**. (Figura IV.12).

$$y = A + Bx$$

$$y = 21,3041 - 0,2679x \tag{17}$$

$$r = -0,8158; r^2 = 0,6655$$



**Figura IV.12**

Caso 5. Frecuencia cardiaca reposo vs capacidad aeróbica absoluta (mujer)

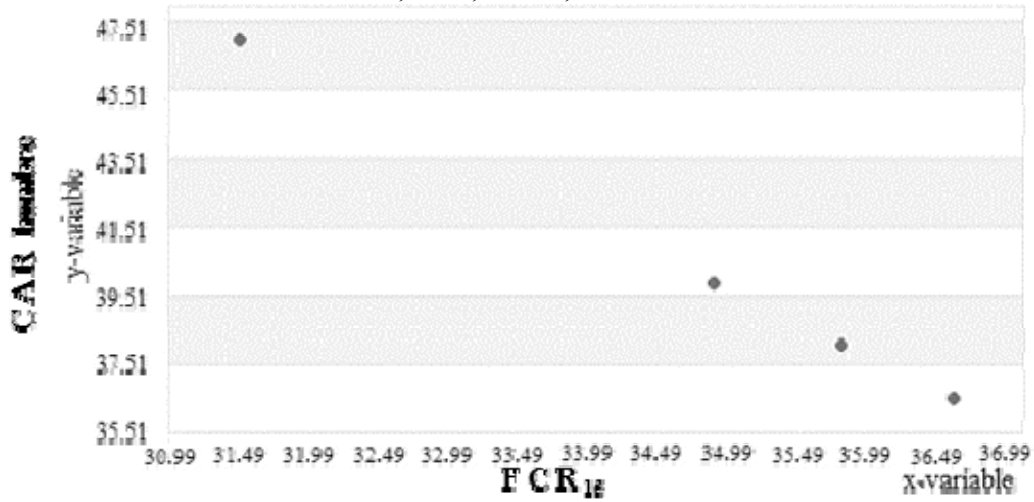
**Caso 6:** (Figura IV.13 y Figura IV.14)

- Frecuencia cardiaca reposo (FCR<sub>15</sub>)<sub>Hombre</sub> vs capacidad aeróbica relativa (CAR)<sub>Hombre</sub>: **función logarítmica**. (Figura IV.13).

$$y = A + B(\ln x)$$

$$y = 286,4819 - 69,4155 (\ln x) \tag{18}$$

$$r = -0,8959; r^2 = 0,8026$$



**Figura IV.13**

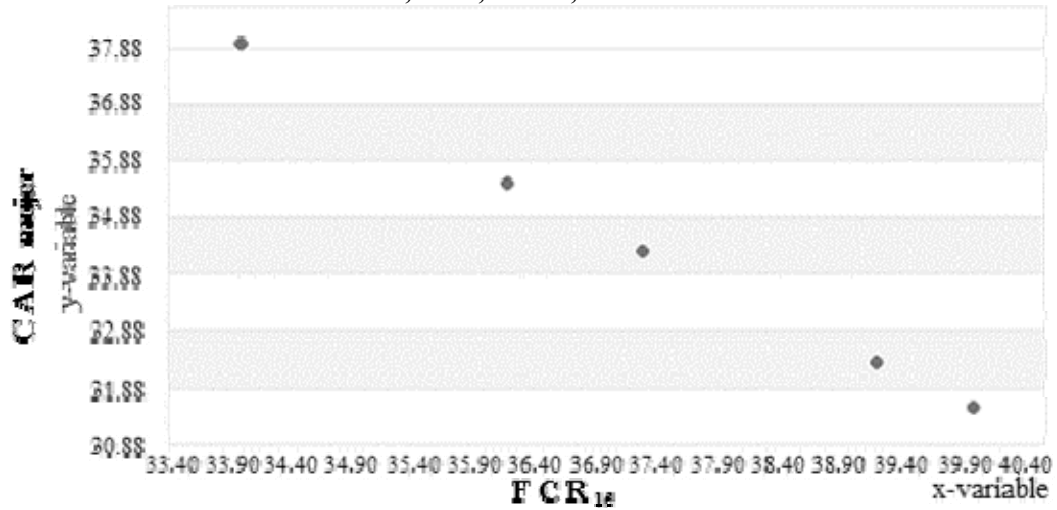
Caso 6. Frecuencia cardiaca reposo vs capacidad aeróbica relativa (hombre)

- FCR<sub>15M</sub> vs CAR<sub>M</sub>: **función logarítmica**. (Figura IV.14).

$$y = A - B(\ln x)$$

$$y = 177,6172 - 39,6356 (\ln x) \tag{19}$$

$$r = -0,6957; r^2 = 0,4839$$



**Figura IV.14**

Caso 6. Frecuencia cardiaca reposo vs capacidad aeróbica relativa (mujer)

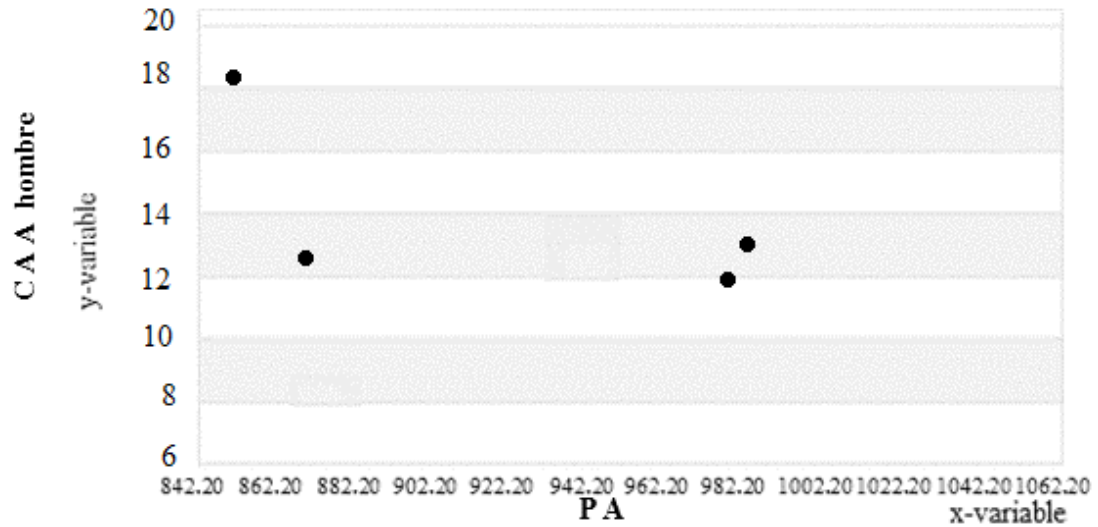
**Caso 7:** (Figura IV.15 y Figura IV.16)

- Perímetro abdominal (PA)<sub>Hombre</sub> vs capacidad aeróbica absoluta (CAA)<sub>Hombre</sub>: **función de potencia.** (Figura IV.15).

$$y = A x^B$$

$$y = 2137394,3204 x^{-1,7495} \quad (20)$$

$$r = -0,6696; r^2 = 0,448$$



**Figura IV.15**

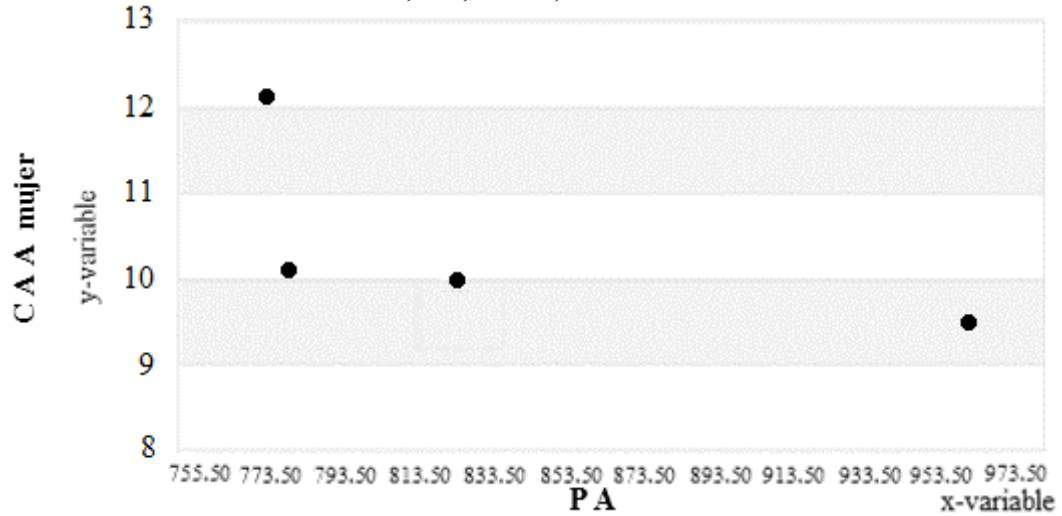
*Caso 7.* Perímetro abdominal vs capacidad aeróbica absoluta (hombre)

- PA<sub>M</sub> vs CAA<sub>M</sub>: **función de potencia.** (Figura IV.16).

$$y = A x^B$$

$$y = 977.4765 x^{-0,6739} \quad (21)$$

$$r = -0,656; r^2 = 0,430$$



**Figura IV.16**

*Caso 7.* Perímetro abdominal vs capacidad aeróbica absoluta (mujer)

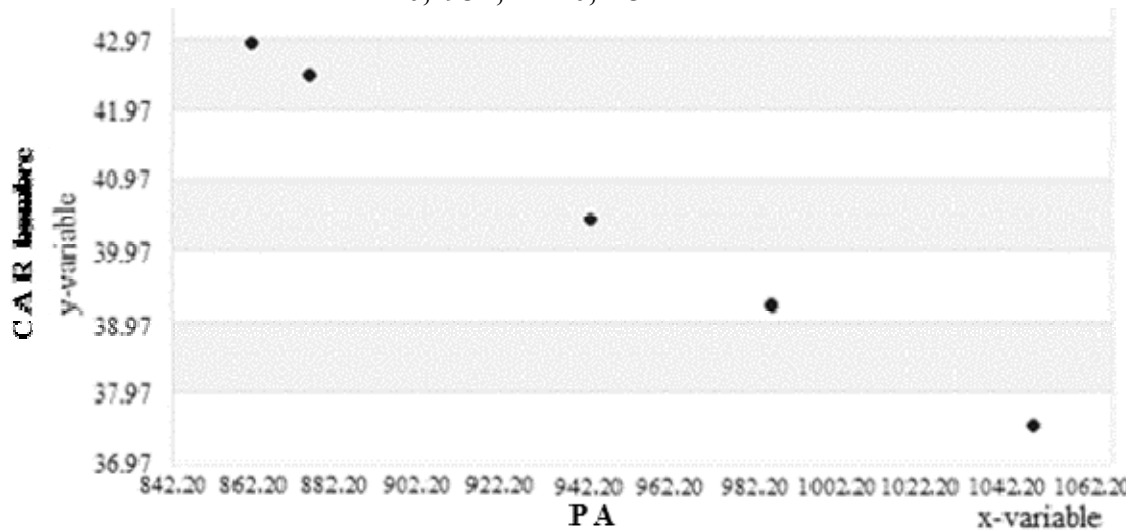
**Caso 8:** (Figura IV.17 y Figura IV.18)

- Perímetro abdominal (PA)<sub>Hombre</sub> vs capacidad aeróbica relativa (CAR)<sub>Hombre</sub>: **función logarítmica.** (Figura IV.17)

$$y = A + B(\ln x)$$

$$y = 228,1525 - 27,4918(\ln x) \tag{22}$$

$$r = -0,4932; r^2 = 0,2432$$



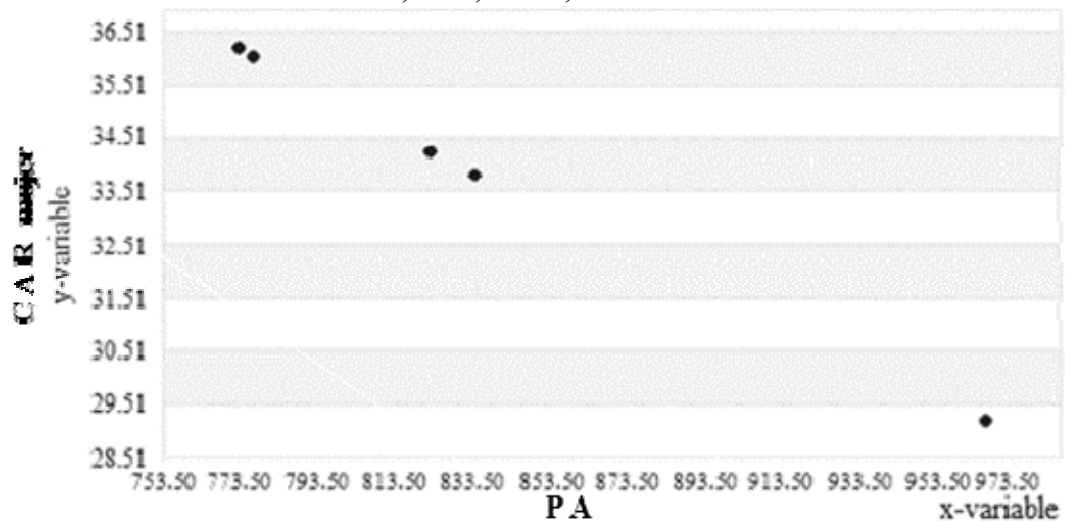
**Figura IV.17**  
Caso 8. Perímetro abdominal vs capacidad aeróbica relativa (hombre)

- PA<sub>M</sub> vs CAR<sub>M</sub>: **función exponencial.** (Figura IV.18)

$$y = AB^x$$

$$y = 84,792(0,9989)^x \tag{23}$$

$$r = -0,7874; r^2 = 0,6199$$



**Figura IV.18**  
Caso 8. Perímetro abdominal vs capacidad aeróbica relativa (mujer)



Es importante hacer notar que el Caso 1 y el Caso 2 indican que la capacidad aeróbica relativa (**CAR**: ml O<sub>2</sub>/kg-min) y la capacidad aeróbica absoluta (**CAA**: kcal/min) disminuyen con la edad.

En relación a lo anterior Sharkey & Davis (2008:79) acotan que: “aquellas personas que incrementan su nivel de actividad física y lo mantienen, pueden disminuir la tasa de declinación de la capacidad aeróbica hasta las décadas de los 60 ó 70 años”.

Generalizando, en base a los ocho casos estudiados sobre la relación entre capacidad aeróbica (CAA y CAR) y algunas variables antropométricas, se los agrupa en la Tabla IV.16.

**Tabla IV.16**  
Correlaciones entre capacidad aeróbica y las variables independientes

Capacidad aeróbica (Variable dependiente)	Variables independientes para ambos sexos			
	E	PA	IMC	FCR <sub>15</sub>
CAR (ml O <sub>2</sub> /kg-min)	(-)	(-)	(-)	(-)
CAA (kcal/min)	(-)	(-)	(-)	(-)

Fuente: Burgos y Escalona (2016b:154).

En esta tabla se comparan variables independientes vs variables dependientes; se observa que la capacidad aeróbica relativa y la capacidad aeróbica absoluta disminuyen respecto a la edad, el perímetro abdominal, el índice de masa corporal y frecuencia cardíaca en reposo o cuenta de 15s del pulso después del ejercicio, se evidencia el efecto negativo del sobre peso y la edad.

**IV.5. Elaborar una base de datos antropométricos y capacidad aeróbica relativa: veintidós (22) antropométricas y una (1) fisiológica de la población de mano de obra directa industrial venezolana, estratificada por edad y sexo, hombres y mujeres por separado**

Se empleó el “*software*” Excel para calcular los estadísticos y generar la Tabla IV.17, Datos antropométricos y capacidad aeróbica relativa (CAR) de la población de la mano de obra directa industrial venezolana, mujeres y hombres por separado, que en su conjunto corresponden a la primera publicación en el país.

A partir de la **Tabla IV.3**: Distribución de la muestra de la población de mano de obra directa industrial venezolana *por sexo y edad*, empleando muestras de 124 hombres y 61 mujeres, se confecciona la Tabla IV.17. La data generada presentada satisface el objetivo 5, y son mediciones útiles para diseñar bajo cánones ergonómicos.

**Tabla IV.17**

Datos antropométricos y capacidad aeróbica relativa (CAR) de la población de la mano de obra directa industrial venezolana, mujeres y hombres por separado

• 1. Estatura (altura del cuerpo)(mm)		Ref. ISO 7250:1996		4.1.2	
<b>Mujeres. Datos estadísticos de la muestra</b>					
<b>Media</b>	1590,97	<b>Error típico</b>	7,64	<b>Mediana</b>	1595
<b>Moda</b>	1572	<b>Desv. típica</b>	59,64	<b>Varianza</b>	3557,47
<b>Mínimo</b>	1481	<b>Máximo</b>	1725	<b>n</b>	61
<b>Percentil</b>	<b>Valor</b>	<b>Percentil</b>	<b>Valor</b>	<b>Percentil</b>	<b>Valor</b>
<b>5,00</b>	1506,00	<b>50,00</b>	1595,00	<b>95,00</b>	1685,00
<b>Hombres. Datos estadísticos de la muestra</b>					
<b>Media</b>	1708,71	<b>Error típico</b>	5,77	<b>Mediana</b>	1715
<b>Moda</b>	1715	<b>Desv. típica</b>	64,56	<b>Varianza</b>	4168,09
<b>Mínimo</b>	1545	<b>Máximo</b>	1855	<b>n</b>	125
<b>Percentil</b>	<b>Valor</b>	<b>Percentil</b>	<b>Valor</b>	<b>Percentil</b>	<b>Valor</b>
<b>5,00</b>	1590,80	<b>50,00</b>	1715,00	<b>95,00</b>	1803,60

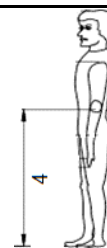


Código 1

Tabla IV.17

Datos antropométricos y capacidad aeróbica relativa (CAR) de la población de la mano de obra directa industrial venezolana, mujeres y hombres por separado (Continuación)

• 2. Altura del codo (mm)						Ref. ISO 7250:1996	4.1.5
<b>Mujeres. Datos estadísticos de la muestra</b>							
Media	996,00	Error típico	5,60	Mediana	999		
Moda	965	Desv. típica	43,71	Varianza	1910,63		
Mínimo	913	Máximo	1090	<i>n</i>	61		
Percentil	Valor	Percentil	Valor	Percentil	Valor		
5,00	930,00	50,00	999,00	95,00	1062,00		
<b>Hombres. Datos estadísticos de la muestra</b>							
Media	1054,50	Error típico	4,17	Mediana	1060		
Moda	1090	Desv. típica	46,59	Varianza	2170,36		
Mínimo	937	Máximo	1164	<i>n</i>	125		
Percentil	Valor	Percentil	Valor	Percentil	Valor		
5,00	976,40	50,00	1060,00	95,00	1117,40		



Código 4

• 3. Perímetro de cintura (mm)						Ref. ISO 7250:1996	4.4.10 *
<b>Mujeres. Datos estadísticos de la muestra</b>							
Media	835,64	Error típico	12,88	Mediana	845		
Moda	1090	Desv. típica	46,59	Varianza	2170,36		
Mínimo	620	Máximo	1143	<i>n</i>	61		
Percentil	Valor	Percentil	Valor	Percentil	Valor		
5,00	657,00	50,00	845,00	95,00	985,00		
<b>Hombres. Datos estadísticos de la muestra</b>							
Media	876,19	Error típico	9,31	Mediana	872		
Moda	935	Desv. típica	104,08	Varianza	10832,74		
Mínimo	679	Máximo	1200	<i>n</i>	125		
Percentil	Valor	Percentil	Valor	Percentil	Valor		
5,00	726,20	50,00	872,00	95,00	1071,60		



Código 39

(\*) La Norma ISO 7250:1996 indica "el sujeto sentado"

• 4. Altura, sentado (espalda recta) (mm)						Ref. ISO 7250:1996	4.2.1
<b>Mujeres. Datos estadísticos de la muestra</b>							
Media	829,44	Error típico	4,39	Mediana	837		
Moda	802	Desv. típica	34,30	Varianza	1176,78		
Mínimo	737	Máximo	888	<i>n</i>	61		
Percentil	Valor	Percentil	Valor	Percentil	Valor		
5,00	769,00	50,00	837,00	95,00	875,00		
<b>Hombres. Datos estadísticos de la muestra</b>							
Media	862,46	Error típico	4,46	Mediana	865		
Moda	850	Desv. típica	49,83	Varianza	2482,65		
Mínimo	675	Máximo	949	<i>n</i>	125		
Percentil	Valor	Percentil	Valor	Percentil	Valor		
5,00	791,80	50,00	865,00	95,00	929,00		



Código 8

**Tabla IV.17**

Datos antropométricos y capacidad aeróbica relativa (CAR) de la población de la mano de obra directa industrial venezolana, mujeres y hombres por separado (Continuación)

• 5. Altura de ojos, sentado						Ref. ISO 7250:1996	4.2.2
<b>Mujeres. Datos estadísticos de la muestra</b>							
Media	709,11	Error típico	4,66	Mediana	707		
Moda	700	Desv. típica	36,37	Varianza	1322,74		
Mínimo	607	Máximo	775	<i>n</i>	61		
<b>Percentil</b>	<b>Valor</b>	<b>Percentil</b>	<b>Valor</b>	<b>Percentil</b>	<b>Valor</b>		
5,00	651,00	50,00	707,00	95,00	758,00		
<b>Hombres. Datos estadísticos de la muestra</b>							
Media	745,55	Error típico	3,72	Mediana	745		
Moda	745	Desv. típica	41,59	Varianza	1729,60		
Mínimo	655	Máximo	872	<i>n</i>	125		
<b>Percentil</b>	<b>Valor</b>	<b>Percentil</b>	<b>Valor</b>	<b>Percentil</b>	<b>Valor</b>		
5,00	681,00	50,00	745,00	95,00	809,00		



Código 9

• 6. Altura de hombros, sentado						Ref. ISO 7250:1996	4.2.4
<b>Mujeres. Datos estadísticos de la muestra</b>							
Media	567,21	Error típico	3,58	Mediana	572		
Moda	575	Desv. típica	27,93	Varianza	780,07		
Mínimo	510	Máximo	612	<i>n</i>	61		
<b>Percentil</b>	<b>Valor</b>	<b>Percentil</b>	<b>Valor</b>	<b>Percentil</b>	<b>Valor</b>		
5,00	518,00	50,00	572,00	95,00	604,00		
<b>Hombres. Datos estadísticos de la muestra</b>							
Media	596,28	Error típico	3,11	Mediana	596		
Moda	590	Desv. típica	34,74	Varianza	1207,03		
Mínimo	500	Máximo	705	<i>n</i>	125		
<b>Percentil</b>	<b>Valor</b>	<b>Percentil</b>	<b>Valor</b>	<b>Percentil</b>	<b>Valor</b>		
5,00	542,00	50,00	596,00	95,00	651,60		



Código 10

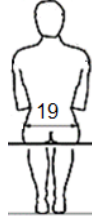
• 7. Anchura de hombros (biacromial)						Ref. ISO 7250:1996	4.2.8
<b>Mujeres. Datos estadísticos de la muestra</b>							
Media	318,02	Error típico	2,87	Mediana	318		
Moda	315	Desv. típica	22,42	Varianza	502,65		
Mínimo	267	Máximo	366	<i>n</i>	61		
<b>Percentil</b>	<b>Valor</b>	<b>Percentil</b>	<b>Valor</b>	<b>Percentil</b>	<b>Valor</b>		
5,00	284,00	50,00	318,00	95,00	353,00		
<b>Hombres. Datos estadísticos de la muestra</b>							
Media	344,78	Error típico	1,90	Mediana	346		
Moda	334	Desv. típica	21,19	Varianza	449,05		
Mínimo	280	Máximo	393	<i>n</i>	125		
<b>Percentil</b>	<b>Valor</b>	<b>Percentil</b>	<b>Valor</b>	<b>Percentil</b>	<b>Valor</b>		
5,00	310,20	50,00	346,00	95,00	380,80		

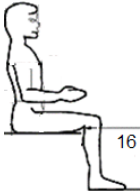



Código 18

**Tabla IV.17**

Datos antropométricos y capacidad aeróbica relativa (CAR) de la población de la mano de obra directa industrial venezolana, mujeres y hombres por separado (Continuación)

• 8. Anchura de caderas, sentado						Ref. ISO 7250:1996 4.2.11
<b>Mujeres. Datos estadísticos de la muestra</b>						 <p>Código 19</p>
Media	577,82	Error típico	6,29	Mediana	574	
Moda	502	Desv. típica	49,14	Varianza	2415,08	
Mínimo	499	Máximo	727	<i>n</i>	61	
<b>Percentil</b>	<b>Valor</b>	<b>Percentil</b>	<b>Valor</b>	<b>Percentil</b>	<b>Valor</b>	
5,00	502,00	50,00	574,00	95,00	663,00	
<b>Hombres. Datos estadísticos de la muestra</b>						
Media	545,42	Error típico	3,96	Mediana	539	
Moda	530	Desv. típica	44,25	Varianza	1958,13	
Mínimo	467	Máximo	677	<i>n</i>	125	
<b>Percentil</b>	<b>Valor</b>	<b>Percentil</b>	<b>Valor</b>	<b>Percentil</b>	<b>Valor</b>	
5,00	479,20	50,00	539,00	95,00	625,00	

• 9. Longitud de la pierna(altura del poplíteo):						Ref. ISO 7250:1996 4.2.12
<b>Mujeres. Datos estadísticos de la muestra</b>						 <p>Código 16</p>
Media	414,87	Error típico	2,31	Mediana	415	
Moda	415	Desv. típica	18,02	Varianza	324,62	
Mínimo	357	Máximo	451	<i>n</i>	61	
<b>Percentil</b>	<b>Valor</b>	<b>Percentil</b>	<b>Valor</b>	<b>Percentil</b>	<b>Valor</b>	
5,00	391,00	50,00	415,00	95,00	446,00	
<b>Hombres. Datos estadísticos de la muestra</b>						
Media	450,14	Error típico	5,32	Mediana	446	
Moda	450	Desv. típica	59,48	Varianza	3537,69	
Mínimo	314	Máximo	549	<i>n</i>	125	
<b>Percentil</b>	<b>Valor</b>	<b>Percentil</b>	<b>Valor</b>	<b>Percentil</b>	<b>Valor</b>	
5,00	416,20	50,00	446,00	95,00	476,80	

• 10. Altura del muslo, sentado						Ref. ISO 7250:1996 s/n
<b>Mujeres. Datos estadísticos de la muestra</b>						 <p>Código 15</p>
Media	566,00	Error típico	4,27	Mediana	567	
Moda	570	Desv. típica	33,38	Varianza	1114,40	
Mínimo	459	Máximo	667	<i>n</i>	61	
<b>Percentil</b>	<b>Valor</b>	<b>Percentil</b>	<b>Valor</b>	<b>Percentil</b>	<b>Valor</b>	
5,00	521,00	50,00	567,00	95,00	617,00	
<b>Hombres. Datos estadísticos de la muestra</b>						
Media	570,70	Error típico	2,06	Mediana	570	
Moda	570	Desv. típica	23,03	Varianza	530,57	
Mínimo	530,57	Máximo	633	<i>n</i>	125	
<b>Percentil</b>	<b>Valor</b>	<b>Percentil</b>	<b>Valor</b>	<b>Percentil</b>	<b>Valor</b>	
5,00	540,00	50,00	570,00	95,00	608,20	

**Tabla IV.17**

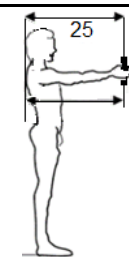
Datos antropométricos y capacidad aeróbica relativa (CAR) de la población de la mano de obra directa industrial venezolana, mujeres y hombres por separado (Continuación)

• 11. Espesor abdominal, sentado						Ref. ISO 7250:1996 4.2.15
<b>Mujeres. Datos estadísticos de la muestra</b>						
Media	235,69	Error típico	5,00	Mediana	238	
Moda	253	Desv. típica	39,07	Varianza	1526,32	
Mínimo	148	Máximo	325	<i>n</i>	61	
<b>Percentil</b>	<b>Valor</b>	<b>Percentil</b>	<b>Valor</b>	<b>Percentil</b>	<b>Valor</b>	
5,00	171,00	50,00	238,00	95,00	302,00	
<b>Hombres. Datos estadísticos de la muestra</b>						
Media	243,08	Error típico	3,11	Mediana	243	
Moda	250	Desv. típica	34,73	Varianza	1206,30	
Mínimo	176	Máximo	327	<i>n</i>	125	
<b>Percentil</b>	<b>Valor</b>	<b>Percentil</b>	<b>Valor</b>	<b>Percentil</b>	<b>Valor</b>	
5,00	190,20	50,00	243,00	95,00	302,80	



Código 21

• 12. Alcance máximo horizontal agarre (puño cerrado)						Ref. ISO 7250:1996 4.4.2
<b>Mujeres. Datos estadísticos de la muestra</b>						
Media	664,16	Error típico	4,77	Mediana	668	
Moda	635	Desv. típica	37,27	Varianza	1389,17	
Mínimo	549	Máximo	753	<i>n</i>	61	
<b>Percentil</b>	<b>Valor</b>	<b>Percentil</b>	<b>Valor</b>	<b>Percentil</b>	<b>Valor</b>	
5,00	604,00	50,00	668,00	95,00	723,00	
<b>Hombres. Datos estadísticos de la muestra</b>						
Media	729,02	Error típico	3,54	Mediana	725	
Moda	757	Desv. típica	39,56	Varianza	1565,02	
Mínimo	638	Máximo	873	<i>n</i>	125	
<b>Percentil</b>	<b>Valor</b>	<b>Percentil</b>	<b>Valor</b>	<b>Percentil</b>	<b>Valor</b>	
5,00	661,60	50,00	725,00	95,00	789,80	



Código 25

• 13. Longitud rodilla-trasero						Ref. ISO 7250:1996 4.4.7
<b>Mujeres. Datos estadísticos de la muestra</b>						
Media	561,66	Error típico	5,18	Mediana	558	
Moda	555	Desv. típica	40,42	Varianza	1634,10	
Mínimo	454	Máximo	694	<i>n</i>	61	
<b>Percentil</b>	<b>Valor</b>	<b>Percentil</b>	<b>Valor</b>	<b>Percentil</b>	<b>Valor</b>	
5,00	508,00	50,00	558,00	95,00	634,00	
<b>Hombres. Datos estadísticos de la muestra</b>						
Media	590,87	Error típico	2,78	Mediana	594	
Moda	595	Desv. típica	31,08	Varianza	966,14	
Mínimo	501	Máximo	663	<i>n</i>	125	
<b>Percentil</b>	<b>Valor</b>	<b>Percentil</b>	<b>Valor</b>	<b>Percentil</b>	<b>Valor</b>	
5,00	536,80	50,00	594,00	95,00	637,00	

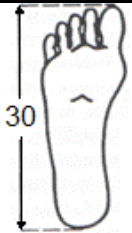


Código 13

**Tabla IV.17**


Datos antropométricos y capacidad aeróbica relativa (CAR) de la población de la mano de obra directa industrial venezolana, mujeres y hombres por separado (Continuación)

• 14. Longitud del pie (mm) <span style="float: right;">Ref. ISO 7250:1996 4.3.7</span>					
<b>Mujeres. Datos estadísticos de la muestra</b>					
Media	229,75	Error típico	4,23	Mediana	234
Moda	240	Desv. típica	33,06	Varianza	1092,96
Mínimo	180	Máximo	270	<i>n</i>	61
<b>Percentil</b>	<b>Valor</b>	<b>Percentil</b>	<b>Valor</b>	<b>Percentil</b>	<b>Valor</b>
5,00	211,00	50,00	234,00	95,00	255,00
<b>Hombres. Datos estadísticos de la muestra</b>					
Media	257,25	Error típico	1,95	Mediana	257
Moda	250	Desv. típica	21,78	Varianza	474,56
Mínimo	193	Máximo	301	<i>n</i>	125
<b>Percentil</b>	<b>Valor</b>	<b>Percentil</b>	<b>Valor</b>	<b>Percentil</b>	<b>Valor</b>
5,00	237,40	50,00	257,00	95,00	277,80



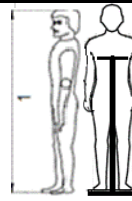
Código 30

• 15. Masa Corporal (Peso del cuerpo) (kg) <span style="float: right;">Ref. ISO 7250:1996 4.1.1</span>					
<b>Mujeres. Datos estadísticos de la muestra</b>					
Media	65,20	Error típico	1,69	Mediana	64
Moda	57	Desv. típica	13,22	Varianza	174,83
Mínimo	42	Máximo	118	<i>n</i>	61
<b>Percentil</b>	<b>Valor</b>	<b>Percentil</b>	<b>Valor</b>	<b>Percentil</b>	<b>Valor</b>
5,00	44,00	50,00	64,00	95,00	82,00
<b>Hombres. Datos estadísticos de la muestra</b>					
Media	74,14	Error típico	1,15	Mediana	73
Moda	66	Desv. típica	12,83	Varianza	164,57
Mínimo	42	Máximo	105	<i>n</i>	125
<b>Percentil</b>	<b>Valor</b>	<b>Percentil</b>	<b>Valor</b>	<b>Percentil</b>	<b>Valor</b>
5,00	57,00	50,00	73,00	95,00	96,80



Código s/n

• 16. Índice de Masa Corporal (IMC) (kg/m <sup>2</sup> ) <span style="float: right;">Ref. ISO 7250:1996 s/n</span>					
<b>Mujeres. Datos estadísticos de la muestra</b>					
Media	25,90	Error típico	0,64	Mediana	26
Moda	24	Desv. típica	4,99	Varianza	24,92
Mínimo	15	Máximo	40	<i>n</i>	61
<b>Percentil</b>	<b>Valor</b>	<b>Percentil</b>	<b>Valor</b>	<b>Percentil</b>	<b>Valor</b>
5,00	19,00	50,00	26,00	95,00	34,00
<b>Hombres. Datos estadísticos de la muestra</b>					
Media	26,65	Error típico	1,34	Mediana	25
Moda	23	Desv. típica	14,96	Varianza	223,79
Mínimo	19	Máximo	35	<i>n</i>	125
<b>Percentil</b>	<b>Valor</b>	<b>Percentil</b>	<b>Valor</b>	<b>Percentil</b>	<b>Valor</b>
5,00	20,00	50,00	25,00	95,00	33,00




Código s/n


**Tabla IV.17**

Datos antropométricos y capacidad aeróbica relativa (CAR) de la población de la mano de obra directa industrial venezolana, mujeres y hombres por separado (Continuación)

• 17. Longitud de la mano (mm) <span style="float: right;">Ref. ISO 7250:1996 4.3.1</span>					
<b>Mujeres. Datos estadísticos de la muestra</b>					
Media	176,02	Error típico	1,26	Mediana	176
Moda	177	Desv. típica	9,85	Varianza	97,05
Mínimo	156	Máximo	207	<i>n</i>	61
<b>Percentil</b>	<b>Valor</b>	<b>Percentil</b>	<b>Valor</b>	<b>Percentil</b>	<b>Valor</b>
5,00	162,00	50,00	176,00	95,00	193,00
<b>Hombres. Datos estadísticos de la muestra</b>					
Media	192,02	Error típico	1,28	Mediana	193
Moda	186	Desv. típica	14,34	Varianza	205,75
Mínimo	155	Máximo	219	<i>n</i>	125
<b>Percentil</b>	<b>Valor</b>	<b>Percentil</b>	<b>Valor</b>	<b>Percentil</b>	<b>Valor</b>
5,00	176,20	50,00	193,00	95,00	212,80




• 18. Anchura de la palma de la mano (en los metacarpianos) (mm) <span style="float: right;">Ref. ISO 7250:1996 4.3.3</span>					
<b>Mujeres. Datos estadísticos de la muestra</b>					
Media	75,13	Error típico	0,55	Mediana	75
Moda	71	Desv. típica	4,33	Varianza	18,72
Mínimo	60	Máximo	84	<i>n</i>	61
<b>Percentil</b>	<b>Valor</b>	<b>Percentil</b>	<b>Valor</b>	<b>Percentil</b>	<b>Valor</b>
5,00	70,00	50,00	75,00	95,00	82,00
<b>Hombres. Datos estadísticos de la muestra</b>					
Media	97,64	Error típico	8,09	Mediana	86
Moda	82	Desv. típica	90,45	Varianza	8181,31
Mínimo	73	Máximo	118	<i>n</i>	125
<b>Percentil</b>	<b>Valor</b>	<b>Percentil</b>	<b>Valor</b>	<b>Percentil</b>	<b>Valor</b>
5,00	78,20	50,00	86,00	95,00	95,00



Código 29

• 19. Anchura del pie (mm) <span style="float: right;">Ref. ISO 7250:1996 4.3.8</span>					
<b>Mujeres. Datos estadísticos de la muestra</b>					
Media	91,41	Error típico	0,71	Mediana	91
Moda	90	Desv. típica	5,57	Varianza	31,08
Mínimo	81	Máximo	103	<i>n</i>	61
<b>Percentil</b>	<b>Valor</b>	<b>Percentil</b>	<b>Valor</b>	<b>Percentil</b>	<b>Valor</b>
5,00	84,00	50,00	91,00	95,00	102,00
<b>Hombres. Datos estadísticos de la muestra</b>					
Media	100,42	Error típico	0,52	Mediana	100
Moda	100	Desv. típica	5,77	Varianza	33,29
Mínimo	86	Máximo	115	<i>n</i>	125
<b>Percentil</b>	<b>Valor</b>	<b>Percentil</b>	<b>Valor</b>	<b>Percentil</b>	<b>Valor</b>
5,00	91,20	50,00	100,00	95,00	110,00

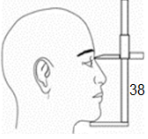


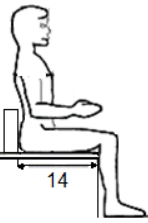
Código 31




**Tabla IV.17**

Datos antropométricos y capacidad aeróbica relativa (CAR) de la población de la mano de obra directa industrial venezolana, mujeres y hombres por separado (Continuación)

● 20. Longitud de la cara (Nación-mentón) (mm)						Ref. ISO 7250:1996 4.3.11
<b>Mujeres. Datos estadísticos de la muestra</b>						 <p>Código 38</p>
Media	111,72	Error típico	0,67	Mediana	112	
Moda	110	Desv. típica	5,20	Varianza	27,07	
Mínimo	101	Máximo	124	<i>n</i>	61	
<b>Percentil</b>	<b>Valor</b>	<b>Percentil</b>	<b>Valor</b>	<b>Percentil</b>	<b>Valor</b>	
5,00	104,00	50,00	112,00	95,00	120,00	
<b>Hombres. Datos estadísticos de la muestra</b>						
Media	121,43	Error típico	3,00	Mediana	119	
Moda	119	Desv. típica	33,49	Varianza	1121,59	
Mínimo	103	Máximo	138	<i>n</i>	125	
<b>Percentil</b>	<b>Valor</b>	<b>Percentil</b>	<b>Valor</b>	<b>Percentil</b>	<b>Valor</b>	
5,00	108,00	50,00	119,00	95,00	132,60	

● 21. Longitud del poplíteo-trasero (profundidad del asiento) (mm)						Ref. ISO 7250:1996 4.4.6
<b>Mujeres. Datos estadísticos de la muestra</b>						 <p>Código 14</p>
Media	469,79	Error típico	3,48	Mediana	465	
Moda	460	Desv. típica	27,20	Varianza	740,07	
Mínimo	388	Máximo	542	<i>n</i>	61	
<b>Percentil</b>	<b>Valor</b>	<b>Percentil</b>	<b>Valor</b>	<b>Percentil</b>	<b>Valor</b>	
5,00	432,00	50,00	465,00	95,00	511,00	
<b>Hombres. Datos estadísticos de la muestra</b>						
Media	489,47	Error típico	4,41	Mediana	495	
Moda	490	Desv. típica	49,32	Varianza	2432,36	
Mínimo	450	Máximo	530	<i>n</i>	125	
<b>Percentil</b>	<b>Valor</b>	<b>Percentil</b>	<b>Valor</b>	<b>Percentil</b>	<b>Valor</b>	
5,00	442,20	50,00	495,00	95,00	536,60	

● 22. Potencia aeróbica o capacidad aeróbica relativa CAR (ml O <sub>2</sub> /kg-min)						Ref. ISO 7250:1996 s/n
<b>Mujeres. Datos estadísticos de la muestra</b>						 <p>Código s/n</p>
Media	33,21	Error típico	0,40	Mediana	33	
Moda	33	Desv. típica	3,14	Varianza	9,84	
Mínimo	22	Máximo	41	<i>n</i>	61	
<b>Percentil</b>	<b>Valor</b>	<b>Percentil</b>	<b>Valor</b>	<b>Percentil</b>	<b>Valor</b>	
5,00	28,00	50,00	33,00	95,00	38,00	
<b>Hombres. Datos estadísticos de la muestra</b>						
Media	41,23	Error típico	0,41	Mediana	41	
Moda	40	Desv. típica	4,64	Varianza	21,49	
Mínimo	34	Máximo	49	<i>n</i>	125	
<b>Percentil</b>	<b>Valor</b>	<b>Percentil</b>	<b>Valor</b>	<b>Percentil</b>	<b>Valor</b>	
5,00	37,00	50,00	41,00	95,00	46,00	

**IV.5.1. Variación desde el año 2011 al año 2016 de la masa corporal y del índice de masa corporal en la población de mano de obra directa industrial venezolana**

Es pertinente mostrar, como se hace más adelante en la Tabla IV.18, la variación en los últimos cinco años (2011 a 2016) de la masa corporal (MC) y del índice de masa corporal (IMC) en la población de mano de obra directa industrial venezolana, resultante al comparar los resultados de la **Tabla III.1** de Araviche (2011) y la **Tabla IV.17** de Burgos (2016) del presente trabajo.

El decrecimiento en los índices de masa corporal (MC), puede explicarse como una consecuencia de la escases de algunos productos alimenticios, debido a la adversa situación política y económica en Venezuela, en especial la falta de productos de alto valor calórico (azúcar, harinas, pastas, arroz, entre otros) que ocurrió justamente durante la realización del presente trabajo de investigación (2012-2016).

**Tabla IV.18**

Variación desde el año 2011 al año 2016 de la masa corporal y del índice de masa corporal en la población de mano de obra directa industrial venezolana

	Mediana Masa corporal, kg		Mediana Índice de masa corporal, kg/m <sup>2</sup>	
	Hombre	Mujer	Hombre	Mujer
<b>Tabla III.1 Araviche (2011)</b> <i>n</i> <sub>hombre</sub> = 29; <i>n</i> <sub>mujer</sub> = 23; $\alpha = 0,05$	76	72	27,0	29,0
<b>Tabla IV.17 Burgos (2016)</b> <i>n</i> <sub>hombre</sub> = 125; <i>n</i> <sub>mujer</sub> = 61; $\alpha = 0,05$	73	64	26,6	25,9

#### IV.6. Modelar funciones de regresión predictoras de la capacidad aeróbica absoluta (CAA) de la PMODIV

Se empleó el *software* Minitab 17 “versión de prueba”, para modelar las funciones de regresión de la PMODIV sana, se basó en el conjunto de datos crudos provenientes del Anexo H, de las variables dependientes capacidad aeróbica absoluta (CAA: kcal/min) y las variables independientes: masa corporal (MC: kg), talla (T: mm), índice de masa corporal (IMC: kg/m<sup>2</sup>), perímetro abdominal (PA: mm), y edad (E: años); permitiendo plantear la función de regresión (24) para el sexo femenino, y la función de regresión (25) para el masculino, ambas con un coeficiente de determinación alto, de  $R^2 = 0,78$ .

$$\begin{array}{l} \text{Sexo femenino } n = 33: \\ \text{CAA(kcal/min)} = \\ \underline{- 2 + 0,132 MC + 0,0056T + 0,129 IMC - 0,00526 PA - 0,1125E + 0,00015 MC^2} \end{array} \quad (24)$$

$$\begin{array}{l} \text{Sexo masculino } n = 40: \\ \text{CAA(kcal/min)} = \\ \underline{0,7 + 0,132 MC + 0,0056 T + 0,129 IMC - 0,00526 PA - 0,1125 E + 0,00015 MC^2} \end{array} \quad (25)$$

1. Aquí, la inclusión de variable predictora, MC, elevada al cuadrado, sirve para modelar la curvatura, pero la ecuación general:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 + \beta_4 x_4 + \beta_5 x_5 + \beta_6 (x_1)^2$$

Los parámetros ( $\beta s'$ ) que multiplican a las variables son lineales, independientemente del tipo de curva que este modelo genere.

2.  $R^2$  es el porcentaje de variación de la variable respuesta que se explica por su relación con una o más variables predictoras. Incluye todas las variables independientemente de su potencia. En resumen es un estadístico global para evaluar el ajuste del modelo

3. Para analizar si es significativo el correspondiente coeficiente de correlación  $r_{\text{calculado}} = 0,88$  de la función multivariada de regresión con una variable dependiente y cinco variables independientes, al nivel  $\alpha = 0,05$  y en el caso de las mujeres con un número de observaciones  $n = 33$  se empleó el método descrito por Kennedy y Neville (1976:301, 402) que toman en cuenta el número total de variables = 5, grados de libertad  $v = 33 - 5 = 28$ , para indicar el valor crítico del coeficiente de correlación, referirse al Anexo I (Valores del coeficiente de correlación  $r$ ), de donde el  $r_{\text{tabulado}} = 0,539$  es menor que el  $r_{\text{calculado}} = 0,88$ ; por lo tanto es altamente significativo. Para el caso de los hombres con  $n = 40$  observaciones es aún más significativo.

#### IV.6.1. Validación de las funciones estadísticas de regresión

Empleando los valores medios de la Tabla IV.14 para *hombres*:

$$CAA_{\text{Tabulado}} = 16,10 \text{ kcal/min,}$$

$$CAA_{\text{Calculado}} = 16,18 \text{ kcal/min.}$$

Empleando los valores medios de la Tabla IV.15 para *mujeres*:

$$CAA_{\text{Tabulado}} = 11,30 \text{ kcal/min,}$$

$$CAA_{\text{Calculado}} = 11,21 \text{ kcal/min.}$$

Los resultados son tan cercanos que evidencian la bondad de los modelos.

Las funciones de regresión (24) y (25) son el resultado de un estudio epidemiológico transversal, en que se toma en cuenta data antropométrica de la PMODIV y **son de aplicación directa para determinar la CAA (kcal/min), una vez conocidos los resultados de las mediciones individuales implicados en la fórmula**; la data antropométrica debe actualizarse regularmente según indica Vinué (2015:1).

Atendiendo a lo dicho anteriormente, la data antropométrica compilada en este trabajo, podría razonablemente actualizarse cada 10 años; acogiéndose el criterio aplicado sobre el censo general de población y vivienda que en Venezuela se caracteriza por esa periodicidad según Moncrieff (2007:2).

## **7. Modelar una técnica de redes neuronales artificiales predictora de 18 dimensiones antropométricas y una variable fisiológica de la PMODIV**

En base a lo indicado por Carmona (2003:67) para la modelización de la red neuronal artificial, *se seleccionaron las dimensiones que se consideran de interés para el diseño de puestos de trabajo, las cuales incluyen en total 22 variables antropométricas y una variable fisiológica*. Referirse a la Tabla IV.17.

### **IV.7.1. Técnica de modelaje e instructivo para el análisis de datos antropométricos mediante redes neuronales artificiales**

Desarrollar de una técnica e instructivo para el análisis de datos antropométricos mediante redes neuronales artificiales (RNA), que emplea cuatro variables antropométricas de fácil medición en calidad de variables de entrada (*input*)

y prediga como salida (*output*) las restantes 18 dimensiones antropométricas y una variable fisiológica de la PMODIV.

Diseñar en forma óptima espacios, equipos de protección personal o herramientas de trabajo con las que habrá de interactuar un trabajador o bien con las dimensiones apropiadas para que sea confortable, es lo que se espera en las relaciones hombre-entorno.

Por tanto, se puede establecer que cuando se utilizan los principios fundamentales de la ergonomía no deberían existir mayores problemas en la conformación de cualquiera de las relaciones mencionadas y se esperaría un gran nivel de eficiencia, seguridad y confort en la labor o tarea a ejecutar por un trabajador.

Ahora bien es conocido que la variabilidad de dimensiones corporales entre grupos, etnias, sexo o edad dificulta el diseño de componentes o de herramientas de trabajo para que se adecuen a un gran número de usuarios; por tanto se deben examinar las dimensiones que abarquen el rango corporal o el factor antropométrico de la mayoría de trabajadores. Agha & Alnahhal (2012:979). Debe acotarse que las razas no existen, ni biogenéticamente ni científicamente. Los hombres por su origen común, pertenecen al mismo repertorio genético, según Marín (2003:3).

Pero cabe preguntarse ¿cómo hacerlo si se desconocen las dimensiones anatómicas? La respuesta quizás esté en utilizar las dimensiones anatómicas más relevantes, fáciles de medir, Bhuiyan & Hossain (2015) y con ellas emplear un algoritmo que prediga las restantes que sean necesarias a un diseño específico, por

ejemplo, de una herramienta, un equipo de protección personal o de un puesto de trabajo. Thiyagu Palaniandy *et al.* (2013:3).

La utilización de las redes neuronales artificiales (RNA) en la predicción de variables antropométricas de trabajadores industriales ha sido utilizada como una técnica que responde a la interrogante antes planteada sin que se tenga la necesidad de aplicar la tediosa medición de todas las dimensiones, si previamente se tiene un banco de data referencial con valores establecidos (se utiliza en otras ciencias como medicina, geología, Thiyagu Palaniandy *et al.*, 2013:1), puesto que las RNA identifican y aprenden patrones correlacionados entre la data de entrada y los valores correspondientes de salida, Vega *et al.* (2009:9).

Estas características pueden ser aprovechadas para predecir dimensiones antropométricas utilizando como referencia unas pocas variables de entrada en el proceso de diseño ergonómico de espacios o de implementos de trabajo.

Las redes neuronales artificiales son efectivas al resolver problemas en la vida real los cuales van más allá de unas relaciones lineales, Maciel & Ballini (2009:1).

#### **IV.7.1.1. Método de desarrollo y análisis**

El presente análisis es un ejemplo basado en el cual con una determinada data de entrada se ajustarán a unos valores de salidas asociados, mediante el diseño de una RNA que no solo estimará los valores objetivos propuestos, habiendo suministrado datos

de entrada conocidos, sino que también generalizará, con cierta precisión, las salidas estimadas de nuevos datos que difieran de los empleados en el diseño de la solución inicial.

En concreto, se trata sobre la predicción de variables antropométricas con solo cuatro variables de entrada: masa corporal (peso), estatura (altura del cuerpo), perímetro de cintura y edad, obtenidos de la medición de una muestra de 87 trabajadores industriales de la Región Central de Venezuela (32 mujeres y 55 hombres).

Lo anterior resulta de tomar como base los datos originarios de la Tabla III.1, donde el coeficiente de variación para la talla es: para los hombres de 3,71 y para las mujeres 2,59; asignándose un coeficiente de error admisible respectivamente de 1,28 y 1,37.

En el análisis y la búsqueda de la aplicación de redes neuronales, para predecir variables antropométricas, se utilizará la herramienta *Neural Network Toolbox* (Hudson *et al.*, 2015:1-1 a 12-28) el cual es un paquete del Matlab 2016 “versión de prueba” que contiene una serie de funciones para crear y trabajar con redes de neuronales artificiales. En el mencionado paquete el flujo de trabajo para el proceso de diseño de la red neuronal tiene siete pasos principales:

1. Recolección de datos
2. Creación de la red - Crear objeto de redes neuronales
3. Configuración de la red - Configuración de entradas y salidas
4. Inicialización de los pesos y sesgos
5. Entrenamiento de la red
6. Validación de la red
7. Utilización de la red



## **1. Recolección de datos**

La obtención de datos es la parte primordial de un diseño de red neuronal y antes de comenzar este proceso, se deben recoger los datos de la muestra de forma metódica para no tener problemas en la creación de la red; dado que es difícil incorporar el conocimiento previo en ella; por lo tanto, la RNA sólo puede ser tan precisa como los datos que se utilizan para entrenarla. Dipali Pandya & Dhaval Shah (2014:288)

Es importante que esos datos cubran el rango de las posteriores entradas que van a ser empleadas en la red. Se tomó una muestra de 87 trabajadores de la población de mano de obra directa industrial venezolana (PMODIV), de cinco empresas de la Región Central del país, compuesta de 32 mujeres y 55 hombres con edades comprendidas entre los 20 y 59 años de edad, se estratificó la muestra en cuatro grupos ver Tabla IV.2, el tamaño de la muestra fue escogido de acuerdo a la Norma técnica colombiana, NTC 5654 (2008), con un 95% de confianza y un margen de error del 1%.

De la población muestreada o accesible de los trabajadores se seleccionaron 22 dimensiones antropométricas las cuales se describen en la Tabla IV.17. La data muestral se ordenó de menor a mayor tomando como referencia la estatura, a objeto de que el entrenamiento de la red neuronal pueda desempeñarse con mayor eficiencia.

## **2. Creación de la red**

En este análisis se emplea el modelo de red neuronal artificial unidireccional de dos capas (*two layer feed-forward network*), mediante el asistente *Fitting Tools*, interfaz gráfica del usuario, de la herramienta *neural network* de Matlab 2016 “versión de prueba”, para tratar el problema de predicción de dimensiones ergonómicas.

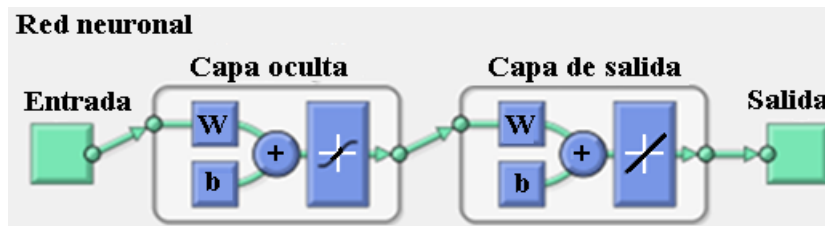
Cross *et al.* (1995:1075-79), indican que una RNA es una opción en la predicción de valores en dimensiones antropométricas y su ventaja principal es su capacidad de incorporar efectos no-lineales e interacciones entre las variables de un modelo sin necesidad de tomarlas en cuenta o incluirlas *a priori*, además existe el antecedente de Burgos y Escalona (2015b) del empleo de las RNA en la predicción de variables antropométricas de trabajadores que laboran sentados a objeto de disponer de un medio para optimizar y estandarizar el diseño de asientos para uso en los puestos de trabajo de una empresa y que implique pocos inconvenientes; pero que garantice el cumplimiento de las exigencias de un diseño riguroso, razón por la cual se emplea en esta tesis.

Se estableció este tipo de asistente de ajuste de curvas porque con ello las redes neuronales pueden ser entrenadas para que generalicen bien dentro del rango de los datos de entrada; puntualizando que no tienen la capacidad para extrapolar con precisión más allá de dicho rango; por lo que es importante que esos datos del entrenamiento abarquen solo la gama del espacio de la entrada.

## **3. Configuración de la red**

La configuración de la red consiste en examinar los datos de entrada y salida, para establecer los tamaños de las matrices de entrada y salida de la red de forma tal que coincidan con los datos y establecer los parámetros de la configuración

adecuados para que el procesamiento de las entradas y salidas establezcan un mejor rendimiento de la red. En este caso el paso de la configuración se realiza de forma automática. Figura IV.19.



**Figura IV.19**  
Configuración de la red

### ***Muestra conjunta (hombres y mujeres)***

Para cada caso, sea hombre o mujer, o en conjunto, se introduce como entrada (*input*): peso, talla, perímetro abdominal (de pie) y edad, dimensiones que son fáciles de obtener de los trabajadores y recomendado su uso por autores especialistas en el tema.

Para la salida (*output*) los otros 18 valores de las dimensiones antropométricas más 1 variable fisiológica, mostradas en la Tabla IV.17 Datos antropométricos y capacidad aeróbica relativa (CAR) de la población de la mano de obra directa industrial venezolana, mujeres y hombres por separado.

El Matlab R2015.a, se inicia leyendo los datos, desde un archivo de Excel 2010, donde está contenida la información de los datos antropométricos. Se definen los datos de entradas y salidas para entrenar la red como: Entradas (Inputs) 'ENTRADA\_ANTROP' la cual es una matriz de 87x4, que representa una data estática de: 87 muestras de 4 variables Antropométricas (Tabla IV.19, Importación de datos desde la hoja de Excel). Luego las salidas (Targets) 'SALIDAD\_ANTROP' la cual es una matriz de 87x19, que

representa una data estática de: 87 muestras de 18 variables antropométricas + 1 variable fisiológica. Dichas muestras se especifican como matrices de filas.

En el ajuste de la entrada-salida de datos, con la red neuronal unidireccional con dos capas, el asistente emplea una función Sigmoid para activación de las neuronas ocultas y el antes mencionado algoritmo de *back propagation* de Levenberg-Marquardt que permite resolver el problema de ajuste planteado. Shaikh *et al.* (2010:2150).

**Tabla IV.19**  
Importación de datos desde la hoja de Excel

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	ENTRADA_ANTROP	(87x4)	etro ...	Edad	Altura de c...	Altura, sent...	Altura de oj...	Altura de h...	Anchura de...
2	57	1481	845	46	938	791	635	518	339
3	52	1487	796	38	930	737	607	601	338
4	55	1497	771	36	1001	754	662	547	338
5	42	1510	724	25	914	803	671	515	302
6	55	1514	858	51	944	807	707	527	315
7	57	1515	733	36	932	790	676	523	319
8	57	1518	844	42	919	802	695	533	318
9	45	1524	631	37	954	769	665	534	322
10	73	1539	881	34	959	815	691	562	320
11	82	1553	1048	55	977	765	644	555	339
12	63	1559	852	59	996	828	743	560	321
13	62	1569	813	54	994	803	709	579	326
14	55	1572	770	49	958	806	651	521	339
15	51	1572	765	22	976	846	734	588	316
16	44	1574	635	28	974	843	698	546	268
17	76	1579	837	48	965	869	666	582	330
18	61	1580	810	41	984	817	696	585	329
19	59	1584	795	34	975	806	701	529	335
20	55	1594	796	45	949	844	724	549	331
21	58	1595	837	35	1000	838	738	596	305
22	81	1597	985	40	936	826	665	525	340

#### 4. Inicialización de los pesos y sesgos

Este procedimiento es realizado de forma automática por el comando configuración (*configure*), al pulsar el botón de comando *Train*, que establece el objeto de la red e inicializa los pesos y los sesgos; por consiguiente la red neuronal queda lista para el entrenamiento. Luego, la red es ajustada de tal forma que los errores entre los valores objetivos y las salidas converjan a un mínimo. Esto con el fin de lograr los requerimientos de que las salidas de la red coincidan con las salidas deseadas.

#### 5. Entrenamiento de la red

La función de rendimiento por defecto para las redes unidireccionales (*feedforward*) es el error cuadrático medio (*mse*) de los valores de salida de la red (*a*) y los valores de salida del objetivo (*t*).

$$F = mse = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (e_i)^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (t_i - a_i)^2$$

El criterio de parada se aplica cuando los valores de los pesos reduzcan la función del error (diferencia cuadrática entre la salida deseada y la salida de la red neuronal), y este proceso se realiza por el método del gradiente descendente. La idea del método es realizar un cambio en los pesos proporcional a la derivada de la función de error respecto al peso para cada patrón.

Una vez que una red neuronal ha sido entrenada, debe estar en capacidad de proveer salidas que se aproximen a los valores deseados cuando se le proporcionan nuevos ejemplos, es decir, entradas que no pertenecen al conjunto de entrenamiento, sino que forman parte de los patrones de prueba. A este proceso se le conoce como generalización de un modelo de RNA.

## **6. Validación de la red**

Las muestras de la validación se utilizan para medir la generalización de la red y para detener el entrenamiento cuando la generalización ya no se logra mejorar.

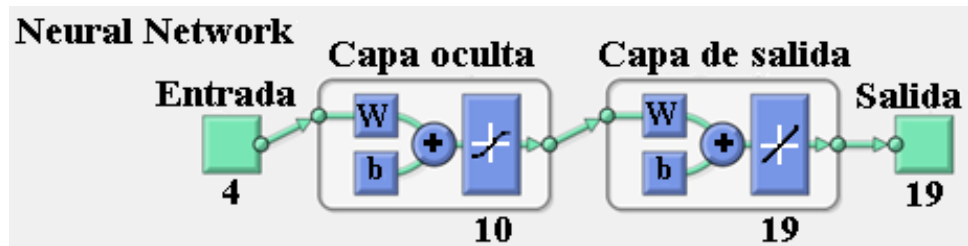
En esta tarea el asistente reparte por defecto las 87 muestras: con 61 (70%) para el entrenamiento, 13 (15%) para la validación y 13 (15%) para la prueba.

### ***Arquitectura de las redes neuronales artificiales (RNA)***

Con la data introducida la arquitectura de la red se conforma por 4 valores de entradas, con  $m' = 10$  neuronas en la capa oculta y 19 valores de salida. Figura IV.20.

Es importante señalar que el valor práctico de 10 neuronas de la capa oculta, se aproxima al valor estimado que indican García *et al.* (2011:394) como primera aproximación al aplicar la regla matemática descrita por Tarassenko (1998) para tantear el valor de los elementos ocultos:  $m' = J = (IK)^{0,5} = (4 \times 19)^{0,5} = 8,72$  donde I, J y K son el número de neuronas de las capas de entrada, oculta y salida

respectivamente. Adicionalmente hay que señalar que el Asistente selecciona el número de neuronas a 10 por defecto, pudiendo ser cambiadas si el diseño requiere otro valor.



**Figura IV.20**  
Arquitectura de la red neuronal

### ***Fijación de valores de entradas y salidas***

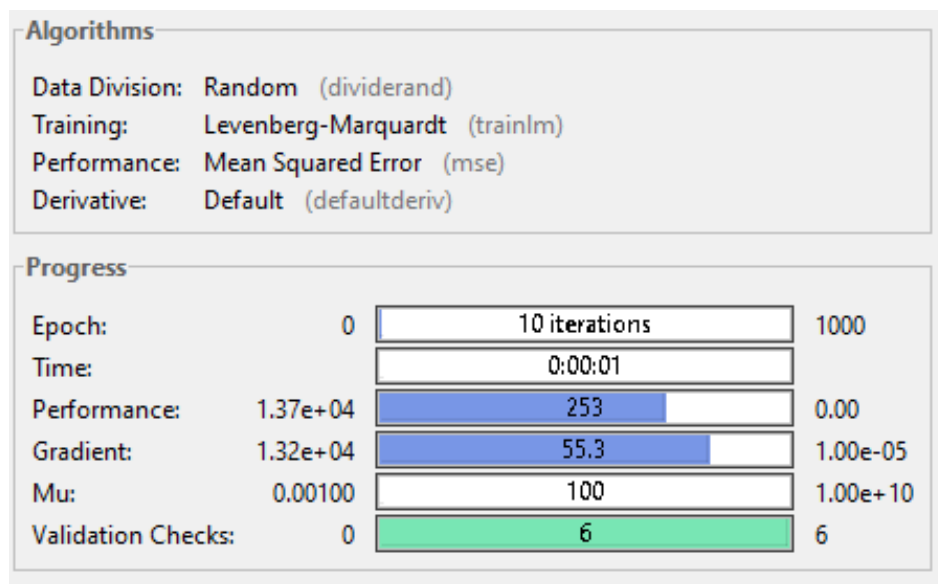
Después de que la muestra ha sido aleatorizada, el asistente utiliza el algoritmo de Levenberg-Marquardt para ajuste de las entradas y salidas y se mide el comportamiento mediante el error cuadrado medio (*mse*).

### ***Entrenamiento***

Se planteó la red neuronal unidireccional de dos capas dado que es una opción del Asistente que permite que el usuario seleccione la data y éste crea y entrena una red neuronal y evalúa su comportamiento mediante el uso del *mse* y el análisis de regresión. Esto permitirá establecer el patrón que distingue las dimensiones antropométricas de trabajadores industriales y con ello se pueda predecir otras

dimensiones cuando se introduce un grupo de variables de entradas. Agha & Alnahhal (2012).

El aprendizaje de patrones de esos datos se efectúa proporcionando al principio datos conocidos, con los que el algoritmo encuentra los pesos y sesgos para encontrar el mínimo de la función *mse* y poder así generalizar para la obtención de otras salidas, esperando que no haya un sobreajuste para que la generalización sea la adecuada.



**Figura IV.21**  
Gráfico del comportamiento del algoritmo

En el procedimiento empleado por el Asistente, la data se divide en los porcentajes establecidos por defecto y se utilizan el algoritmo de Levenberg-Marquardt para el entrenamiento, el gradiente de descenso para el ajuste de los pesos y para medir el desempeño el *mse*.









De la Figura IV.21 se puede observar que se requirieron solo seis iteraciones para que la validación se detuviera y se obtuviera un valor mínimo en un tiempo muy corto (1 segundo), lo que indica una rápida convergencia de algoritmo.

***Resultados para la muestra conjunta (mujeres y hombres)***

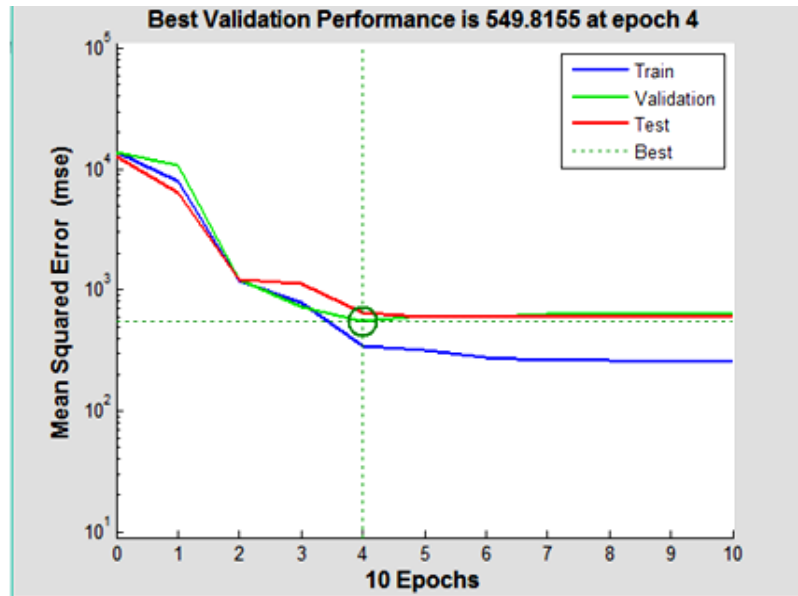
Para ponderar la diferencia entre el valor de la salida (*output*) con el valor del objetivo se utiliza la función del error cuadrado medio *mse*; por tanto de la Tabla IV.20 se observa que la función de entrenamiento (*Training*), a las que se le tomaron 61 muestras, el error cuadrático medio (*mse*) fue de 342,4883 y el coeficiente de determinación de 99,8 %; lo que indica que hay una alta correlación entre los valores de salida (*output*) y los objetivos (*target*). De la misma forma los errores para la validación y prueba fueron de 549,81 y 642,94 y los coeficientes de determinación, para ambos de 99,6 %; *más adelante se aborda el caso individual para hombres y mujeres.*

**Tabla IV.20**  
Resultados de la red neuronal

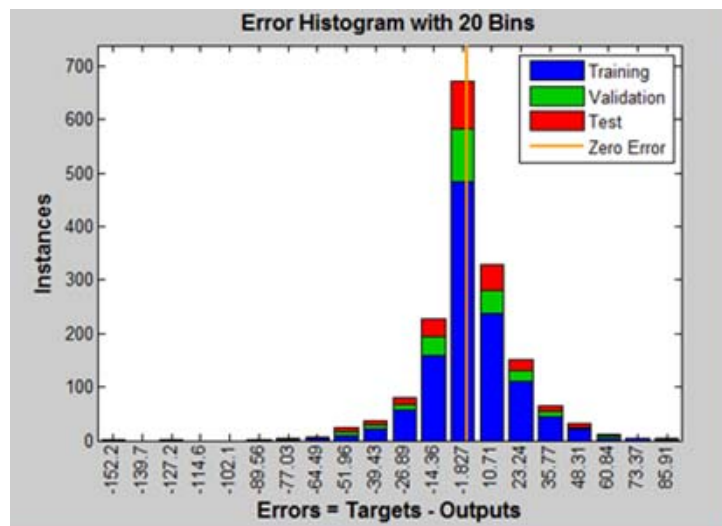
	 Samples	 MSE	 R
 Training:	61	342.48833e-0	9.98011e-1
 Validation:	13	549.81548e-0	9.96691e-1
 Testing:	13	642.94745e-0	9.96097e-1

En la Figura IV.22 se indica la iteración a la cual el desempeño de la validación alcanzo un mínimo del error cuadrado medio en que tuvo el mejor desempeño de

549,81 a nivel del *epoch* 4. También se observa que la curva de error y la de validación son muy similares después de ese *epoch*. Esto indica que no se tiene alguna condición importante y no se observó sobreajuste de la red.

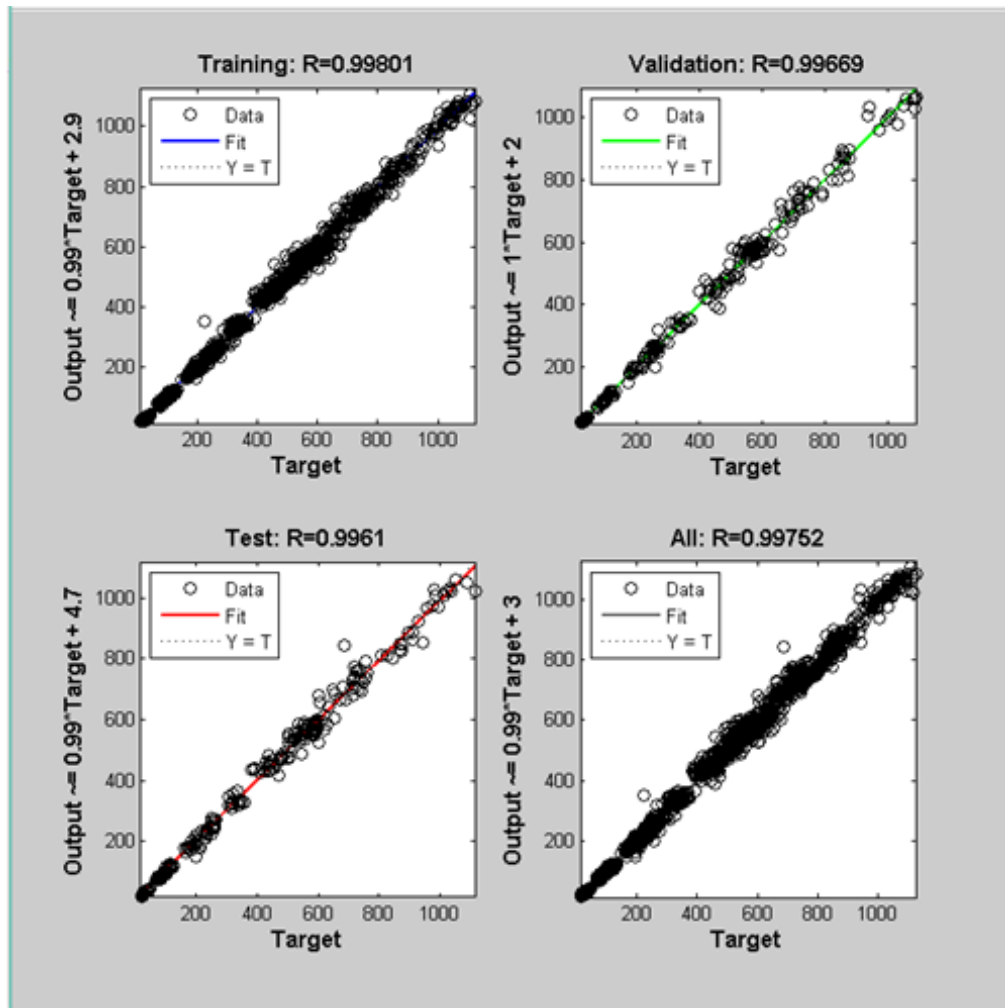


**Figura IV.22**  
Gráfico del mejor desempeño de la validación



**Figura IV.23**  
Histograma del error (*mse*)

La Figura IV.23 es un histograma del error, con 20 rectángulos (*Bins*), de entrenamiento (azul), validación (verde) y prueba (rojo) de la red. En ella se muestra que la distribución de los tamaños del error se aproximan a una Distribución Normal y la mayoría de los errores están cercanos a la línea de error cero (-1,827), con pocos alejados de ésta referencia (-51,96; 48,31).



**Figura IV.24**  
 Relación entre las salidas de la red y los objetivos  
 Gráficas de regresión del entrenamiento, validación y prueba

En la Figura IV.24 se muestran las gráficas de regresión del entrenamiento (relación entre las salidas de la red y los objetivos), validación y prueba de la red. Estas gráficas muestran cuán bien ha fijado la red las mediciones de la data y son detalladas en términos de valores asociados al objetivo. En todas ellas se observa que la red aprendió a fijar bien la data, dado que es una relación lineal que casi intercepta el origen y el extremo superior derecho del cuadrado de los gráficos. Ello se establece porque los valores de los coeficientes de determinación son mayores que 99%.







### ***Muestra de mujeres***

Siguiendo el procedimiento empleado para la muestra conjunta (hombres y mujeres); el análisis para las mujeres arroja los siguientes resultados:

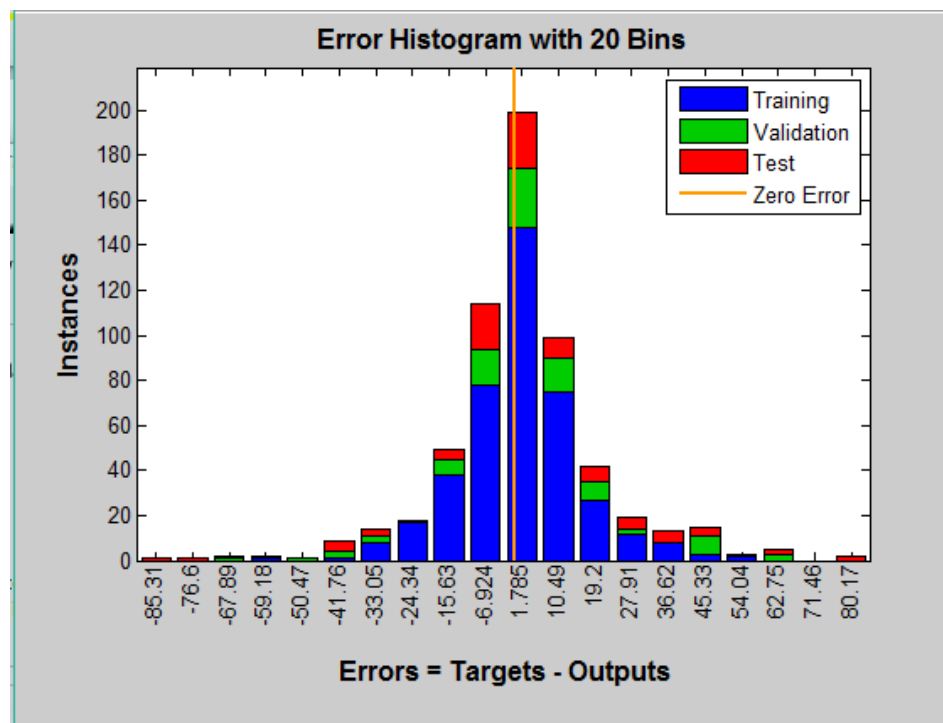
De la Tabla IV.21 se observa que la función de entrenamiento (*Training*), a las que se le tomaron 22 muestras, el error cuadrático medio fue de 208,8529 y el coeficiente de determinación de 99,8%; hay una alta correlación entre los valores de salida (*output*) y los objetivos (*target*). Los errores para la validación y prueba fueron de 594,83 y 838,94 y los coeficientes de determinación de 99,6% y 99,5% respectivamente.

**Tabla IV.21**

Resultados del entrenamiento, validación y prueba para la muestra de mujeres

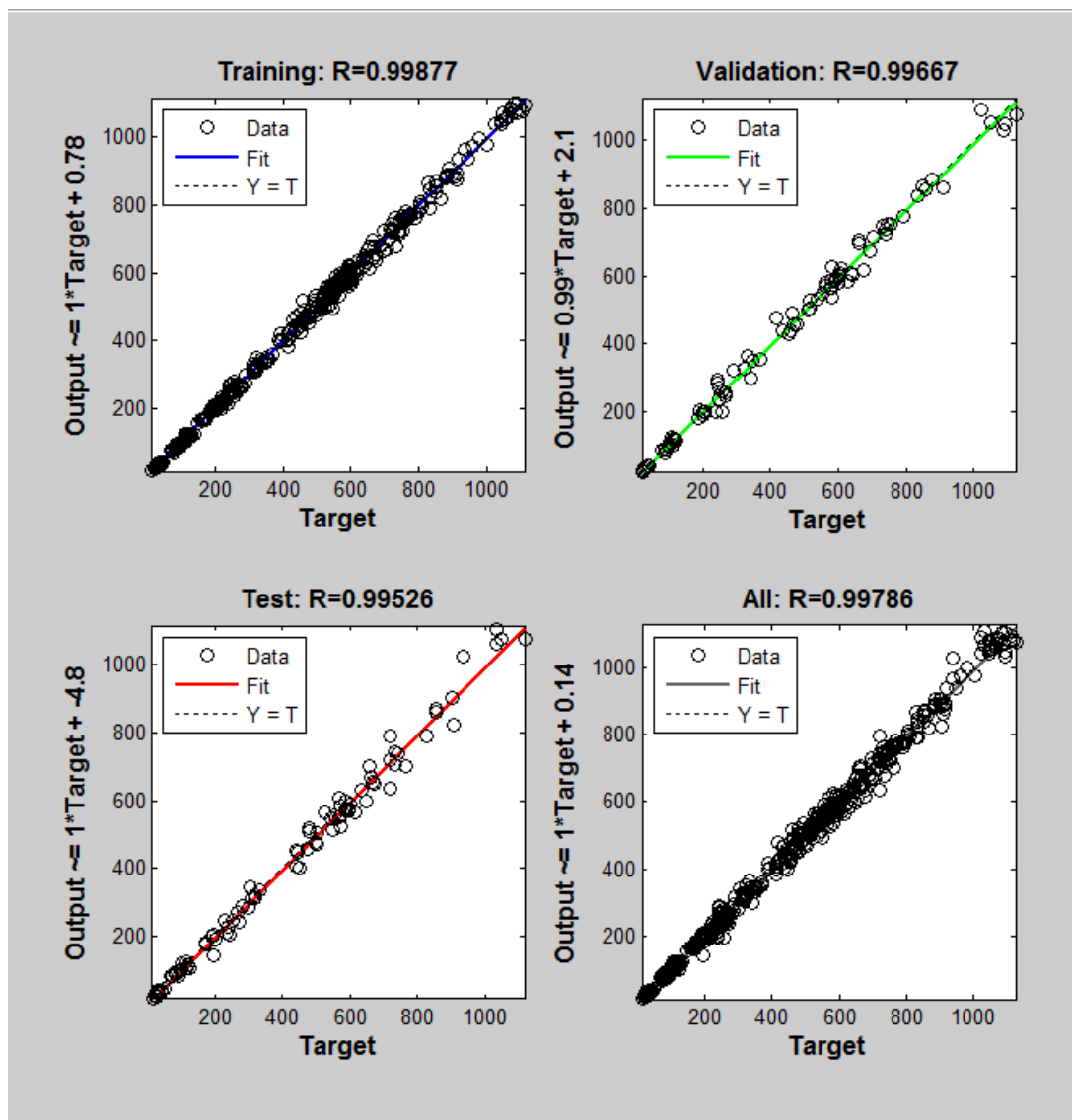
Results			
	 Samples	 MSE	 R
 Training:	22	208.85296e-0	9.98766e-1
 Validation:	5	594.83254e-0	9.96667e-1
 Testing:	5	838.60472e-0	9.95256e-1

El histograma del error, Figura IV.25, presenta 20 rectángulos, con apilamiento de las frecuencias del entrenamiento (azul), validación (verde) y prueba (rojo) de la red. En esta figura se muestra que la mayoría conjunta de los errores están cercanos a la línea del cero (-1,785), con algunos alejados de esa referencia (-41,76; 45,33).



**Figura IV.25**  
 Histograma del error  
 Gráficas de regresión del entrenamiento, validación y prueba

En la Figura IV.26 se muestran las gráficas de regresión del entrenamiento, validación y prueba de la red para la muestra de mujeres. En esa graficas los valores de los coeficientes de correlación (*training, validation, test & all*) son mayores que 99%, lo que indica la buena calidad de la data utilizada.









**Figura IV.26**  
Gráficas de regresión del entrenamiento, validación y prueba para muestra de mujeres

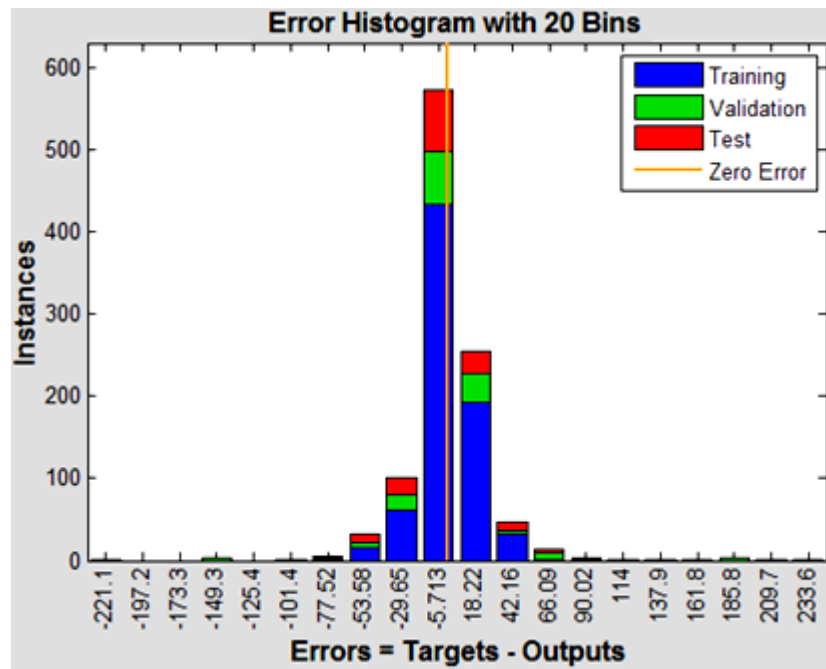
*Muestra de hombres*

Igual al procedimiento anterior para los hombres se establece con el siguiente resultado:

**Tabla IV.22**  
Resultados del entrenamiento, validación y prueba para la muestra de hombres

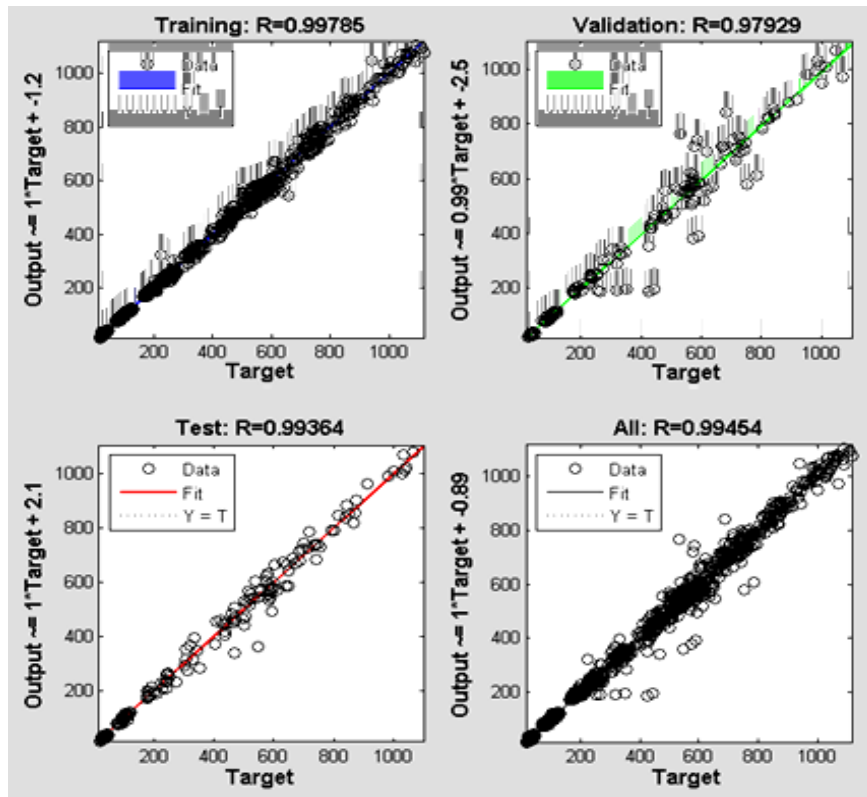
Results			
	 Samples	 MSE	 R
 Training:	39	362.18745e-0	9.97845e-1
 Validation:	8	3462.84907e-0	9.79294e-1
 Testing:	8	1046.80202e-0	9.93644e-1

De la Tabla IV.22 se observa que la función de entrenamiento presenta un error cuadrático medio de 362,1874 y el coeficiente de determinación de 99,7%; hay una alta correlación entre los valores de salida (*output*) y los objetivos (*target*). Los errores para la validación y prueba fueron de 3462,84 y 1043,8 y los coeficientes de determinación de 97,9% y 99,3% respectivamente.



**Figura IV.27**  
Histograma del error para la muestra de hombres

El histograma del error, Figura IV.27, presenta apilamiento de las frecuencias de entrenamiento (azul), validación (verde) y prueba (rojo) de la red. En esta figura se muestra que la mayoría conjunta de los errores están cercanos a la línea del cero (-5,713), con algunos alejados de ésta referencia (-53,58; 42,16).



**Figura IV.28**  
Gráficas de regresión del entrenamiento, validación y prueba para muestra de hombres

En la Figura IV.28 se muestran las gráficas de regresión del entrenamiento, validación y prueba de la red para la muestra de hombres. En esa graficas los valores de los coeficientes de determinación son mayores que 99% a excepción de la validación que fue de 97%, aun así con este último valor la data es de alta calidad.



## 7. Utilización de la red

Después de que la red ha sido entrenada y validada la configuración de la red puede ser utilizada para calcular la respuesta de ésta a cualquier entrada (*input*). Observando que el Asistente solo permite introducir la matriz de entrada con igual dimensión de la utilizada para entrenar la red, en el caso de la muestra conjunta una matriz de 87x4 con la variable talla ordenada de menor a mayor, asegurando que esos valores estén dentro de la gama del espacio de la entrada inicial.

Ahora bien en caso de querer conocer los valores estimados por la red para un solo valor de entrada (*input*) se reemplaza en la matriz de entrada (*input*) la primera fila con 4 nuevos valores fáciles de medir (**peso, talla, perímetro abdominal y edad**, además Welborn y Dhaliwal (2007) indican que el PA es superior al IMC para predecir el riesgo de enfermedad cardiovascular, las mismas variables fueron elegidas siguiendo los mismos criterios antropométricos/fisiológicos/médicos por otros autores como Al-Gindan, *et al.*, 2014:1043) y se utiliza la misma matriz objetivo (*target*), luego se procede con el Asistente al proceso para ejecutar una prueba adicional de la red neuronal (*Test Network*) con los pasos principales descritos anteriormente.

Para obtener los 19 valores de la primera fila de la matriz de salida (*output*) se escribe la siguiente instrucción en lenguaje Matlab:

```
>> a = net(inputs(:,1))
```

Donde “a” es una matriz de salida (*output*) de una sola fila con los 19 valores de las dimensiones antropométricas estimadas por la red neuronal. La siguiente Tabla IV.23 detalla el resultado obtenido.

#### IV.7.2. Validación de la capacidad predictora de la red neuronal artificial modelada

La validación de la capacidad predictora de la red neuronal artificial modelada con arquitectura 4-10-19, se presenta en la Tabla IV.23, los resultados indican la bondad del modelo.

**Tabla IV.23**

Validación de la capacidad predictiva de la red neuronal artificial (RNA) 4-10-19 modelada en este trabajo

Valores observados del sujeto masculino aleatorio: LJAV que no son parte del conjunto original de datos en la RNA	Entrada (input) negritas *	Salida (output)		
Características antropométricas y fisiológicas	Medido	Predicho	Diferencia	Error porcentual
*Edad, años <sup>7</sup>	<b>30</b>	--	--	--
*Estatura, mm <sup>7</sup>	<b>1762</b>	--	--	--
Altura de codo, mm	1085	1077	8	0,73
*Perímetro de cintura, mm <sup>7</sup>	<b>930</b>	--	--	--
Altura sentado (espalda recta), mm	920	893	27	2,93
Altura de ojos, sentado, mm	793	768	25	3,15
Altura de hombros, sentado, mm	636	616	20	3,14
Anchura de hombros (biacromial), mm	350	352	-2	0,57
Anchura de caderas, sentado, mm	551	528	23	4,17
Longitud de pierna (altura del poplíteo), mm	442	424	18	4,07
Altura del muslo, sentado, mm	567	571	-4	0,70
Espesor abdominal, sentado, mm	280	<b>226</b>	<b>54</b>	<b>19,28</b>
Alcance máximo horizontal agarre (puño cerrado) mm	740	736	4	0,54
Longitud rodilla – trasero, mm	628	594	34	5,41
Longitud del pie, mm	275	262	13	4,72
*Masa corporal, kg <sup>7</sup>	<b>78</b>	--	--	--
Índice de masa corporal, kg/m <sup>2</sup>	25	<b>23</b>	<b>2</b>	<b>8,69</b>
Longitud de la mano, mm	190	200	-10	5,26
Anchura palma de la mano (en los metacarpianos) mm	87	87	0	0,00
Anchura del pie, mm	100	102	-2	2,00
Longitud de la cara (Nación-mentón), mm	125	122	3	2,04
Longitud del poplíteo-trasero (profundidad asiento) mm	504	497	7	1,38
CAR, ml O <sub>2</sub> /kg-min	42	42	0	0,00

<sup>7</sup> Como variables de entrada en la RNA modelada, se emplean precisamente aquellas que son de fácil medida y de interés que siguen los criterios antropométricos/fisiológicos/médicos indicados por Al-Gindan, *et al.*, (2014:1043) y Welborn y Dhaliwal (2007): **edad, estatura, masa corporal y perímetro abdominal.**

No son admisibles el espesor abdominal sentado (226 mm) ni el índice de masa corporal ( $23 \text{ kg/m}^2$ ), los demás resultados predichos son aceptables en la práctica, para esas dos variables sus respectivos coeficientes de variación son los más altos entre las medidas antropométricas consideradas en este estudio, coincidiendo con la data presentada por los autores Pheasant & Haslegrave (2006:244 a 279) y Carmona (2003:128 a 223). Lo anterior permite decir que esas variables deben ser medidas directamente en el sujeto y excluirlas en la parte predictiva del modelo de la RNA.

Es importante acotar que el margen de error para las estimaciones de muestras se reduce con la raíz cuadrada del tamaño de muestra, en el entrenamiento de la RNA se empleó la data de 300 hombres, a lo que le corresponde un margen típico de error es de 6,06 % (Penn State Eberly College of Science. (s.f.), además la aceptabilidad de un porcentaje de error depende de la aplicación, por lo que se consideraron admisibles las predicciones con un error entre 0,00 y 6,05%.

Hyontai (2010), acota como importante que para cierta data existen experimentos que muestran la tendencia de que los *multilayer perceptrons* tienen un mejor desempeño al emplear una data relativamente grande para el entrenamiento.

#### **IV.7.3. Conclusiones del uso de las redes neuronales artificiales para predecir dimensiones antropométricas**

Este análisis muestra el uso de las redes neuronales artificiales para predecir dimensiones antropométricas utilizando como referencia unas variables de entrada, fáciles de obtener, y así crear datos de otras variables de salidas de mayor dificultad de medir. En este caso la arquitectura de la red, 4-10-19, mostró un término de predicción muy promisorio con lo que se espera que pueda ser utilizado para otros

finde de diseño de redes neuronales, a objeto de simular con precisión otras variables antropométricas en puestos de trabajo y equipos.

Para la población de mano de obra directa industrial venezolana (PMODIV) muestreada en la Región Central se puede utilizar para casos específicos, si las variables antropométricas de entrada están dentro del 1% al 99% percentil de la data original. Debe producir resultados muy cercanos a los valores reales, siempre y cuando no haya un sobreajuste en el proceso del entrenamiento de la red, ya que con ello no se puede generalizar para un conjunto de nuevos valores de entrada.

Con el presente análisis se indica que la red diseñada, con una arquitectura 4-10-19 y casi la totalidad de los coeficiente de determinación mayores que 99%, tiene habilidad para generalizar las salidas de otros valores de entradas que estén dentro del rango de los valores iniciales del diseño, coincidiendo con lo expresado anteriormente por Dipali Pandya & Dhaval Shah (2014:288), por lo que el modelo propuesto en esta tesis para predecir dimensiones antropométricas es adecuado.

#### **IV.8. Pruebas empleadas en el análisis estadístico**

##### **IV.8.1. Prueba de Rachas**

Se escogieron aleatoriamente nueve días del calendario laboral, durante los cuales entraron  $n = 188$  personas, que distribuidas por sexo correspondieron a:  $n_1 = 58$  mujeres (38,8%) y  $n_2 = 130$  hombres (69,2%), al servicio médico laboral donde se han entrevistado los sujetos para mediciones antropométricas del presente trabajo. Empleando el método de rachas, se dilucida si es aleatorio o no el orden de entrada de mujeres y hombres al servicio médico laboral.

Según la información expuesta en el programa Minitab (2015), es inapropiado basarse únicamente en la data obtenida en observaciones de un solo día para inferir el comportamiento de todo un proceso, pues no es lo suficientemente representativa.

El método que a continuación se sigue es el indicado por Wiedenhofer (2013:62-68):

**a) Hipótesis de la investigación**

Determinar si el orden de llegada respecto al sexo de los sujetos es aleatorio.

**b) Hipótesis estadística**

$H_0$ : se asume aleatoria

$H_1$ : se asume no aleatoria

Lo que implica una *prueba de dos colas*.

**c) Estadístico de prueba**

Se emplea el estadístico de rachas ( $r$ ) para la muestra.

**d) Nivel de significancia**

Empleado<sup>8</sup>  $\alpha = 0,05$ , puesto que los valores críticos disponible están a ese nivel.

---

<sup>8</sup> No hay nivel de significancia que se aplique para todas las pruebas. Se usa el nivel 0.05 con frecuencia, el nivel 0.05 se utiliza para proyectos de investigación de consumo, 0.01 para el aseguramiento de calidad y el de 0.10 para encuestas políticas. El investigador debe decidir qué nivel de significancia debe utilizar antes de realizar una regla de decisión, Campoverde (2008). Cuando más alto sea el nivel de significancia que utilizamos al probar una hipótesis, mayores probabilidades habrá de rechazar una hipótesis nula que sea verdadera, Campoverde (2014).

**e) Región crítica o área de rechazo**

En concordancia con el número de rachas ( $r$ ) se busca el valor crítico de  $r^*_{\min}$  y el valor crítico de  $r^*_{\max}$  en el Anexo J, tabla de valores críticos de  $r$  en la prueba de rachas, de Wiedenhofer (2013: 225,226).

*Se rechaza  $H_0$  si el número de rachas ( $r$ ) es:  $r \leq r^*_{\min}$  o  $r \geq r^*_{\max}$ .*

**f) Cálculos**

La Tabla IV.24 presenta las rachas ( $r$ ), las rachas mínimas críticas ( $r^*_{\min}$ ), las rachas máximas críticas ( $r^*_{\max}$ ), el número de sujetos ( $n$ ), el número de mujeres ( $n_1$ ), el número de hombres ( $n_2$ ), para por medio de una prueba de rachas de dos colas, decidir si el orden de entrada de mujeres y hombres es aleatorio o no al servicio médico laboral, en nueve fechas diferentes.

El autor Campoverde (2008) indica  $\alpha = 0,05$  como el nivel más empleado; igualmente Campoverde (2014) asevera que cuando más alto sea el nivel de significancia que utilizamos al probar una hipótesis, mayores probabilidades habrá de rechazar una hipótesis nula que sea verdadera.

**Tabla IV.24**

Prueba de rachas (dos colas) para el orden de entrada de mujeres y hombres al servicio médico laboral,  $H_0$ : secuencia aleatoria;  $H_1$ : secuencia no aleatoria

Día	Fecha	$n$	$n_1 = \text{mujer}$	$n_2 = \text{hombre}$	$r^*_{\min}$	$r = \text{rachas}$	$r^*_{\max}$	Decisión
1	20 01 16	20	05	15	04	09	11	No rechazar $H_0$
2	15 01 16	23	06	17	05	09	13	No rechazar $H_0$
3	15 12 15	33	07	26	06	10	15	No rechazar $H_0$
4	14 12 15	23	10	13	07	11	18	No rechazar $H_0$
5	24 08 15	18	15	13	04	07	11	No rechazar $H_0$
6	20 08 15	10	06	04	02	07	09	No rechazar $H_0$
7	18 08 15	17	07	10	05	10	14	No rechazar $H_0$
8	29 05 15	18	05	13	04	09	11	No rechazar $H_0$
9	30 04 15	26	07	19	06	10	15	No rechazar $H_0$
		$\Sigma n = 188$	$\Sigma n_1 = 58$ $\% n_1 = 30,8$	$\Sigma n_2 = 130$ $\% n_2 = 69,2$				

Los resultados de la Tabla IV.24 indicaron que para hombres y mujeres es aleatorio en todas las oportunidades el orden de entrada.

La prueba de rachas es relativamente poco poderosa, sin embargo, se utiliza además como una alternativa a la prueba de dos muestras de Wilcoxon para probar la afirmación de que dos muestras aleatorias que provienen de poblaciones que tienen la misma distribución y, por lo tanto, medias iguales, Walpole, *et al.* (2012:673).

#### IV.8.2. Prueba t de Student

Al emplear tamaños muestrales  $n \geq 30$  la violación del criterio de normalidad no causa mayores problemas, por ello en el presente estudio se aplica la prueba

paramétrica t Student, aunque no tuviese distribución normal, apegándose al criterio expuesto por Asghar Ghasemi & Saleh Zahediasl (2012).

- Se desea comprobar si los valores medios para la CAR (*característica*) indicados en Tabla IV.14 y Tabla IV.15, a un nivel de significancia ( $\alpha$ ) = 0,05 *son estadísticamente diferentes* para hombres y mujeres, proviniendo de poblaciones normales independientes, con tamaño muestral y varianzas iguales:

***Hipótesis estadística***

$H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0;$

$H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0;$  por lo tanto *se requiere un análisis bilateral.*

$\bar{x}_1 = \text{CAR}_{\text{Hombres}} = 39,9 \text{ ml O}_2/\text{kg-min},$   
 desviación típica  $s_1 = 5,0 \text{ ml O}_2/\text{kg-min}, s_1^2 = 25(\text{ml O}_2/\text{kg-min})^2, n_1 = 40,$   
 N° variables = 1;

$\bar{x}_2 = \text{CAR}_{\text{Mujeres}} = 33,6 \text{ ml O}_2/\text{kg-min},$   
 desviación típica  $s_2 = 2,2 \text{ ml O}_2/\text{kg-min}, s_2^2 = 4,84(\text{ml O}_2/\text{kg-min})^2, n_2 = 33,$   
 N° variables = 1.

Para las varianzas:

$H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2$

$H_1: \sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$

El estadístico de la prueba es  $f_0 = s_2^2 / s_1^2 = 4,84/25 = 0,19.$

Las muestras tienen tamaño diferente, siendo  $n_1 = 40$  y  $n_2 = 33 > 30$ ; se rechazará

$H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2$  si  $f_0 >$  que el valor tabulado  $f_{0,05/2; 40,33} = 1,9$  [Distribución F (s/f:16)].



Puesto que  $f_0 = 0,19 < f_{0,05/2; 40,33} = 1,9$  no puede ser rechazada la hipótesis nula planteada  $H_{00} : \sigma_1^2 = \sigma_2^2$  con el nivel de significación  $\alpha = 0,05$ . Por lo tanto las varianzas son iguales.

(a) Para las medias en esta prueba *t* los estadísticos empleados según Hamilton (2004:2) son:

- En el caso de muestras con *varianzas diferentes*, para determinar la *dispersión de las mediciones* se emplea la Aproximación de Satterthwaite:

$$SE_s = (s_1^2/n_1 + s_2^2/n_2)^{0,5} = 0,87.$$

- Para obtener el estadístico calculado de la prueba:

$$t_0 = (\bar{x}_1 - \bar{x}_2) / SE_s = \mathbf{7,24}.$$

(b) Alternativamente, para el caso de muestras *con varianzas iguales*, los estadísticos empleados según Montgomery y Runger (2011:389 a 391) son:

- La varianza estándar combinada (*pooled*) o promedio ponderado de las varianzas muestrales:

$$S_p^2 = [(n_1-1)S_1^2 + (n_2-1)S_2^2] / (n_1 + n_2 - 2) = 15,91 \text{ de donde } S_p = 3,98.$$

- Para obtener el estadístico calculado de la prueba *t*:

$$t_0 = [\bar{x}_1 - \bar{x}_2] / [S_p (1/n_1 + 1/n_2)^{0,5}] = \mathbf{6,77}.$$

Según Montgomery y Runger (2011:389):

los Grados de Libertad =  $\nu = n_1 + n_2 - N^\circ$  de variables (*medias*) = 71;

empleando  $\alpha = 0,05$ , pero en *el análisis bilateral (dos colas)* se usa  $\alpha/2 = 0,025$ , de la tabla Valores de  $t_\alpha$  de Miller & Freund (1965:399), se obtiene  $t^*_{\text{tabulado}} = 1,960$ .

Al comparar: la t calculada en (a):

$$t_0 = 7,24 > t^*_{\text{tabulada}} = 1,960$$

por tanto, según Montgomery y Runger (2011:390,392), se rechaza  $H_0$ .

Al comparar: la t calculada en (b):

$$t_0 = 6,77 > t^*_{\text{tabulada}} = 1,960$$

por consiguiente, aplicando el criterio de Montgomery y Runger (2011:390,392) se rechaza la hipótesis nula  $H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$ .

*Siendo entonces que para la PMODIV al emplear el nivel de significancia = 0,05: la  $CAR_{\text{Hombres}} = 39,9 \text{ ml } O_2/\text{kg-min}$  es estadísticamente diferente que la  $CAR_{\text{Mujeres}} = 33,6 \text{ ml } O_2/\text{kg-min}$ .*

Adicionalmente se indica que se empleó Minitab 17 “versión de prueba”, para comprobar la diferencia entre las medias, se empleó la Prueba t Student, con los resultados mostrados en la Tabla IV.25.

**Tabla IV.25**

Prueba t para las medias de la CAR de dos muestras independientes con varianzas y tamaño muestral desiguales,  $\alpha = 0,05$

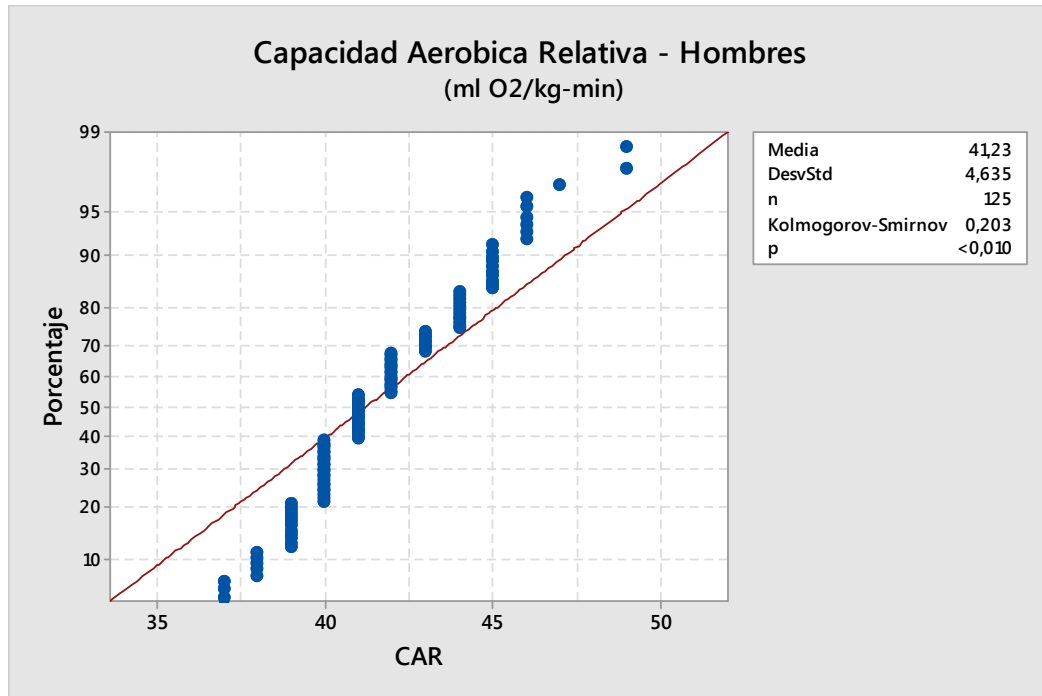
	Mujer	Hombre
	Capacidad aeróbica relativa ml O <sub>2</sub> / kg-min	Capacidad aeróbica relativa ml O <sub>2</sub> / kg-min
Media	34,46	40,02
Varianza	19,25	46,96
Observaciones	33,00	40,00
Diferencia hipotética de las medias	0,00	
Grados de libertad	67,00	
Estadístico t *	-4,19	
P(T<=t) una cola	0,00	
Valor crítico de t (una cola)	1,67	
P(T<=t) dos colas	<b>0,00</b>	
Valor crítico de t (dos colas)	2,00	

\* La prueba t al emplear un valor  $p < 0,05$  indica que se debe rechazar la hipótesis nula  $H_0: \mu_1 = \mu_2$  de que son iguales los valores de la medias y se acepta la hipótesis alternativa  $H_1: \mu_1 \neq \mu_2$  las medias son diferentes.

#### IV.8.3. Prueba de bondad de ajuste de Kolmogorov-Smirnov (K-S) de la variable capacidad aeróbica relativa (CAR) para una muestra de 124 varones de la mano de obra directa industrial venezolana

- Hoy en día no es necesario acometer laboriosos cálculos manuales para aplicar la prueba de bondad de ajuste de Kolmogorov-Smirnov (K-S), especialmente si se toman en cuenta, por ejemplo, más de  $n \geq 10$  valores, estando al alcance herramientas de cálculo técnico y simulación, paquetes como MINITAB, SPSS, STATGRAPHICS y el MATLAB, entre otros (Maneiro y Mejías, 2010:383), fue empleado el último para obtener los resultados que se indican en la Tabla IV.26.





**Figura IV.29**

Prueba de Kolmogorov-Smirnov para la capacidad aeróbica relativa (CAR)

#### IV.8.3.1. Consideraciones sobre la prueba de Kolmogorov-Smirnov (K-S), prueba de normalidad

Esta prueba compara la función de distribución acumulada empírica (ECDF) de los datos de la muestra con la distribución esperada si los datos fueran normales.

- Si esta diferencia observada es adecuadamente grande, la prueba rechaza la hipótesis nula de normalidad en la población.
- Si el valor  $p$  de esta prueba es menor que el nivel de significancia elegido (por ejemplo  $\alpha = 0,05$ ), se puede rechazar la hipótesis nula y concluir que se trata de una población no normal.

Las pruebas de K-S para bondad del ajuste (normalidad) son pruebas de una cola, porque siempre se prueba si las diferencias son mayores que el nivel  $\alpha$  especificado, Pruebas de Kolgomorov-Smirnov (2004:657).

#### **IV.8.3.2. Hipótesis estadística Kolmogorov-Smirnov (K-S)**

$H_0$ : la variable  $X$  se ajusta a una normal

$H_1$ : la  $H_0$  no es cierta

$\alpha = 0,05$

*Regla de decisión para este contraste*

Si  $p\text{-valor} \geq \alpha \Rightarrow$  Aceptar  $H_0$

Si  $p\text{-valor} < \alpha \Rightarrow$  Rechazar  $H_0$ .

Universidad de las Palmas de Gran Canaria (2002).

Por lo anterior puede concluirse que la capacidad aeróbica relativa (CAR), no sigue una distribución normal para los hombres sanos de la PMODIV, comprendidos en el rango de 34 a 49 ml  $O_2$ /kg-min, de 20 a 59 años y dentro del rango de 435 a 510 metros sobre el nivel del mar (msnm), ver Anexo B.

De acuerdo a lo anterior, si una variable no se ajusta a una distribución normal es razonable describirla mediante la Mediana y el Rango intercuartílico, de acuerdo a Llopis Pérez (2013).

#### **IV.8.4 Prueba de bondad de ajuste (normalidad) de Shapiro-Wilks de la variable capacidad aeróbica relativa (CAR) para una muestra de 124 varones de la población mano de obra directa industrial venezolana**

##### **IV.8.4.1. Consideraciones sobre la prueba de Shapiro-Wilks, prueba de normalidad**

La prueba Kolmogorov-Smirnov es menos potente, para tamaños de muestra mayores a 290 aproximadamente que la de Shapiro-Wilks, la cual es más potente a partir de tamaños de muestras de 280, según opinan Zuluaga Duque, Millán Hernández y Mosquera Restrepo (2009).

La Prueba de normalidad empleada adicionalmente es la de Shapiro-Wilks para la capacidad aeróbica relativa, basada en la Data primaria capacidad aeróbica relativa ( $\text{mlO}_2/\text{kg}\cdot\text{min}$ ), para de determinar (confirmar) si sigue una distribución normal para los hombres sanos de la PMODIV, comprendidos en el rango de 36 a 60  $\text{ml O}_2/\text{kg}\cdot\text{min}$ , para la muestra de 125 sujetos, se empleó el Shapiro-Wilks Test Calculator (2013), generándose la Figura IV.30.

El resultado de la prueba de Shapiro-Wilks es el mismo que al aplicar la prueba Kolmogorov-Smirnov: la variable capacidad aeróbica relativa (CAR), no sigue una distribución normal.

Calculate Shapiro-Wilk Statistic W	
<b>Result:</b>	
Number of samples:	125
Mean:	41.624
Standard Deviation:	2.779
Variance:	7.720
Kurtosis:	0.055
Calculated Shapiro-Wilk statistic W:	0.975948
Calculated Shapiro-Wilk p-value:	0.024894
Critical value of W (5% significance level):	0.979114
<input type="button" value="Clear Result"/>	

Reject Null Hypothesis as calculated W is less than the critical value of W.

**Figura IV.30**

Prueba de Shapiro-Wilks para la capacidad aeróbica relativa (CAR)

#### IV.8.5 Prueba de Kruskal-Wallis

Esta prueba no paramétrica también es aplicable cuando se están considerando rangos y las variables en escala nominal tal como el sexo. Sullivan (2016).

- Las medianas de la capacidad aeróbica absoluta CAA para los hombres y mujeres se calcularon a partir de la data de la Tabla IV.14 y la Tabla IV.15.

La Tabla IV.27 muestra el resultado de la prueba de Kruskal-Wallis para las medianas de la CAA en kcal/min (*característica: variable continua*) vs sexo (*atributo: escala nominal*); en donde se indica el valor de  $p < 0.01$ ; por lo que se rechaza la hipótesis nula de que las medianas de la CAA son iguales para ambos sexos.



**Tabla IV.27**

Prueba de Kruskal-Wallis, sexo vs mediana de la capacidad aeróbica absoluta (CAA)  
con  $\alpha = 0,05$

Sexo	<i>n</i>	Mediana	<i>z</i>	<i>p</i>
Masculino	40	15,95	6,25	< 0,01
Femenino	33	11,20	6,25	< 0,01

En este caso la prueba de Kruskal-Wallis es una prueba de dos colas, porque se trata de probar si las medianas son iguales o diferentes entre sí al nivel  $\alpha$  especificado, Montgomery y Runger (2011:749).

### ***Hipótesis estadística Kruskal-Wallis***

$$H_0: Me_1 = Me_2$$

$$H_1: Me_1 \neq Me_2$$

$$\alpha = 0,05$$

### *Regla de decisión para este contraste*

- Si  $H_{\text{calc}} \leq H_{\text{crit}} (\chi^2_{\alpha, a-1})$  Aceptar  $H_0$   
Si  $H_{\text{calc}} \geq H_{\text{crit}} (\chi^2_{\alpha, a-1})$  Rechazar  $H_0$ , Montgomery y Runger (2011:749)
  - Si  $p\text{-valor} \geq \alpha \Rightarrow$  Aceptar  $H_0$   
Si  $p\text{-valor} < \alpha \Rightarrow$  Rechazar  $H_0$ , Daneshmandi *et al.* (2013).
- Las *medianas* de los valores  $FCR_{15}$  para los hombres y mujeres se calcularon a partir de la data de la Tabla IV.14 y la Tabla IV.15.

Según la Tabla IV.28, los valores  $FCR_{15}$  (*característica: variable discontinua o discreta*) incrementan con el *rango de edad* (*característica: variable continua*, Valera Ibarra 2005:44), la prueba Kruskal-Wallis para la  $FCR_{15}$  mostró que estos valores son diferentes en todos los rangos o estratos, *por*

lo que se rechaza la hipótesis nula de que las medianas de las FCR<sub>15</sub> son iguales para todos los estratos etarios.

**Tabla IV.28**

Mujeres

Prueba de Kruskal-Wallis FCR<sub>15</sub> vs rango de edad con  $\alpha = 0,05$

Edad	n	Mediana	z	p
20-29	19	34	-2,92	< 0,01
30-39	21	39	2,65	< 0,01
40-49	19	37	-0,57	< 0,01
50-59	14	38	0,85	< 0,01

#### **IV.9. Comparar los resultados de la capacidad aeróbica de la población de mano de obra directa industrial venezolana con la de algunos de sus homólogos extranjeros**

Los resultados sobre la capacidad aeróbica de esta tesis se contrastan con los reportados por autores extranjeros como, Chaffin *Op. cit.* (1966): *The Prediction of Physical Fatigue During Manual Labor*; y los de Daneshmandi *et al.* (2013): *Estimation of Aerobic Capacity and Determination of its Associated Factors among Male Workers of Industrial Sector of Iran*.

Para los varones la capacidad aeróbica absoluta, conforme a Chaffin (1966:29), para el trabajador manual norteamericano es de 16,0 kcal/min; según Daneshmandi *et al.* (2013:669), para el trabajador iraní de 77,10 kg es de 13,85 kcal/min (35,95 ml O<sub>2</sub>/kg-min); en esta tesis para el venezolano (ver página 91, Tabla IV.9) se determinó en 14,0 kcal/min.

Estas diferencias, entre otras, pudieran ser imputables a las particularidades étnicas de cada población, las cuales son importantes considerar al ubicar al trabajador en su puesto de trabajo.

#### IV.10. Actividades (acciones), aportes y hallazgos teóricos, empíricos de la investigación

Las actividades, aportes y hallazgos de esta tesis doctoral, se exponen según el orden de aparición en el cuerpo de este trabajo, empezando con los objetivos y continuando con las actividades, tal como se indica en la Tabla IV.29.

**Tabla IV.29**  
Actividades (acciones), aportes y hallazgos

FASE METODOLÓGICA A		Resultado	Página
<b>Objetivo específico 1</b>			
<b>Sondeo previo poblacional para determinar la distribución etaria y por sexo, y el tamaño muestral</b>	<b>Tabla IV.1</b> Distribución, proporciones de la población laboral industrial de mano de obra directa venezolana ocupada, estratificada por sexo y edad, según el sondeo previo transversal.	78	<b>Primer hallazgo</b>
	<b>Tabla IV.2</b> Tamaño de la muestra de éste estudio en función de los coeficientes de variación y la talla, determinada por Araviche (2011), empleando la Norma técnica colombiana, NTC 5654 (2008).	80	<b>Primer aporte</b>
	<b>Tabla IV.3</b> Distribución y tamaño de la muestra de la población de mano de obra directa industrial venezolana por sexo y edad.	81	<b>Segundo aporte</b>
<b>Objetivo específico 2</b>			
<b>Modelar funciones de regresión predictoras de CAA</b>	Función de regresión mujeres Ec. (24), y Función de regresión hombres Ec. (25).	123	<b>Décimo cuarto aporte</b>
<b>Objetivo específico 3</b>			
<b>Modelar una técnica de redes neuronales artificiales (RNA) predictora de 18 dimensiones antropométricas y una variable fisiológica</b>	<b>IV.7.1.</b> Técnica de modelaje e instructivo para el análisis de datos antropométricos mediante redes neuronales artificiales (RNA).	125	<b>Décimo quinto aporte</b>
	No son admisibles el <b>espesor abdominal sentado</b> (226 mm) ni el <b>índice de masa corporal</b> (23 kg/m <sup>2</sup> ), los demás resultados predichos son aceptables en la práctica, para esas dos variables sus respectivos coeficientes de variación son los más altos entre las medidas antropométricas consideradas en este estudio, coincidiendo con la data presentada por los autores Pheasant & Haslegrave (2006:244 a 279) y Carmona (2003:128 a 223). Lo anterior permite decir que esas variables deben ser medidas directamente en el sujeto y excluirlas en la parte predictiva del modelo de la RNA.	147	<b>Décimo séptimo aporte</b>

**Tabla IV.29.** Actividades (acciones), aportes y hallazgos (continuación)

<b>FASE METODOLÓGICA A</b>	<b>Resultado</b>	<b>Página</b>	
<b>Objetivo específico 4</b>			
<b>Validar los modelos planteados</b>	<p><b>Funciones estadísticas de regresión</b>                      Empleando los valores medios de la Tabla IV.14 para <i>hombres</i>:  <math>CAA_{\text{Tabulado}} = 16,10 \text{ kcal/min}</math>,  <math>CAA_{\text{Calculado}} = 16,18 \text{ kcal/min}</math>.                      Empleando los valores medios de la Tabla IV.15 para <i>mujeres</i>:  <math>CAA_{\text{Tabulado}} = 11,30 \text{ kcal/min}</math>,  <math>CAA_{\text{Calculado}} = 11,21 \text{ kcal/min}</math>.                      Los resultados son tan cercanos que evidencian la bondad de los modelos.</p>	<b>124</b>	<b>Aporte</b>
	<p><b>Capacidad predictora de la red neuronal artificial modelada</b>  <b>Tabla IV.20</b>                      Validación de la capacidad predictiva de la red neuronal artificial (RNA) 4-10-19 modelada en este trabajo                      Los resultados indican la bondad del modelo.</p>	<b>146</b>	<b>Décimo sexto aporte</b>
<b>Objetivo específico 5</b>			
<b>Elaborar una base de datos antropométricos y capacidad aeróbica relativa: se eligieron veintidós variables antropométricas y una fisiológica de la población de mano de obra directa industrial venezolana, que caractericen a la población masculina y femenina de mano de obra directa industrial venezolana.</b>	<p><b>Tabla IV.17</b>                      Datos antropométricos y capacidad aeróbica relativa (CAR) de la población de la mano de obra directa industrial venezolana, mujeres y hombres por separado</p>	<b>114-121</b>	<b>Décimo tercer aporte</b>
<b>FASE METODOLÓGICA B</b>			
<b>Actividad 1</b>			
<b>Realizar Prueba Piloto para validar: los procedimientos de medida, documentos instrumentales y antropometristas</b>	<p>La Carta de consentimiento informado, Anexo C, y la Cédula antropométrica para estudios ergonómicos (CAPEE), referirse al Anexo F, se evaluaron para determinar su capacidad de información al sujeto/colaborador y su apego a la ética según los expertos pueden ser utilizados fiablemente.</p>	<b>85</b>	<b>Tercer aporte</b>
	<p><b>Tabla IV.6</b>                      Validación/aprobación por expertos de los instrumentos documentales.</p>	<b>85</b>	<b>Detalle del Tercer aporte</b>

**Tabla IV.29.** Actividades (acciones), aportes y hallazgos (continuación)

<b>FASE METODOLÓGICA B</b>	<b>Resultado</b>	<b>Página</b>	
<b>Actividad 2</b>			
<b>Contrastar la distribución de la población objetivo, con la población laboral formal española y la colombiana</b>	Habiéndose caracterizado la distribución de la mano de obra industrial colombiana y española, en la Tabla II.1, siendo posible entonces contrastarla con la distribución de la población venezolana, Tabla IV.7 de este trabajo, a partir de los cuales se aprecia que la distribución de la población laboral formal española y la colombiana es de forma piramidal y muy similar entre sí, en ambas el estrato que constituye la base es el más ancho.	<b>86</b>	<b>Tercer hallazgo</b>
	<b>Tabla IV.7</b> Distribución según el sondeo previo de la población de mano de obra directa industrial venezolana (PMDIV) ocupada, estratificada por sexo y edad, para una muestra mínima con un percentil 95 y una precisión relativa del 1%, $n = 185$ (124 hombres y 61 mujeres).	<b>88</b>	<b>Cuarto aporte</b>
<b>Actividad 3</b>			
<b>Medir variables: las fisiológicas y las antropométricas</b>	<b>Tabla IV.9</b> Caracterización de la población de mano de obra directa industrial venezolana (PMDIV) en base a variables selectas antropométricas y fisiológicas	<b>91</b>	<b>Quinto aporte</b>
	<b>Tabla IV.11</b> Capacidad promedio de trabajo físico (CPTF) <sub>Hombre</sub> . Ecuación 5	<b>96</b>	<b>Sexto aporte</b>
	<b>Tabla IV.12</b> Capacidad promedio de trabajo físico (CPTF) <sub>Mujer</sub> . Ecuación 7	<b>96</b>	<b>Séptimo aporte</b>
	<b>IV.4.3.</b> Relación de la capacidad aeróbica para los venezolanos (PMDIV) en base a la data de la Tabla IV.14 y Tabla IV.15.	<b>98</b>	<b>Octavo aporte</b>
	<b>Tabla IV.14</b> Data antropométrica y potencia aeróbica (VO <sub>2</sub> Máx.) <i>Observada</i> 40 venezolanos (Prueba del escalón <i>USDA Forest Service Step Test</i> )	<b>101</b>	<b>Noveno aporte</b>
	<b>Tabla IV.15</b> Data antropométrica y potencia aeróbica (VO <sub>2</sub> Máx.) <i>Observada</i> 33 venezolanas (Prueba del escalón <i>USDA Forest Service Step Test</i> )	<b>102</b>	<b>Décimo aporte</b>
	<b>Tabla IV.15</b> ... en la Tabla IV.15 en el estrato entre 40-49 años su capacidad aeróbica es mayor que lo que pudiera esperarse, apartándose de la tendencia general. Es importante acotar que el autor Jetté <i>et al.</i> (1976:681) reporta el mismo fenómeno para la mujer canadiense, pero para las edades entre 30-39 años.	<b>103</b>	<b>Cuarto hallazgo</b>
	<b>IV.4.6.</b> Determinar la correlación entre las capacidades aeróbicas (CAR y CAA) y algunas variables antropométricas. <b>Caso 1 al Caso 8.</b>	<b>103</b> <b>-</b> <b>112</b>	<b>Décimo primer aporte</b>
	<b>Tabla IV.16</b> Correlaciones entre capacidad aeróbica y las variables independientes	<b>113</b>	<b>Décimo segundo aporte</b>

**Tabla IV.29.** Actividades (acciones), aportes y hallazgos (continuación)

<b>FASE METODOLÓGICA B</b>	<b>Resultado</b>	<b>Página</b>	
<b>Actividad 4</b>			
<b>Comparar una base de datos antropométricos y capacidad aeróbica relativa</b>	<b>Tabla IV.18</b> Variación desde el año 2011 al año 2016 de la masa corporal y del índice de masa corporal en la población de mano de obra directa industrial venezolana	<b>122</b>	<b>Quinto hallazgo</b>
<b>Análisis estadístico</b>	<b>Tabla IV.24</b> Los resultados de la Tabla IV.24 indicaron que para hombres y mujeres es aleatorio en todas las oportunidades el orden de entrada.	<b>151</b>	<b>Décimo octavo aporte</b>
• Prueba de Rachas			
• Prueba t de Student	<b>Tabla IV.25</b> Prueba t para las medias de la CAR de dos muestras independientes con varianzas y tamaño muestral desiguales, $\alpha = 0,05$ . Las medias son diferentes.	<b>155</b>	<b>Décimo noveno aporte</b>
• Prueba de bondad de ajuste de Kolmogorov-Smirnov (K-S) de la variable capacidad aeróbica relativa (CAR) para una muestra de 124 varones de la PMODIV.	<b>Figura IV.29</b> Prueba de Kolmogorov-Smirnov para la capacidad aeróbica relativa (CAR)  La variable no se ajusta a una distribución normal.	<b>157</b>	<b>Vigésimo aporte</b>
• Prueba de bondad de ajuste (normalidad) de Shapiro-Wilks de la variable capacidad aeróbica relativa (CAR) para una muestra de 124 varones de la PMODIV.	<b>Figura IV.30</b> Prueba de Shapiro-Wilks para la capacidad aeróbica relativa  <i>La variable no sigue una distribución normal.</i>	<b>160</b>	<b>Vigésimo primer aporte</b>
• Prueba de Kruskal-Wallis	<b>Tabla IV.27</b> Prueba de Kruskal-Wallis, sexo vs mediana de la capacidad aeróbica absoluta (CAA). <i>Se rechaza la hipótesis nula de que las medianas de la CAA son iguales para ambos sexos.</i>	<b>161</b>	<b>Vigésimo segundo aporte</b>
	<b>Tabla IV.28</b> Prueba de Kruskal-Wallis FCR <sub>15</sub> vs rango de edad <i>Se rechaza la hipótesis nula de que las medianas de las FCR<sub>15</sub> son iguales para todos los estratos etarios.</i>	<b>162</b>	<b>Vigésimo tercer aporte</b>
<b>Actividad 5</b>			
<b>Comparar los resultados de la capacidad aeróbica de la población de mano de obra directa industrial venezolana con algunos de sus homólogos extranjeros</b>	Para los varones la capacidad aeróbica absoluta, conforme a Chaffin (1966:29), para el trabajador manual norteamericano es de 16,0 kcal/min; según Daneshmandi <i>et al.</i> (2013:669), para el trabajador iraní es de 13,85 kcal/min y en esta tesis para el venezolano se determinó en 14,0 kcal/min.	<b>163</b>	<b>Sexto hallazgo</b>

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y COLOFÓN**

#### **V.1. Conclusiones**

Esta tesis doctoral se realizó con la meta de ser una cabal contribución científica, desde el punto de vista matemático y estadístico, aplicando la disciplina científica de la ergonomía y la antropometría, y la fisiología como ciencias.

Al iniciar esta investigación se detectó que en Venezuela existía un déficit de información antropométrica y fisiológica de la población de mano de obra directa industrial.

El objetivo principal de este trabajo es modelar funciones de regresión predictoras de dimensiones fisiológicas en la población objetivo, seguido del modelaje de una red neuronal artificial como predictora de las variables antropométricas y fisiológicas, además generar una base de datos antropométricos y capacidad aeróbica que caracterice a la población de mano de obra directa industrial venezolana.

Los modelos estadísticos predictivos propuestos de capacidad aeróbica presentaron altos coeficientes de determinación, el modelo planteado de red neuronal artificial con el propósito de predecir variables antropométricas logró resultados dentro de un rango aceptable; por lo tanto, esos modelos son útiles como herramientas predictoras y de aplicación inmediata.

Los resultados obtenidos indican que la red neuronal artificial modelada e igualmente las funciones de regresión son útiles para mejorar el diseño ergonómico de: ropa, equipo de seguridad personal, lugares de trabajo y, la relación armoniosa entre el trabajador y su entorno laboral, lo que coadyuva a preservar su salud incrementando su satisfacción personal, la productividad y calidad del producto final.

La generación de conocimiento contenida en este trabajo fomenta la mejora inaplazable en la interacción entre lo académico y el mundo empresarial.

El haber obtenido una base de datos antropométricos y capacidad aeróbica que caracterice a la población de mano de obra directa industrial venezolana, constituyó un aporte que subsanó el déficit de información en ese campo.

## **V.2. Recomendaciones**

- Propulsar programas para aumentar la capacidad aeróbica relativa (CAR) de la población de mano de obra directa industrial venezolana, para mejorar su salud y productividad laboral.
- Elaborar y publicar tablas con data autóctona venezolana que presenten las relaciones entre: edad, índice de acondicionamiento físico y capacidad de trabajo físico, para hombres y mujeres de la población de mano de obra directa industrial venezolana (PMODIV); tomando en cuenta para los cálculos el valor *quasi* normal del índice de masa corporal y su relación con la estatura; para enmendar el que de otra forma es un *valor muy alto resultante, con*



*efecto distorsionador* de la capacidad aeróbica absoluta (CAA), el cual no tiene sentido aplicarlo al tratar de ubicar al trabajador en un puesto de trabajo cuyas exigencias pudiesen ser diferentes a la capacidad del trabajador.

- Llevar a cabo estudios que amplíen la data de variables antropométricas requerida para diseñar puestos de trabajo, uno de ellos específicamente puede ser el de *Manipulación manual de cargas en posición de bipedestación*, recomendado por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, España (2011).
- Realizar estudios epidemiológicos transversales que permitan caracterizar otras poblaciones venezolanas, tales como: bomberos, cuerpos policiales y otros, para los cuales es fundamental conocer los valores de algunas variables antropométricas, entre otras: la estatura, la masa corporal y, la variable fisiológica: la potencia aeróbica o capacidad aeróbica relativa, especialmente esta última, que de acuerdo a las exigencias de cada oficio posiblemente sería diferente y específica, al considerarla como una competencia de umbral.
- Los conocimientos que aporta el presente trabajo, ayudan a proteger la salud del trabajador, a potenciar su satisfacción y rendimiento laboral, al orientar su ubicación en puestos acorde a su capacidad aeróbica, lo cual es una práctica ergonómica que amerita tenerla permanentemente en cuenta.
- Que las autoridades universitarias a nivel nacional conformen una comisión *Ad hoc* para estudiar y solicitar al órgano legislativo que se reconozca como

responsabilidad social y que sea obligatorio atender las solicitudes de colaboración hacia los estudiantes tesistas universitarios, con proyectos debidamente sustentados por sus casas de estudio; la contrapartida podría ser una generosa reducción al impuesto sobre la renta que de algún modo sea proporcional a la ayuda concedida al tesista, tomando como base la Ley Orgánica de Ciencia, Tecnología e Innovación (LOCTI, 2012):

- **Ley Orgánica de Ciencia, Tecnología e Innovación (LOCTI, 2012).**  
Web: 05 07 2016. [www.ivic.gob.ve/variados/locti.pdf](http://www.ivic.gob.ve/variados/locti.pdf)

**Artículo 27**

**Apartado 1.** “proyectos de innovación relacionados con actividades que involucren la obtención de nuevos conocimientos o tecnologías en el país, con participación nacional en los derechos de propiedad intelectual, en las áreas prioritarias establecidas por la autoridad nacional, con competencia en materia de ciencia, tecnología, innovación y sus aplicaciones.

*Aspecto “d”* “participación, investigación e innovación en universidades y centros de investigación e innovación del país, en la introducción de nuevos procesos tecnológicos, esquemas organizativos, obtención de nuevos productos o de procedimientos, exploración de necesidades y, en general, procesos de innovación con miras a resolver problemas concretos de la población venezolana.

**Apartado 4.** Actividades de investigación y escalamiento que incluyan:

*Aspecto “d”* promoción y divulgación de las actividades de ciencia, tecnología, innovación y sus aplicaciones realizadas en el país, sin fines comerciales.

### V.3. Colofón

Este estudio reúne aportes aprovechables por el sistema individuo-trabajo, el sistema académico, el sistema empresarial, el sistema político y social, y el sistema legislativo.

## GLOSARIO

### – **Epidemiología**

- La Epidemiología es el estudio que se efectúa sobre el pueblo o la comunidad, en lo referente a los procesos de Salud y Enfermedad. Pareja, R. (2011).

- La epidemiología es la disciplina científica que estudia la frecuencia y distribución de fenómenos relacionados con la salud y sus determinantes en poblaciones específicas, y la aplicación de este estudio al control de problemas de salud... tiene un objeto de conocimiento como es el proceso salud/enfermedad/atención (SEA) de las poblaciones; cuenta con un paradigma y por tanto dispone de un método propio, premisas y categorías. Olivero (2013:12. 13).

– **Capacidad aeróbica absoluta (CAA).** Se refiere a la capacidad del sujeto para sostener un consumo metabólico en un trabajo físico durante un período de tiempo variable, Márquez (2007:130), es la cantidad total de energía aeróbica o de calorías que el cuerpo puede generar (George *et al.*, 2007:101) usualmente indicada en *kcal/min*, deducible matemáticamente de la capacidad aeróbica relativa (CAR).

– **Capacidad aeróbica relativa (CAR).** Es la potencia aeróbica o  $VO_2$  máx., frecuentemente expresada en *ml O<sub>2</sub>/kg-min*, es generalmente el mejor indicador para valorar la capacidad de trabajo físico, *es una competencia personal o capacidad de umbral (passing score)*, Sharkey & Davis (2008:14,15,80), la cual se determina

objetivamente por métodos directos o indirectos (Manero Alfert *et al.*, 1986:170), es un importante indicador fisiológico o índice de salud conexas con la condición física, según Rosa Guillamón *et al.* (2014:8); a menos que se sugiera otra cosa la CAR indica la tasa bruta de consumo de O<sub>2</sub>: sumatoria de en reposo y en actividad Heyward (2010:66).

Algunas pruebas de medición indirecta de la CAR: la Canadian Home Fitness, Jetté *et al.* (1976), la prueba de Astrand que utiliza un cicloergómetro y, la prueba del escalón, George *et al.* (2007:104, 112); Ashok, Sridhar, Anand, Chate & Shreevathsa (2014:356), indican que en estudios de campo y grandes grupos, la prueba del escalón es ideal.

– **Capacidades o competencias umbral (esenciales).** Son aquellas que se necesitan para lograr una actuación media o mínimamente adecuada. (Díaz Nava y Márquez Guanipa (2007).

– **Confiabilidad.** Referida a un producto, es el grado o probabilidad de que éste funcione, dentro de los límites especificados por al menos el tiempo especificado bajo las condiciones ambientales especificadas. (Miller & Freund, 1965:363).

La confiabilidad que puede ser obtenida con un instrumento de medición, es el grado en que su aplicación repetida al mismo sujeto produce resultados iguales. (Hernández Sampieri, Fernández Collado y Baptista Lucio, 2010:200).

- **Ecuaciones de regresión múltiple.** Son las que tienen una variable dependiente continua y más de una variable independiente Higgins (2005:2).
- **Ecuaciones de regresión simple.** Las ecuaciones de regresión simple son aquellas que tienen una variable dependiente y una variable independiente Walpole *et al.* (2012:390); hay que resaltar que el concepto matemático de regresión asume que las variables tienen distribuciones normales Osborne & Waters (2002:1).
- **Frecuencia cardíaca (latidos) durante 15 segundos entre el segundo 15 y el 30 después de 5min de la prueba.** FCR<sub>15</sub>. George *et al.* (2007:105). Se detecta por palpación en arteria radial de la muñeca o empleando un estetoscopio sobre el tercer espacio intercostal a la izquierda de esternón, Heyward (2010: 33).
- **Índice de masa corporal (IMC).** Relación del peso corporal respecto al cuadrado de la estatura, en este estudio se emplea el sistema métrico internacional, kg/metro<sup>2</sup>, Simopoulos (1986).
- **Innovar.** Mudar o alterar algo, introduciendo novedades. Diccionario Real Academia Española (2016).
- **Masa corporal (MC).** Es la cantidad de materia presente en un cuerpo humano. (Heyward, 2010:40).
- **Metaheurística.** La metaheurística es un método de solución general que proporciona tanto una estructura general como criterios estratégicos para desarrollar

un método heurístico específico que se ajuste a un tipo particular de problema. La metaheurística se ha convertido en una de las técnicas más importantes del paquete de herramientas que utilizan los profesionales de Investigación de Operaciones (IO).

*Naturaleza de la metaheurística.* La metaheurística es un tipo general de método de solución que organiza la interacción entre procedimientos de mejora local y las estrategias de más alto nivel para crear un proceso que sea capaz de un óptimo local y realizar una búsqueda vigorosa de una región factible. Hillier y Lieberman (2010:563,566).

Entre los *tipos de metaheurística* están las Redes Neuronales Artificiales (RNA), ellas son un recurso computacional empleadas para la solución de problemas de optimización, Moreno Pérez (2005).

– **Método heurístico.** Es un procedimiento que trata de descubrir una solución factible muy buena, pero no necesariamente una solución óptima, para el problema específico bajo consideración. No puede darse una garantía de la calidad de la solución al menos que esté cerca de ser óptima (o concluir que no existen tales soluciones).

El procedimiento también debe ser suficientemente eficiente como para manejar problemas muy grandes. Con frecuencia el procedimiento es un *algoritmo*

*iterativo* novedoso, donde cada iteración implica la realización de una búsqueda de una nueva solución que puede ser mejor que la que se encontró con anterioridad.

Cuando el algoritmo termina después de un tiempo razonable, la solución que proporciona es la mejor que se pudo encontrar en cualquier iteración. Los métodos heurísticos tienden a ser *Ad hoc* por naturaleza. Hillier y Lieberman (2010:563).

- **Perímetro abdominal (PA) o perímetro de cintura.** Medición de la distancia alrededor del abdomen en un punto específico, por lo general a nivel del ombligo, Linguee (2016).
- **Población accesible o elegible.** También denominada población muestreada, es la porción finita de la población objetivo a la que realmente se tiene acceso y de la cual se extrae una muestra representativa.
- **Población objetivo.** Es un conjunto finito o infinito de elementos con características comunes para las cuales serán extensivas las conclusiones de la investigación. Esta queda delimitada por el problema y por los objetivos del estudio. Arias (2012:81, 82).
- **Talla o estatura (T).** Altura de una persona desde los pies a la cabeza. The free Dictionary (2016).

- **Validación.** La validación confirma, mediante evidencia objetiva, que se han cumplido los requisitos para una utilización o aplicación específica prevista. (FONDONORMA ISO 9000:2006).
  
- **Validez.** En términos generales se refiere al grado en que un instrumento realmente mide la variable que pretende medir (Hernández Sampieri *et al.*, 2010:201).
  
- **Variabilidad.** Indica que observaciones sucesivas de un sistema o fenómeno no producen exactamente el mismo resultado. (Montgomery y Runger, 2011:3).
  
- **Verificación.** Confirmación mediante la aportación de evidencia objetiva de que se han cumplido los requisitos especificados. (FONDONORMA ISO 9000:2006).

El glosario, se ubicó en las páginas finales siguiendo los lineamientos indicados en el texto de la Normalización de las tesis de grado o titulación (2005).



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS DE LA INVESTIGACIÓN

- Adler, D. (1999). *Metric Handbook Planning and Design Data*. 2nd Ed. edited by, Architectural Press. Web: 28 02 2016.  
[http://www.roymech.co.uk/Useful\\_Tables/Human/Human\\_sizes.html](http://www.roymech.co.uk/Useful_Tables/Human/Human_sizes.html)
- Agha S.R. & Alnahhal M.J. (2012). *Neural network and multiple linear regression to predict school children dimensions for ergonomic school furniture design*. *Applied Ergonomics*, 43 (2012) 979-984. Elsevier. Web: 09 08 2016.  
<http://isiarticles.com/bundles/Article/pre/pdf/8320.pdf>
- Alcalde-Lapiedra, V., Bascuas-Hernández, J.; Pérez, A., Álvarez Zárata, J.M.; y Latorre, C. (1997). *Antropometría. Estudio antropométrico de la población laboral de Opel España S.A.* Manual de Ergonomía. Editorial Mapfre. Mapfre Seguridad N° 68. Cuarto Trimestre 1997. Páginas 15 a 19. Web: 23 06 2012.  
[https://www.fundacionmapfre.org/documentacion/publico/es/catalogo\\_imagenes/grupo.cmd?path=1019504](https://www.fundacionmapfre.org/documentacion/publico/es/catalogo_imagenes/grupo.cmd?path=1019504)
- Al-Gindan, Y. Y.; Hankey, C.; Govan, L.; Gallagher, D.; Heymsfield, S. B.; & Lean, M. EJ. (2014). Derivation and validation of simple equations to predict total muscle mass from simple anthropometric and demographic data. *Am J Clin Nutr* 2014;100:1041–51. Printed in USA. 2014 American Society for Nutrition. Web: 13 11 2016.  
<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.951.3906&rep=rep1&type=pdf>
- Araviche, L. (2011). *Descripción antropométrica de la población laboral de mano de obra directa de una empresa de alimentos del estado Aragua*. Tesis de grado para optar el título de Ingeniero Agrónomo (Mención Agroindustrial), Facultad de Agronomía, Departamento de Química y Tecnología. Universidad Central de Venezuela. Maracay, Venezuela.
- Arias, F.G. (2012). *El proyecto de investigación*. 6° edición. Editorial Episteme. Caracas. Venezuela.

- Ary, D.; Jacobs, L. & Razavieh, A. (1979). *Introduction to Research in Education*. Second edition. Library of Congress Cataloging in Publication Data. Holt, Rinehart and Winston. New York. 1979. ISBN: 0-03-020606-5. Web: 29 08 2015. <http://ww2.odu.edu/~jritz/attachments/itrie.pdf>
- Asghar Ghasemi & Saleh Zahediasl (2012). *Normality Tests for Statistical Analysis: A Guide for Non-Statisticians*. Int. J Endocrinol Metab. 2012 Spring; 10(2): 486–489. Web: 21 05 2016. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3693611/>
- Ashok, G.; Sridhar, R.; Anand, K.; Chate, V. A. & Shreevathsa (2014). *Physical Fitness Test: A Tool to Assess Shariri Bala*. *Journal of Biological & Scientific Opinion*. Volume 2(6):355-358. Web: 05 01 2015. [www.jbsoweb.com/admin/php/uploads/173\\_pdf.pdf](http://www.jbsoweb.com/admin/php/uploads/173_pdf.pdf)
- Ávila, R.; Prado, L. R. y González, E. L. (2007). *Dimensiones Antropométricas de la Población Latinoamericana*. Web 23 03 2016: [https://www.researchgate.net/publication/31722433\\_Dimensiones\\_antropometricas\\_de\\_la\\_poblacion\\_latinoamericana\\_Mexico\\_Cuba\\_Colombia\\_Chile\\_R\\_Avila\\_Chaurand\\_LR\\_Prado\\_Leon\\_EL\\_Gonzalez\\_Munoz](https://www.researchgate.net/publication/31722433_Dimensiones_antropometricas_de_la_poblacion_latinoamericana_Mexico_Cuba_Colombia_Chile_R_Avila_Chaurand_LR_Prado_Leon_EL_Gonzalez_Munoz)
- Balestrini Acuña, M. (2006). *Como se elabora el proyecto de investigación*. BL Consultores Asociados. Venezuela.
- Bastidas, S. y Chacón, M. (2001). *Modelamiento de asignación de enfermeras utilizando Redes Neuronales y Branch and Bound*. Memorias II Congreso Latinoamericano de Ingeniería Biomédica, La Habana, Cuba. Web: 13 02 2014. <http://www.sld.cu/eventos/habana2001/arrepdf/00416.pdf>
- Bhuiyan, T.H. & Hossain, S.J. (2015). *University hall furniture design based on anthropometry: an artificial neural network approach*. Abstract. International Journal of Industrial and Systems Engineering, January 2015 Vol.20, No.4, 2015, pp.469-482 Web: 09 08 2016. [https://www.researchgate.net/publication/259719749\\_University\\_Hall\\_Furniture\\_Design\\_based\\_on\\_Anthropometry\\_An\\_Artificial\\_Neural\\_Network\\_Approach](https://www.researchgate.net/publication/259719749_University_Hall_Furniture_Design_based_on_Anthropometry_An_Artificial_Neural_Network_Approach)
- Blanco, A. (2015). *Estudio de la Distribución Espacial y Cartografía Digital de Algunas Propiedades Físicas, Químicas e Hidrodinámicas de Suelos de la Cuenca del Segurason*. Web: 11 10 2016. <https://digitum.um.es/jspui/bitstream/10201/.../TESIS%20ARANTZAZU%202015.pdf>

- Bravo, V. & Espinoza, J. R. (2016). *Factores de Riesgo Ergonómico en Personal de Atención Hospitalaria en Chile*. Web: 13 03 2017.  
<http://www.scielo.cl/pdf/cyt/v18n57/0718-2449-cyt-18-57-00150.pdf>
- Burgos, F.J. y Escalona, E (2016b). *Relación entre capacidad aeróbica e índices antropométricos en los trabajadores manuales venezolanos*. Revista Ingeniería Industrial-Año 15, N° 2: 147-162, 2016. Universidad del Bio Bio, Chile. Web: 5 10 2017. <http://revistas.ubiobio.cl/index.php/RI/article/view/2780>
- Burgos, F.J. y Escalona, E. (2015a). *Potencia Aeróbica y Capacidad Promedio de Trabajo Físico de la Población Laboral Industrial Venezolana*. Localización: Ponencia aceptada y leída en la I Jornada de Investigación Científica-Tecnológica Emergente en Ingeniería en el Marco del Encuentro Académico-Gubernamental-Empresarial-Comunitario y el I Congreso de Investigación Doctoral en Ingeniería, 28,29 y 30 de abril 2015. U. de Carabobo, Valencia, Estado Carabobo, Venezuela. Web: 02 08 2016. <http://riuc.bc.uc.edu.ve/bitstream/123456789/3394/5/potencia.pdf>
- Burgos, F.J. y Escalona, E. (2015b). Redes neuronales artificiales para predecir variables antropométricas de trabajadores que laboran en postura sedente. Ingeniería y Sociedad UC. Vol 10, No.2 p:108-123 Web: 28 03 2016. <http://servicio.bc.uc.edu.ve/ingenieria/revista/IngenieriaySociedad/a10n2/art01.pdf>
- Burgos, F.J. y Escalona, E. (2015c). *Diseño Muestral (Propuesta Metodológica) de la Población Laboral Venezolana, para Aplicaciones Ergonómicas*. Localización: Ponencia aceptada y leída en el VIII Simposio Internacional de Ingeniería Industrial Nuevas Tendencias 2015, Departamento de Ingeniería Industrial de la Universidad del Bio-Bio 5, 6,7 de Agosto 2015. Concepción, Chile. Web: 02 08 2016. <http://riuc.bc.uc.edu.ve/bitstream/123456789/3393/4/potenciadp.pdf>
- Business Encyclopedia (2014). *Direct and Indirect Labor Overhead Explained*. Updated 2015-03-14. ISBN 978-1-929500-10-9. Web: 15 03 2015. <https://www.business-case-analysis.com/direct-labor.html>
- Campoverde H., H. (2008). *Paso 2: Nivel de significancia. Estadística*. Web: 23 03 2016. <http://es.slideshare.net/hmcampoverde/nivel-de-significancia>
- Campoverde, H. (2014). *Estadística y probabilidades*. Tema: Pruebas de hipótesis 1. Web: 22 03 2016. <http://es.slideshare.net/rauln2/pruebas-de-hipotesis-1>

- Carmona, A. (2003). *Aspectos antropométricos de la población laboral española, aplicados al diseño industrial*. Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, Madrid, España.
- Ceballos, J. (2004). *Aplicación de redes neuronales para optimizar problemas multirespuesta en mejora de la calidad*. Gestión y producción. Revista de la Facultad de Ingeniería Industrial Vol. (7)2: pp. 31-34 (2004). Web: 27 03 2016. [http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/publicaciones/indata/Vol7\\_n2/Pdf/a05.pdf](http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/publicaciones/indata/Vol7_n2/Pdf/a05.pdf)
- Chaffin, D.B. (1966). *The Prediction of Physical Fatigue During Manual Labor*. Journal of Methods-Time Measurements. Nov. /Dec., 1966, Vol., XI (5). pp. 25-32.
- Chakraborty, M. (2012). *Artificial Neural Network for Performance Modeling and Optimization of CMOS Analog Circuits* [Abstract]. International Journal of Computer Applications. Volume 58 Number 18: 6-12. Web: 07-12-2013. <http://www.ijcaonline.org/archives/volume58/number18/9380-3731>
- Chourio, J. H. (1987). *Estadística II*. Editorial Biosfera. Caracas, Venezuela
- Coefficient of determination calculator* (s.f.). Web: 02 09 2016. <https://www.easycalculation.com/statistics/r-squared.php>
- Correlation Test Online Calculator* (s.f.). Web: 25 09 2016. <https://www.answerminer.com/calculators/correlation-test/Yn7isqgi/is-there-a-correlation-between-x-and-/>
- Craig, N.C. (1984). *Physiology and the woman athlete*. 2 August 1984 N° 1415 Weekly 90p. Newscientist ...and mat the best science win. Londrés. Web: 21 09 2016. [https://books.google.co.ve/books?id=LFiwUkZcC0kC&pg=PA24&lpg=PA24&dq=is+aerobic+power+ml+O2/kg+min+normally+distributed&source=bl&ots=puNMLiAdDw&sig=tYOKYvFt384EE7EKhVK\\_L1PkeYw&hl=es&sa=X&ved=0ahUKewjtopmdhKDPAhWJ\\_R4KHSuKCz0Q6AEIVDAG#v=onepage&q=is%20aerobic%20power%20ml%20O2%20Fkg%20min%20normally%20distributed&f=false](https://books.google.co.ve/books?id=LFiwUkZcC0kC&pg=PA24&lpg=PA24&dq=is+aerobic+power+ml+O2/kg+min+normally+distributed&source=bl&ots=puNMLiAdDw&sig=tYOKYvFt384EE7EKhVK_L1PkeYw&hl=es&sa=X&ved=0ahUKewjtopmdhKDPAhWJ_R4KHSuKCz0Q6AEIVDAG#v=onepage&q=is%20aerobic%20power%20ml%20O2%20Fkg%20min%20normally%20distributed&f=false)
- Cross, B., Harrison, R. & Lee Kennedy, R. (1995). *Introduction to neural networks*. Neural networks. The Lancet 1995; 346, 1075-79. Web: 29 03 2016. <http://search.proquest.com/openview/0f6cf189fe24d11aa2560c218e81cb02/1.pdf?pq-origsite=gscholar&cbl=40246>

Daneshmandi, H; Rajee Farad, A. & Alireza Choobineh, A. (2013). *Estimation of Aerobic Capacity and Determination of its Associated Factors among Male Workers of Industrial Sector of Iran*. International Journal of Occupational Safety and Ergonomics (JOSE) 2013, Vol. 19, N°4, 667-673. Web: 31 05 2016. <http://archiwum.ciop.pl/63050>

*Declaración de Helsinki de la Asociación Médica Mundial - Principios éticos para las investigaciones médicas en seres humanos* (2013). Universidad de Navarra, Centro de Documentación de Bioética. Comprobado el 12 de diciembre de 2013. <http://www.unav.es/cdb/ammhelsinki2.html>

Díaz Nava, J. y Márquez Guanipa, J. (2007). *Estimación del potencial de competencias en la implementación de ejes transversales en instituciones de educación superior*. Discusión pedagógica. Universidad del Zulia. Sapiens, v.8 n.1. Web 12 07 2015. [http://www2.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1317-58152007000100014&lng=es&nrm=i](http://www2.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1317-58152007000100014&lng=es&nrm=i)

Diccionario Real Academia Española (2016) *Innovar*. Web: 06 07 2016. <http://dle.rae.es/?w=innovara>

Dipali Pandya & Dhaval Shah (2014:288) *Experimentation and Its Prediction of Process Parameters Effects on Elongation in Tensile Test of AISI 1008 Steel Using ANN Model*. Procedia Technology 14 (2014) 282 – 289. Web: 03 02 2017. [http://ac.els-cdn.com/S2212017314000735/1-s2.0-S2212017314000735-main.pdf?\\_tid=269d4de6-ea53-11e6-bc9f-00000aab0f02&acdnat=1486155533\\_06f8314686f32a66c4391c59f48b0508](http://ac.els-cdn.com/S2212017314000735/1-s2.0-S2212017314000735-main.pdf?_tid=269d4de6-ea53-11e6-bc9f-00000aab0f02&acdnat=1486155533_06f8314686f32a66c4391c59f48b0508)

Distribución F (s/f). *Tablas de la estadística*. Web: 06 09 2016. <https://jrvargas.files.wordpress.com/2010/07/tablas-de-estadistica.pdf>

Drillis, R., Contini, R. & Bluestein, M. (1996). *Body Segment Parameters, A Survey of Measurement Techniques*. Web: 27 03 2016. [http://www.oandplibrary.org/al/pdf/1964\\_01\\_044.pdf](http://www.oandplibrary.org/al/pdf/1964_01_044.pdf)

Escalona, E. (2015). Comunicación personal: *dimensiones antropométricas de interés*.

Escalona, E., Yonusg, M., González, R., Chatigny, C. y Seifert, A. (2002). *La ergonomía como herramienta para trabajadoras y trabajadores*. Editorial Tatum, C.A. Valencia, Venezuela.

Escobar-Pérez, J. y Cuervo-Martínez, A. (2008). Validez de contenido y juicio de expertos: una aproximación a su utilización. Avances en Medición, 6, pp.27-36. Web: 12 11 2015. [http://www.humanas.unal.edu.co/psicometria/files/7113/8574/5708/Articulo3\\_Juicio\\_de\\_expertos\\_27-36.pdf](http://www.humanas.unal.edu.co/psicometria/files/7113/8574/5708/Articulo3_Juicio_de_expertos_27-36.pdf)

- Estrada, J.; Camacho, J. A.; Restrepo, M. T. y Parra, C. M. (1998). *Parámetros antropométricos de la población laboral colombiana 1995*. ACOPLA 95. Univers. de Antioquia Instituto de Seguros Sociales Investigación Nacional. Rev. Facultad Nacional Salud Pública, 15(2):112-139. Medellín, Colombia. Web: 23 03 2016. [http://www.medicinalaboraldevenezuela.com.ve/archivo/doc\\_ergo\\_higiene/acopla95.pdf](http://www.medicinalaboraldevenezuela.com.ve/archivo/doc_ergo_higiene/acopla95.pdf)
- FONDONORMA ISO 9000:2006, *Sistemas de gestión de la calidad. Fundamentos y vocabulario*. Web: 28 11 2015. [http://www.sereinca.net/DOCUMENTOS/Covenin\\_ISO\\_9000\\_2006\\_Sistemas\\_de\\_gestion\\_de\\_la\\_calidad\\_Fu.pdf](http://www.sereinca.net/DOCUMENTOS/Covenin_ISO_9000_2006_Sistemas_de_gestion_de_la_calidad_Fu.pdf)
- Fromuth, R., & Parkinson, M. (2008) *Predicting 5th and 95th percentile anthropometric segment lengths from population stature*. Proceedings of ASME International Design Engineering Technical Conferences. August 3-6, 2008, New York City, NY, USA DETC2008-50091. Web: 27 03 2016. <http://openlab.psu.edu/wp-content/uploads/2008/08/Fromuth2008.pdf>
- Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela 430.199 (2016). Norma técnica para el control en la manipulación, levantamiento y traslado manual de cargas. Web: 25 11 2016. <http://www.medicinalaboraldevenezuela.com.ve/archivo/nt-levantamiento-carga.pdf>
- García, A., González, I., Colomo, R., López, J. L. & Ruiz, B. (2011). *Methodology for Software Development Estimation Optimization Based on Neural Networks*. IEEE Latin America Transactions. Vol. 9, N°. 3, June 2011. Web: 28 03 2016. [http://www.ewh.ieee.org/reg/9/etrans/ieee/issues/vol09/vol9issue3June2011/9TLA\\_3\\_23Garcia.pdf](http://www.ewh.ieee.org/reg/9/etrans/ieee/issues/vol09/vol9issue3June2011/9TLA_3_23Garcia.pdf)
- García-Pelayo y Gross, R. (1976). Pequeño Larousse, en color. Ediciones Larousse. Paris, México.
- Gardner, GW, Egstrom, GH & Wilbert, J. (1968). *Physical Working Capacity of the Warao Indians of Venezuela*. Instituto Caribe de Antropología y Sociología. Web: 30 03 2016. [http://www.fundacionlasalle.org.ve/userfiles/ant\\_1968\\_23\\_19-36.pdf](http://www.fundacionlasalle.org.ve/userfiles/ant_1968_23_19-36.pdf)
- George, J. D., Garth Fisher, A. y Vehrs, P.R. (2007). *Test y pruebas físicas*. 4ª Edición. Badalona, España: Editorial Paidotribo.
- Hamilton, M. J. (2004). *2 Sample t-Test (unequal sample sizes and unequal variances)*. Variations of the t-Test: 2 Sample 2 tail. Web: 22 03 2016. <https://www.unm.edu/~marcusj/2Sampletex2.pdf>

- Haugh, M. (2010). *Advanced Variance Reduction Techniques*. IEOR E4703: Monte-Carlo Simulation. Web: 25 11 2014.  
[http://www.columbia.edu/~mh2078/MCS\\_Var\\_Red2.pdf](http://www.columbia.edu/~mh2078/MCS_Var_Red2.pdf)
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C. y Baptista Lucio, P. (2010). *Metodología de la investigación*. Quinta edición. McGraw-Hill. México.
- Heyward, V. H. (2010). *Advanced Fitness Assessment and Exercise Prescription. Human Kinetics*. 6ª Edición. Champaign. IL. USA.
- Higgins, J. (2005). *Introduction to Multiple Regressions*. Chapter 4. Web: 10 07 2015.  
[http://www.biddle.com/documents/bcg\\_comp\\_chapter4.pdf](http://www.biddle.com/documents/bcg_comp_chapter4.pdf)
- Hillier, F. S. y Lieberman, G. J. (2010). *Introducción a la investigación de operaciones*. 9ª edición. McGraw-Hill Interamericana editores, S.A. de C.V. México.
- Hsiao, H., Long, D., & Snyder, K. (2002). *Anthropometric differences among occupational groups*. Ergonomics 2002 Feb., 45(2), 136-152. Web: 01 11 2012.  
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11964200>
- Hudson Beale, M.; Hagan, M. T. & Demuth, H. B. (2015). *Neural Network Toolbox™ User's Guide*. MATLAB. Revised for Version 8.4 (Release 2015b). Web: 14 08 2016.  
<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.699.4831&rep=rep1&type=pdf>
- Hyontai (2009). *Empirical Determination of Sample Sizes for Multi-layer Perceptrons by Simple RBF Networks*. Division of Computer and Information Engineering, Dongseo University, Busan, Republic of Korea. WSEAS Transactions on Computers. Issue 9, Volume 8, September 2009. Web: 13 02 2016.  
<http://www.wseas.us/e-library/transactions/computers/2009/29-662.pdf>
- Hyontai (2010). *The effect of training set size for the performance of neural networks of classification*. Division of Computer and Information Engineering, Dongseo University, Busan, Republic of Korea. Journal WSEAS Transactions on Computer. Volume 9 Issue 11, November 2010 Web: 23 09 2016.  
[https://www.researchgate.net/publication/229037671\\_The\\_effect\\_of\\_training\\_set\\_size\\_for\\_the\\_performance\\_of\\_neural\\_networks\\_of\\_classification](https://www.researchgate.net/publication/229037671_The_effect_of_training_set_size_for_the_performance_of_neural_networks_of_classification)
- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, España. (2011). *Manipulación manual de cargas*. Guía Técnica del INSHT. Web: 27 03 2016.  
<http://www.insht.es/MusculoEsqueleticos/Contenidos/Formacion%20divulgacion/material%20didactico/GuiatecnicaMMC.pdf>

- ISO 7250:1996. *Norma* Medidas básicas del cuerpo humano para el diseño tecnológico. Basic human body measurements for technological design. This standard has been revised by: ISO 7250-1:2008.  
<http://www.aenor.es/aenor/normas/normas/fichanorma.asp?tipo=N&codigo=N0013621#.WJT-a9LhDcs>
- Izaurieta, F. y Saavedra, C. (2000). *Redes Neuronales Artificiales*. Departamento de Física, Universidad de Concepción, Concepción, Chile. Consultado 23 02 2115.  
<http://www.uta.cl/charlas/volumen16/Indice/Ch-csaavedra.pdf>
- Jetté, M.; Cambell, J.; Mongeon, J. & Routhier, R. (1976). *The Canadian Home Fitness Test as a predictor of aerobic capacity*. Can Med Assoc J. Apr 17, 1976; 114(8):680-682. Web: 10 06 2014. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1956894>
- Kennedy, J. B. y Neville, A. M. (1976). *Basic Statistical Methods for Engineers & Scientists*. A Dunn-Donnelley Publisher. New York. USA.
- Lefcovich, M. (2013). *Gestión centrada en desperdicios*. GestioPolis. Web: 21 06 2014. <http://www.gestiopolis.com/administracion-estrategia-2/gestion-centrada-en-desperdicios.htm>
- Ley de Alimentación para los trabajadores y trabajadoras (2014). Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela, N° 6.147 Extraordinario. Decreto 1.393 del 13 de noviembre de 2014, p.1. Web: 24 11 2016.  
[http://camaracomerciolara.org.ve/cw\\_site/images/files/GACETA%20OFICIAL%20LEY%20DE%20ALIMENTACION%206147%202014.pdf](http://camaracomerciolara.org.ve/cw_site/images/files/GACETA%20OFICIAL%20LEY%20DE%20ALIMENTACION%206147%202014.pdf)
- Ley Orgánica de Ciencia, Tecnología e Innovación, (LOCTI, 2012): Web: 05 07 2016. [www.ivic.gob.ve/varios/locti.pdf](http://www.ivic.gob.ve/varios/locti.pdf)
- Ley para las personas con discapacidad (2007). Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela N° 38.598. Web: 06 07 2016.  
[http://historico.tsj.gov.ve/legislacion/LeyesOrdinarias/28.-GO\\_38598.pdf](http://historico.tsj.gov.ve/legislacion/LeyesOrdinarias/28.-GO_38598.pdf)
- Linguee (2016). *Perímetro Abdominal (PA)*. Diccionario inglés-español. Web: 05 07 2016. <http://www.linguee.es/ingles-espanol/traduccion/abdominal+girth.html>
- Llopis Pérez, J. (2013). *La estadística: una orquesta hecha instrumento*. Web: 18 09 2016. <https://estadisticaorquestainstrumento.wordpress.com/>



- Lopategui Corsino, E. (2008). *Determinación del índice de masa corporal (Índice de quetelec)*. Experimento de Laboratorio I.23. Web: 17 06 2016. [http://www.saludmed.com/LabFisio/PDF/LAB\\_I23-Indice\\_Masa\\_Corporal.pdf](http://www.saludmed.com/LabFisio/PDF/LAB_I23-Indice_Masa_Corporal.pdf)
- LOPCYMAT (2005). *Ley Orgánica de Prevención, Condiciones y Medio Ambiente de Trabajo*, Web: 21 05 2014 <http://www.inpsasel.ob.ve/moodoc/lopcymact.pdf>
- Luna-García, E. J. (2013). *La ergonomía en la construcción de la salud de los trabajadores en Colombia*. Artículos de reflexión. Cienc. Salud. 2014; 12 (Especial): 77-82 Web: 27 03 2016. <http://revistas.urosario.edu.co/index.php/revsalud/article/viewFile/3146/2489>
- Maciel, L. S. & Ballini, R. (2009). *Design a neural network for time series financial forecasting: Accuracy and robustness analysis*. Instituto de Economía (IE), Universidad de Estadual de Campinas (UNICAMP). Web: 09 08 2016. <https://www.cse.unr.edu/~harryt/CS773C/Project/895-1697-1-PB.pdf>
- Mammadov et al (2006). *Statistical Methods and Artificial Neural Networks*. Journal of Modern Applied Statistical Methods. November, 2006, Vol. 5, No. 2, 495-512. Web: 13 11 2016. <http://digitalcommons.wayne.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1211&context=jmasm>
- Maneiro, N. y Mejías, A. (2010). *Estadística para ingeniería. Una herramienta para la gestión de la calidad*. Universidad de Carabobo. Valencia. Venezuela.
- Manero Alfert, R.; Armisen Penichetz, A. y Manero Torres, J. M. (1986). *Métodos prácticos para estimar la capacidad física de trabajo*. Bol of Sanit Panama 100(2). 1986. Web: 03 03 2015. <http://hist.library.paho.org/Spanish/BOL/v100n2p170.pdf>
- Manero Alfert, R.; Rodríguez, T. y Colotto ME (2011). *Análisis del modelo simple integral (MODSI) en la búsqueda del nivel de riesgo de lesiones musculoesqueléticas*. Centro de Investigaciones Ergológicas de la Universidad de Carabobo. Trauma Fundac. MAPFRE Vol.22, N° 1:47-53. Web: 28 11 2016. [http://www.mapfre.com/fundacion/html/revistas/trauma/v22n1/pdf/02\\_09.pdf](http://www.mapfre.com/fundacion/html/revistas/trauma/v22n1/pdf/02_09.pdf)
- Manual de trabajos de grado, de especialización, Maestría y Doctorales* (2011). 4ª Edición. (FEDUPEL, 2011). Caracas. Venezuela.
- McDonald, J. H. (2014). *Handbook of biological statistics*. Third Edition. Sparky House Publishing. Baltimore, Maryland, USA. Web: 03 07 2017. <http://www.biostathandbook.com/HandbookBioStatThird.pdf>

- Marín Gonzáles, J. (2003). *Las “razas” biogenéticamente, no existen, pero el racismo sí, como ideología*. Revista Diálogo Educativo, Curitiba, vol. 4, núm. 9, mayo-agosto, 2003, pp. 1-7. Pontificia Universidade Católica do Paraná. Paraná, Brasil. Web: 17 11 2016. <http://www.redalyc.org/pdf/1891/189118067008.pdf>
- Marín, J. (2012). *Introducción a las Redes Neuronales Aplicadas*. Curso de Expertos de UCM (2012). Universidad Carlos III de Madrid. Web: 02 02 2015. <http://halweb.uc3m.es/esp/Personal/personas/jmmarin/esp/Expertos/PresNN12.pdf>
- Márquez, M. (2007). *Ergonomía. Fundamentos de ergonomía industrial*. Guía práctica. San Cristóbal, Venezuela: Fondo Edit. UNET.
- Marras, W.S. & Kim, J.Y. (1993). *Anthropometry of Industrial Population*. Ergonomics. Vol. 36, N° 4, 371-378. Web: 01 11 2012. [https://spine.osu.edu/sites/spine.osu.edu/files/uploads/Publications/1993/Ergonomics\\_1993\\_36-4\\_371-378.pdf](https://spine.osu.edu/sites/spine.osu.edu/files/uploads/Publications/1993/Ergonomics_1993_36-4_371-378.pdf)
- Mathcracker (s.f.). *(x,y) Data Digitizing*. Web: 06 09 2016. [http://www.mathcracker.com/scatter\\_plot.php](http://www.mathcracker.com/scatter_plot.php)
- Matich, D. (2001). *Redes Neuronales: Conceptos Básicos y Aplicaciones*. Universidad Tecnológica Nacional-Facultad Regional Rosario. Departamento de Ingeniería Química. Web: 02 07 2015. [http://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/quimica/5\\_anio/orientadora1/monografas/matich-redesneuronales.pdf](http://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/quimica/5_anio/orientadora1/monografas/matich-redesneuronales.pdf)
- MATLAB 2016* (s.f.). Web: 13 08 2016. <http://www.malavida.com/es/soft/matlab/#gref>
- McCulloch, W.S. & Pitts, W. (1943). *A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity*. Logical Calculus for Nervous Activity. University of Illinois, College of Medicine, Department of Psychiatry at the Illinois Neuropsychiatric Institute, University of Chicago, Chicago, U.S.A. Bulletin of Mathematical Biology Vol. 52, No. 1/2. pp. 99-115. 1990. Great Britain. Web: 03 04 2015. <http://www.cs.cmu.edu/~epxing/Class/10715/reading/McCulloch.and.Pitts.pdf>
- Measurement System Analysis MSA*. (2010). Reference Manual. Fourth Edition. Web: 19 04 2016. [http://www.rubymetrology.com/add\\_help\\_doc/MSA\\_Reference\\_Manual\\_4th\\_Edition.pdf](http://www.rubymetrology.com/add_help_doc/MSA_Reference_Manual_4th_Edition.pdf)
- Méndez, H.; López, M.; Benaím, G.; Maza, D. y González de Scholtz, I. (1995). *Proyecto Venezuela “Estudio Nacional de Crecimiento y Desarrollo Humanos de la Población de la República de Venezuela”*. ISBN 980-07-1901-6. Talleres de FUNDACREDESA 1995. Caracas, Venezuela.

- Merriam-Webster Dictionary. (s.f.). *Physiology*. Web: 25 03 2016.  
<http://www.merriam-webster.com/dictionary/physiology>
- Miller, J. E. & Freund, I. (1965). *Probability and Statistics for Engineers*. Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs. New Jersey. USA. 432 S., Preis 96. s. Web: 27 11 2015.  
<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/bimj.19680100125/abstract>
- Miller-Keane (2005). *Encyclopedia & Dictionary of Medicine, Nursing & Allied Health*. Revised Reprint. Web: 17 11 2015. <http://medical-dictionary.thefreedictionary.com/menton>
- Minitab (2015). *7 Deadly Statistical Sins Even the Expert Make*. Web: 01 04 2016.  
<http://www.qualitymag.com/ext/resources/NewRDWebsite/WhitePapers/7-Statistical-Sins.pdf>
- Minitab 17 “versión de prueba”. Web: 01 04 2016. <https://www.minitab.com/es-mx/products/minitab/>
- Moncrieff (2007). *Censo General de Población y Vivienda*. Catálogo socio-demográfico de Venezuela. Reporte Venescopio. Reporte N° 23 Web: 17 11 2015.  
<http://www.venescopio.org.ve/web/wp-content/uploads/Reporte-Venescopio-23.pdf>
- Mondelo, P. R., Torrada, E. G. y Barrau, P. (2000). *Ergonomía 1. Fundamentos*. 3ª Edición. Alfaomega Grupo Editor, S. A. de C. V. México.
- Montgomery, D.C. y Runger, G.C. (2011). *Probabilidad y estadística aplicadas a la ingeniería*. 2ª Edición. Editorial LIMUSA, S.A de C.V. México.
- Moreno Pérez, J.A. (2005). *Metaheurísticas: Concepto y Propiedades*. Departamento de Estadística, I.O. y Computación. Universidad de La Laguna. Web: 27 03 2016.  
<http://www.tebadm.ulpgc.es/almacen/seminarios/MH%20Las%20Palmas%202.pdf>
- Moreno, C.; Paniagua, I. e Hincapié, R. A. (2011). *Protección diferencial de generadores síncronos usando redes neuronales artificiales*. Scientia et Technica Año XVII, No 47, Abril de 2011. Universidad Tecnológica de Pereira. ISSN 0122-1701. Web: 05 02 2016. <http://www.redalyc.org/pdf/849/84921327052.pdf>
- Naciones Unidas (2009). *Clasificación Industrial Internacional Uniforme de todas las actividades económicas (CIIU)*. Departamento de Asuntos Económicos y Sociales. Naciones Unidas, New York. Departamento de Asuntos Económicos y Sociales, División de Estadística. Informes estadísticos Serie M, No. 4/Rev. 4. Web: 04 08 14: [http://unstats.un.org/unsd/publication/seriesM/seriesm\\_4rev4s.pdf](http://unstats.un.org/unsd/publication/seriesM/seriesm_4rev4s.pdf)

- National Institute of Standards and Technology (2015). *Kruskal Wallis*. Web: 03 07 17. <http://www.itl.nist.gov/div898/software/dataplot/refman1/auxillar/kruskwal.htm>
- Niebel, B. W. & Freivalds, A. (2004). *Ingeniería Industrial. Métodos, Estándares y Diseño del Trabajo*. 11ª edición. Alfaomega Grupo Editor. S.A. de CV México, D.F.
- Norma técnica colombiana NTC 5654 (2008). *Requisitos generales para el establecimiento de una base de datos antropométricos*. Icontec internacional (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación). Bogotá, Col. Web: 10-03-14. <https://tienda.icontec.org/wp-content/uploads/pdfs/NTC5654.pdf>
- Norma Técnica Programa de Seguridad y Salud en el Trabajo (NT-01-2008). República Bolivariana de Venezuela, Ministerio del Poder Popular para el Trabajo y Seguridad Social, N° 6227, 198° y 149. Web: 28 11 2016 [http://www.medicinalaboraldevenezuela.com.ve/archivo/NOR\\_TEC\\_PRO\\_SEG\\_SAL\\_TRA.pdf](http://www.medicinalaboraldevenezuela.com.ve/archivo/NOR_TEC_PRO_SEG_SAL_TRA.pdf)
- Norma UNE-EN 28996*. Ergonomía. Determinación de la producción de calor metabólico. (ISO 8996:1990). Web: 29 03 2016. <http://www.ergokprevencion.org/Organizador/Doc/Calor%20metabolico%20K%20V01.pdf>
- Norma venezolana COVENIN 2273:1991. Principios ergonómicos de la concepción de los sistemas de trabajo. [http://www.medicinalaboraldevenezuela.com.ve/archivo/covenin/ergonomia/2273-1991\\_Principios\\_de\\_ergonomia\\_en\\_los\\_lugares\\_de\\_trabajo.pdf](http://www.medicinalaboraldevenezuela.com.ve/archivo/covenin/ergonomia/2273-1991_Principios_de_ergonomia_en_los_lugares_de_trabajo.pdf)
- Norma venezolana COVENIN 2742:1998. Condiciones ergonómicas en los puestos de trabajo en terminales con pantallas catódicas de datos. 1ª Revisión. Web: 28 11 2016. <https://docs.google.com/file/d/0B1KWsI22aExlV1dULXIRdDg0am8/edit>
- Normalización de las Tesis de Grado o Titulación* (2005). Pontificia Universidad Católica de Chile. Web: 27 08 2016. <http://astro.uc.cl/images/formato-de-tesis.pdf>
- Núñez Aponte, J. M. (1954). *Ensayo histórico acerca de la esclavitud y de su abolición en Venezuela*. Boletín de la academia de ciencias políticas. Tercera Edición. El Cojo. Caracas. Web: 25 10 16. [http://acienpol.msinfo.info/bases/biblio/texto/boletin/1954/BolACPS\\_1954\\_19\\_4\\_119-219.pdf](http://acienpol.msinfo.info/bases/biblio/texto/boletin/1954/BolACPS_1954_19_4_119-219.pdf)
- Olivero, I.V. (2013). *Manual básico de Epidemiología en alimentación y nutrición*. Primera Edición. San Luis. Nueva Editorial Universitaria – U.N.S.L., Argentina. Web: 14 06 2016. <http://www0.unsl.edu.ar/~disgraf/neuweb2/pdf/Manual%20basico%20de%20Epidemiologia%20en%20alimentacion%20y%20nutricion.pdf>

- Olivier, C. (1996). *La ergonomía como ámbito de aplicación desde la psicología*. Papeles del Psicólogo. Junio, N° 65, 1996. Web: 27 03 2016. <http://www.papelesdelpsicologo.es/vernumero.asp?id=721>
- Organización Mundial de la Salud, OMS (1946). *Constitución de la Organización Mundial de la Salud*. Documentos básicos, suplemento de la 45ª edición, octubre de 2006. Web: 27 07 2012. [http://www.who.int/governance/eb/who\\_constitution\\_sp.pdf?ua=1](http://www.who.int/governance/eb/who_constitution_sp.pdf?ua=1)
- Osborne, J. W. & Waters, E. (2002). *Four Assumptions Of Multiple Regression That Researchers Should Always Test*. Practical Assessment, research & evaluation. Vol. 8, N° 2, January, 2002. Web: 13 03 2013. <http://pareonline.net/getvn.asp?v=8&n=2>
- Palacios, L. (2012). *Evaluar los sistemas de medición*. Web: 03 02 2017. <https://es.slideshare.net/LilyPalacios/seis-sigma-14078121>
- Parella Stracuzzi, S. y Martins Pestana, F (2010). *Metodología de la investigación cuantitativa*. 3ª Edición. FEDEUPEL. Fondo Editorial de la Universidad Pedagógica Experimental Libertador. Caracas, Venezuela.
- Pareja, R. (2011). *Epidemiología: ¿Qué es la Epidemiología?* Escuela de Enfermería Ministerio de Salud F.C.M. U.N. Cuyo. Argentina. Web: 14 06 2016. [http://sistemas.fcm.uncu.edu.ar/enf-epidemiologia/Epidemiologia\\_2011.pdf](http://sistemas.fcm.uncu.edu.ar/enf-epidemiologia/Epidemiologia_2011.pdf)
- Patcharaporn Paokanta (2013). *How should I choose the optimum number for the neurons in the input/hidden layer for a recurrent neural network?* Chiang Mai University. Web: 10 02 2016. [https://www.researchgate.net/post/How\\_should\\_I\\_choose\\_the\\_optimum\\_number\\_for\\_the\\_neurons\\_in\\_the\\_input\\_hidden\\_layer\\_for\\_a\\_recurrent\\_neural\\_network](https://www.researchgate.net/post/How_should_I_choose_the_optimum_number_for_the_neurons_in_the_input_hidden_layer_for_a_recurrent_neural_network)
- Patil, M. (2013). *How should I choose the optimum number for the neurons in the input/hidden layer for a recurrent neural network?* SVERI's College of Engineering. Web: 11 02 2016. [https://www.researchgate.net/post/How\\_should\\_I\\_choose\\_the\\_optimum\\_number\\_for\\_the\\_neurons\\_in\\_the\\_input\\_hidden\\_layer\\_for\\_a\\_recurrent\\_neural\\_network](https://www.researchgate.net/post/How_should_I_choose_the_optimum_number_for_the_neurons_in_the_input_hidden_layer_for_a_recurrent_neural_network)
- Penn State Eberly College of Science, Relationship between Sample Size and Margin of Error. (s.f.) Web: 30 11 2017. <https://onlinecourses.science.psu.edu/stat100/node/17>

- Pértegas, S. & Pita, S. (2001). *La distribución normal*. Atención primaria en la red. Unidad de Epidemiología Clínica y Bioestadística. Complejo Hospitalario Juan Canalejo. A Coruña. Cad Aten Primaria 2001; 8: 268-274. Web: 13 03 2013. [http://www.fisterra.com/mbe/investiga/distr\\_normal/distr\\_normal2.pdf](http://www.fisterra.com/mbe/investiga/distr_normal/distr_normal2.pdf)
- Pheasant, S. & Haslegrave, C. M. (2006). *Bodyspace. Anthropometry, Ergonomics and the Design of Work*. 3ª Edición. Taylor & Francis Group. London, New York.
- Physical Fitness Specialist Manual (2006). The Cooper Institute for Aerobics Research, Dallas, TX. Web: 24 09 2016. [https://books.google.co.ve/books?id=zn3dDE0R3IMC&pg=PA57&lpg=PA57&dq=Physical+Fitness+Specialist+Manual+2005&source=bl&ots=oG-MqSbPW6&sig=UF4hWiJePAyoHItbkaE\\_uqlww4w&hl=es&sa=X&ved=0ahUK EwiNiKyV6\\_LRAhXhz1QKHQTVc9kQ6AEIMTAD#v=onepage&q=Physical%20Fitness%20Specialist%20Manual%202005&f=false](https://books.google.co.ve/books?id=zn3dDE0R3IMC&pg=PA57&lpg=PA57&dq=Physical+Fitness+Specialist+Manual+2005&source=bl&ots=oG-MqSbPW6&sig=UF4hWiJePAyoHItbkaE_uqlww4w&hl=es&sa=X&ved=0ahUK EwiNiKyV6_LRAhXhz1QKHQTVc9kQ6AEIMTAD#v=onepage&q=Physical%20Fitness%20Specialist%20Manual%202005&f=false)
- Pitarque, A.; Roy, J.F. y Ruiz, J.C. (1998). *Redes neurales vs modelos estadísticos: Simulaciones sobre tareas de predicción y clasificación*. Psicológica (1998) 19, 387-400. Web: <http://www.uv.es/revispsi/articulos3.98/pitarque.pdf>
- Plan Nacional de Desarrollo Regional* (2005). Web: 10 03 2016. <http://www.eumed.net/oe-ve/b3/reg-central1.pdf>
- Plata, R. (2008). *Matlab & Redes Neuronales*. Revistas Bolivianas. 96-102 (1). Web: 12 02 2015. <http://www.revistasbolivianas.org.bo/pdf/rits/n1/n1a24.pdf>
- Programas Doctorado en Ingeniería* (2016). Universidad de Carabobo. Facultad de Ingeniería. Dirección de Estudios para Graduados. Web: 31 03 2016. <http://postgrado.ing.uc.edu.ve/portal/index.php/programas/3-doctorado#top>
- Prueba de Kolmogorov-Smirnov* (2004). Capítulo 14 Métodos no paramétricos. Web: 24 05 2016. <https://www.yyy.files.wordpress.com/2014/09/estadistica-para-administracion-y-economia-7ma-edicion-richard-i-levin.pdf>
- Ramírez Lechuga, J.; Muros Molina, J. J.; Morente Sánchez, J.; Sánchez Muñoz, C.; Femía Marzo, P. y Zabala Díaz, M. (2012). *Efecto de un programa de entrenamiento aeróbico de 8 semanas durante las clases de educación física en adolescentes*. Nutrición Hospitalaria. Vol.27 N° 3. Madrid mayo-jun. 2012. Web: 25 03 2016. [http://scielo.isciii.es/pdf/nh/v27n3/10\\_original\\_07.pdf](http://scielo.isciii.es/pdf/nh/v27n3/10_original_07.pdf)

- Reglamento Parcial de la Ley Orgánica de Prevención, Condiciones y Medio Ambiente de Trabajo* (2007). Web: 29 03 2016.  
[http://www.inpsasel.gob.ve/moo\\_doc/regl\\_par\\_lopcymat.pdf](http://www.inpsasel.gob.ve/moo_doc/regl_par_lopcymat.pdf)
- Regression calculator: Linear, Exponential, Power, Logarithmic* (s.f.). Web: 26 08 2016. <http://www.had2know.com/academics/regression-calculator-statistics-best-fit.html>
- Rico, C.; Paredes, M. y Fernández, N. (2009). *Modelación de la estructura jerárquica de macroinvertebrados bentónicos a través de redes neuronales artificiales*. Acta Biológica Colombiana. Acta Biol. Colomb. Vol.14 N° 3. Bogotá Sep./Dec. 2009. Web: 07 02 2015.  
[http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0120-548X2009000300006](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-548X2009000300006)
- Rivas M., G. J. (2012). *Responsabilidad social empresarial: algunas consideraciones teóricas para su comprensión*. Ingeniería y Sociedad-UC. Julio-Diciembre Vol. 7, N° 2, 2012, p.130. Web: 24 11 212.  
<http://servicio.bc.uc.edu.ve/ingenieria/revista/IngenieriaySociedad/a7n2/art05.pdf>
- Rodríguez Márquez, E. del V. & Manero Alfert, R. (2008). *Evaluación integral del nivel de riesgo músculo esquelético en diferentes actividades laborales*. Salud trab. (Maracay) 2008, Ene-Jun., 16(1), 17-28. Web: 28 11 2016.  
<http://servicio.bc.uc.edu.ve/multidisciplinarias/saldetrab/vol16n1/art02.pdf>
- Rodríguez-Larralde, A.; Castro de Guerra, D.; González-Coira, M.; Morales, J. (2001). *Frecuencia génica y porcentaje de mezcla en diferentes áreas geográficas de Venezuela, de acuerdo a los grupos RH y ABO*. Interciencia, Ven., 26(1):08-12. Web: 30 03 2016. <http://www.redalyc.org/pdf/339/33905202.pdf>
- Rojas-González, L.; Chacín-Almarza, B.; Corzo-Álvarez, G.; Sanabria-Vera, C. y Núñez-González, J. (2000). *Antropometría en los trabajadores y aspectos ergonómicos de los puestos de trabajo de la Imprenta del Gobierno del Estado Zulia*. Web: 27 03 2016.  
<http://produccioncientificaluz.org/index.php/investigacion/article/viewFile/10224/10213>
- Rojo, J. M. (2007). *Regresión Lineal Múltiple*. Web: 25 08 2016. Instituto de Economía y Geografía. Madrid. España.  
[http://humanidades.cchs.csic.es/cchs/web\\_UAE/tutoriales/PDF/Regresion\\_lineal\\_multiple\\_3.pdf](http://humanidades.cchs.csic.es/cchs/web_UAE/tutoriales/PDF/Regresion_lineal_multiple_3.pdf)

- Rosa Guillamón, A.; García Cantó, E.; Rodríguez García, P.L. y Pérez Soto, J. J. (2014) *Nivel de capacidad aeróbica y su relación con el estatus corporal en escolares de 8 a 12 años*. EmásF Revista Digital de Educación Física. Año 6, Núm. 31 (nov-dic 2014). Web: 17 05 2015.  
[http://emasf.webcindario.com/Nivel\\_de\\_capacidad\\_aerobica\\_y\\_su\\_relacion\\_con\\_el\\_estatus\\_corporal.pdf](http://emasf.webcindario.com/Nivel_de_capacidad_aerobica_y_su_relacion_con_el_estatus_corporal.pdf)
- Sans, M.C. (1998). *Las Normas ISO*. Biblio 3W. Revista Bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales. Universidad de Barcelona. N° 129. Web: 14 02 2014.  
<http://www.ub.edu/geocrit/b3w-129.htm>
- Secretaría de Salud, Hospital General "Dr. Manuel Gea González" (2014). *Guía para la elaboración de la carta de consentimiento informado para participar en una investigación clínica*. Subdirección de Investigación Biométrica, División de investigación Clínica. México. Web: 29 03 2016.  
[http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:o8gyp0tVgdkJ:www.hospitalgea.salud.gob.mx/media/63843/Guia\\_consentimiento\\_informado\\_2014\\_2.doc+&cd=1&hl=es&ct=clnk&gl=ve](http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:o8gyp0tVgdkJ:www.hospitalgea.salud.gob.mx/media/63843/Guia_consentimiento_informado_2014_2.doc+&cd=1&hl=es&ct=clnk&gl=ve)
- Shaikh Abdul Hannan; Bhagile, V.D.; Manza, R.R. & Ramteke, R.J. (2010). *Diagnosis and Medical Prescription of Heart Disease Using Support Vector Machine and Feedforward Backpropagation Technique*. (IJCSE) International Journal on Computer Science and Engineering Vol. 02, N° 06, 2010, 2150-2159. Web: 13 02 2016. <http://www.enggjournals.com/ijcse/doc/IJCSE10-02-06-84.pdf>
- Shapiro-Wilks Test Calculator* (2013). Web: 18 08 2016.  
<http://scistatcalc.blogspot.com/2013/10/shapiro-wilk-test-calculator.html>
- Sharkey, B. J, & Davis, P.O. (2008). *Hard Work: Defining Physical Work Performance Requirements*. Ed. Human Kinetics. Champaign, Illinois. USA.
- Shiffman, D. (2012). *The nature of code*. Chapter 10 Natural networks. Web: 23 02 2015. <http://natureofcode.com/book/chapter-10-neural-networks/>
- Shodor Scatter Plot*. (s/f). Web: 02 09 2016.  
<http://www.shodor.org/interactivate/activities/SimplePlot/>
- Simopoulos, A.P. (1986). *Obesity and body weight standards*. Annual Review of Public Health. Vol. 7: 481-492. Web: 30 06 206.  
<http://www.annualreviews.org/doi/abs/10.1146/annurev.pu.07.050186.002405?journalCode=publhealth>



- Smith, J. (2014). *Gauging Gage Part 1: Is 10 Parts Enough?* Web: 14 04 2016. <http://blog.minitab.com/blog/fun-with-statistics/gauging-gage-part-1-is-10-parts-enough>
- Sullivan, L. (2016). *When to Use a Nonparametric Test*. Boston University School of Public Health. Web: 28 05 2016. [http://sphweb.bumc.bu.edu/otlt/MPH-Modules/BS/BS704\\_Nonparametric/index.html](http://sphweb.bumc.bu.edu/otlt/MPH-Modules/BS/BS704_Nonparametric/index.html)
- Survey Sample Size Calculator-FluidSurvey (s.f.). Web: 13 11 2016. <https://fluidsurveys.com/university/survey-sample-size-calculator>
- Sznelwar, L. I. (2006). *Alain Wisner: o desenvolvimento da ergonomia e do pensamento sobre o « trabalhar*. Travailler 1/2006 (N° 15), p. 55-70. Web: 27 03 2016. [http://www.cairn.info/article.php?ID\\_ARTICLE=TRAV\\_015\\_0055](http://www.cairn.info/article.php?ID_ARTICLE=TRAV_015_0055)
- Tarassenko, L. (1998). *A Guide to Neural Computing Applications*. Arnold, London (1998). Citado por: García, González, Colomo, López y Ruiz (2011). Web: 17 08 2016. <http://www.sciencedirect.com/science/book/9780340705896>
- The Free Dictionary* (2016) *Estatura*. Web: 05 07 2016. <http://es.thefreedictionary.com/estatura>
- Thiyagu Palaniandy, Mohd Shahir Yahya, Noor Yasmin Zainun (2013). *Development of Anthropometric Model Using Artificial Neural Networks (ANN) Approach*. International Journal Construction Technology and Management. Vol.1, No.1, 2013. Web: 08 09 2016. <http://www.zwgm.org/index.php/constructionjournal/article/view/6/3>  
file:///D:/Users/Francisco%20Burgos/Downloads/6-11-3-PB.pdf
- Trujillano, J., Jaume, M, y Sorribas, A. (2004). *Aproximación metodológica al uso de RNA para la predicción de resultados en medicina*. Técnicas emergentes. Grup de Recerca de Biomatemàtica i Bioestadística. Departament de Ciències Mèdiques Bàsiques. Universitat de Lleida. España. Med Clin, 122 (1), 59-67. Web: 02 02 2015. <http://www.elsevier.es/es-revista-medicina-clinica-2-linkresolver-aproximacion-metodologica-al-uso-redes-13057536>
- Universidad de las Palmas de Gran Canaria (2002). *Prueba de Bondad de Ajuste de Kolmogorov-Smirnov (KS)*. (ULPGC) España. Dpto. Matemáticas. Web: 24 03 2016. [http://www2.ulpgc.es/hege/almacen/download/5/5015/Complemento\\_3\\_Prueba\\_de\\_Bondad\\_de\\_Ajuste\\_de\\_Kolmogorov\\_Smirnov.pdf](http://www2.ulpgc.es/hege/almacen/download/5/5015/Complemento_3_Prueba_de_Bondad_de_Ajuste_de_Kolmogorov_Smirnov.pdf)

- Valbuena, R. (2009). *Tablas de clasificación de prueba para determinar el nivel de la capacidad física "resistencia" de estudiantes de educación física del Instituto Pedagógico*. Investigación y Postgrado. v.24 n.1 Caracas ene. 2009. Web: 06 06 2014. [http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=S1316-00872009000100006&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=S1316-00872009000100006&script=sci_arttext)
- Valera Ibarra, R. (2005). *Manual de estadística básica*. Editor: Rafael Valera Ibarra. IMPREUPEL. 3ª Edición. El Mácaro, Turmero, Aragua. Venezuela.
- Vega Huerta, H.; Cortez Vásquez, A.; Huayna, A.M.; Alarcón Loayza, L. Romero Naupari, P. (2009). *Reconocimiento de patrones mediante redes neuronales artificiales*. Facultad de Ingeniería de Sistemas e Informática. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, FISI. Revista de Ingeniería de sistemas e informática, Vol. 6, N° 2, julio-diciembre 2009. Web: 08 11 2016. [http://200.62.146.19/bibvirtual/Publicaciones/risi/2009\\_n2/v6n2/a03v6n2.pdf](http://200.62.146.19/bibvirtual/Publicaciones/risi/2009_n2/v6n2/a03v6n2.pdf)
- Vernaes, A. (2013). *Estudio de trabajadores de una industria papelera del estado Carabobo mediante la aplicación del modelo simple integral (MODSI), 2011-2012*. Universidad de Carabobo. Web: 28 11 2016. <http://mriuc.bc.uc.edu.ve/bitstream/handle/123456789/1116/avernaes.pdf?sequence=1>
- Vinué, G. (2015). *Anthropometry: An R Package for Analysis of Anthropometric Data*. Web: 17 01 2016. <https://cran.r-project.org/web/packages/Anthropometry/vignettes/Anthropometry.pdf>
- Walpole, R. E., Myers, R. H., Myers, S. L. & Ye, K. (2012). *Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias*. Novena Edición. Pearson Educación de México, S. A. de C. V. México.
- Wang, F.; Devabhaktuni, V. K.; Xi, C. & Qi-Jun Zhang (1998). *Neural Network Structures and Training Algorithms for RF and Microwave Applications*. Department of Electronics, Carleton University, Ottawa, Canada Web: 15 02 2016. [http://ftp.doe.carleton.ca/~qjz/ANN\\_Course/Fang\\_RFMCAE\\_NN\\_Review\\_1999.pdf](http://ftp.doe.carleton.ca/~qjz/ANN_Course/Fang_RFMCAE_NN_Review_1999.pdf)
- Welborn, T.A. and Dhaliwal, S.S. (2007). Preferred clinical measures of central obesity for predicting mortality. *European Journal of Clinical Nutrition*, 61, 1373-1379. Web: 15 05 2016. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17299478>

Wiedenhofer, H. (2013). *Pruebas no Paramétricas para las Ciencias Agropecuarias. Muestras Pequeñas*. Publicación técnica. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas - INIA, 2ª Edición revisada y ampliada. Maracay, Venezuela. Web. 23 03 2016. <http://docplayer.es/14084308-Pruebas-no-parametricas-para-las-ciencias-agropecuarias.html>

Xue-bin Li & Xiau-Ling Yu (2009). *Influence of Sample Size on Prediction of Animal Phenotype Value Using Back-Propagation Artificial Neural Network with Variable Hidden Neurons*. Henan Inst. of Sci. & Technol., Xinxiang, China. Publisher: IEEE. Web: 14 02 2016. [http://ieeexplore.ieee.org/xpl/login.jsp?tp=&arnumber=5366246&url=http%3A%2F%2Fieeexplore.ieee.org%2Fxppls%2Fabs\\_all.jsp%3Farnumber%3D5366246](http://ieeexplore.ieee.org/xpl/login.jsp?tp=&arnumber=5366246&url=http%3A%2F%2Fieeexplore.ieee.org%2Fxppls%2Fabs_all.jsp%3Farnumber%3D5366246)

Zhang, B., Horváth, J., Molenbroek, J. F. M. & Snijders, C. (2010). *Using artificial neural net Works for human body posture prediction*. International Journal of Industrial Ergonomics. Vol. 40 (2010) 414-424. Web: 19 06 2015. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169814110000284>

Zuluaga Duque, E. A., Millán Hernández, J. J. y Mosquera Restrepo, J. (2009). *Análisis comparativo del desempeño de algunas pruebas de normalidad bajo diferentes escenarios de simulación*. Heurística 15. Web: 21 09 2016. <http://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/10893/6123/1/Heuristica15-A02.pdf>

## **ANEXOS**

**Anexo A**  
**Clasificación industrial internacional uniforme de todas las actividades económicas (CIIU) establecida por las Naciones Unidas (2009:46-51)**

<b>Sección C. Industrias manufactureras</b>	
<b>División</b>	<b>Descripción</b>
<b>10</b>	Elaboración de productos alimenticios
<b>11</b>	Elaboración de bebidas
<b>12</b>	Elaboración de productos de tabaco
<b>13</b>	Fabricación de productos textiles
<b>14</b>	Fabricación de prendas de vestir
<b>15</b>	Fabricación de productos de cuero y productos conexos
<b>16</b>	Producción de madera y fabricación de productos de madera y corcho, excepto muebles; fabricación de artículos de paja y de materiales trenzables
<b>17</b>	Fabricación de papel y de productos de papel
<b>18</b>	Impresión y reproducción de grabaciones
<b>19</b>	Fabricación de coque y productos de la refinación del petróleo
<b>20</b>	Fabricación de sustancias y productos químicos
<b>21</b>	Fabricación de productos farmacéuticos, sustancias químicas medicinales y productos botánicos de uso farmacéutico
<b>22</b>	Fabricación de productos de caucho y de plástico
<b>23</b>	Fabricación de otros productos minerales no metálicos
<b>24</b>	Fabricación de metales comunes
<b>25</b>	Fabricación de productos elaborados de metal, excepto maquinaria y equipo
<b>26</b>	Fabricación de productos de informática, de electrónica y de óptica
<b>27</b>	Fabricación de equipo eléctrico
<b>28</b>	Fabricación de maquinaria y equipo n.c.p.
<b>29</b>	Fabricación de vehículos automotores, remolques y semirremolques
<b>30</b>	Fabricación de otro equipo de transporte
<b>31</b>	Fabricación de muebles
<b>32</b>	Otras industrias manufactureras
<b>33</b>	Reparación e instalación de maquinaria y equipo

Fuente:

Naciones Unidas (2009). *Clasificación Industrial Internacional Uniforme de todas las Actividades Económicas (CIIU)*. Departamento de Asuntos Económicos y Sociales. New York, ONU/DAES/STAT, Informes estadísticos, Serie M, No. 4/Rev.4. Web: 04 08 2014.

[http://unstats.un.org/unsd/publication/seriesM/seriesm\\_4rev4s.pdf](http://unstats.un.org/unsd/publication/seriesM/seriesm_4rev4s.pdf)

## Anexo B

### Data primaria antropométrica y capacidad aeróbica relativa colectadas a diferentes cotas

#### Cota en metros sobre el nivel del mar (Cmsnm)

- Las Tejerías, estado Aragua. Cmsnm: 510,83. Web: 10 07 2016.  
<http://croniqueriasdefelix.jimdo.com/localidades/el-abc-de-las-tejerias/las-tejerias/>
  - Pinturas MAMPICA, C.A. (**pinturas**)
- Maracay, estado Aragua. Cmsnm: 449. Web: 10 07 2016. <http://www.mcy.com.ve/>
  - IMBOPLAST, S.A. (**plásticos**)
  - Polietileno Paraíso, C.A. (**plásticos**)
  - Servicio Médico Laboral ABS (**servicios médicos laborales**)
  - Cartonera del Caribe, C.A. (**cartón y papel**)
  - Descart, C.A. (**prendas de vestir**)
- San Joaquín, estado Carabobo, Cmsnm: 435. Web: 10 07 2016.  
[http://www.ccpc.org.ve/prueba/index.php?title=San\\_Joqu%C3%ADn](http://www.ccpc.org.ve/prueba/index.php?title=San_Joqu%C3%ADn)
  - Parque Industrial de Gas Natural Vehicular (PIGNV), filial de PDVSA (**automotriz**)
- Turmero, estado Aragua. Cmsnm: 466. Web: 15 09 2016.  
<http://turmerohistoriahuellasytestimonio.blogspot.com/2010/09/ubicacion-de-turmero.html>
  - Alimentos Munchy, C.A. (**alimentos**)
- Valencia, estado Carabobo. Cmsnm: 479. Web: 10 07 2016.  
<http://venciclopedia.com/?title=Valencia>
  - Fibrotecman, C.A. (**metalmecánica**)
  - Kisa, C.A. (**alimentos**)
  - Tipografía y Litografía San José, C.A. (**tipografía**)

## Anexo C

### Carta de consentimiento informado del paciente o colaborador

Yo,	CI <input type="checkbox"/> V <input type="checkbox"/> E <input type="checkbox"/> Pasaporte <input type="checkbox"/>
<p>por medio de la presente manifiesto que me han invitado como participante en la : “Prueba piloto (propuesta metodológica): validar instrumentos y procedimientos de recolección de datos antropométricos, aplicables al diseño ergonómico de puestos de trabajo”, del cual es responsable y desarrollado por el Ingeniero Químico, MSc. Francisco José Burgos doctorando en la Facultad de Ingeniería, Universidad de Carabobo, Valencia, Venezuela</p>	
<b>I</b>	<p>Los objetivos y la justificación de la investigación</p> <p>Se me ha informado que el objetivo es: realizar en la población de mano de obra directa industrial venezolana una Prueba Piloto (PP) para estudiar y establezca la validez de los instrumentos y procedimientos de recolección de la data antropométrica, medidas y dimensiones, a ser empleados con fines de diseño de puestos de trabajo.</p>
<b>II</b>	<p>Los procedimientos que vayan a usarse y su propósito, incluyendo la identificación de los procedimientos que son experimentales.</p> <p>Se me ha explicado que se me realizarán las siguientes mediciones no invasivas: peso, estatura y longitud de la cara (nación-mentón), que se elaborará una ficha o Cédula Antropométrica para Estudios Ergonómicos (CAPEE), Rojas-González, <i>et al.</i> (2000), siendo totalmente inofensivos todas las mediciones y pesajes.</p>
<b>III</b>	<p>Las molestias o los riesgos esperados, cómo y quién las resolverá</p> <p>Se me ha asegurado que bajo las condiciones normales de las pruebas, no debe aparecer ninguna molestia ni consecuencias, siempre podré recurrir al Antropometrista.</p>
<b>IV</b>	<p>Los beneficios que puedan observarse</p> <p>Se me ha explicado que los resultados de este estudio ayudarán a plantear soluciones que favorezcan la armonía entre el trabajador y su puesto de trabajo, LOPCYMAT (2005), Artículo 60.</p>
<b>V</b>	<p>La garantía de recibir respuesta a cualquier pregunta y aclaración.</p> <p>Se me ha asegurado que puedo preguntar hasta mi complacencia todo lo relacionado con el estudio y mi participación. He podido hacer preguntas sobre el estudio y he recibido suficiente información sobre el mismo.</p>
<b>VI</b>	<p>La libertad de retirar su consentimiento en cualquier momento y dejar de participar en el estudio, así como el compromiso de notificar esta decisión a los responsables del proyecto</p> <p>Se me aclaró que puedo abandonar el estudio en cuanto yo lo decida, sin necesidad de dar explicaciones.</p>
<b>VII</b>	<p>Privacidad y Anonimato</p> <p>Se me ha garantizado la privacidad, el anonimato y que se mantendrá la confidencialidad de la información suministrada/obtenida. Autorizo la publicación de los resultados de mi estudio a condición de que en todo momento se mantenga el secreto profesional y que no se publicará mi nombre o revelará mi identidad.</p>
<b>VIII</b>	<p>El compromiso de proporcionarle información actualizada obtenida durante el estudio aunque ésta pudiera afectar la voluntad del sujeto para continuar participando</p> <p>Se me ha garantizado la existencia del compromiso de proporcionarle información actualizada obtenida durante el estudio aunque ésta pudiera afectar la voluntad del sujeto para continuar participando. En caso de que se presente suficiente evidencia de efectos que no justifiquen continuar con el estudio, se informará oportunamente aunque esto represente el retiro prematuro de la investigación. Ejemplo: En caso de que el sujeto elegido al azar presente resultados fuera del rango del P<sub>5</sub> y P<sub>95</sub>.</p>
<p>Con fecha _____, habiendo comprendido lo anterior y una vez que se me aclararon, todas las dudas que surgieron con respecto a mi participación en el proyecto, acepto gratuita y voluntariamente a participar en la investigación: “Prueba piloto (propuesta metodológica): validar instrumentos y procedimientos de recolección de datos antropométricos, aplicables al diseño ergonómico de puestos de trabajo.”</p>	
<p>Nombres y apellidos del participante: _____ Firma del participante: _____</p>	
<p>La firma puede ser sustituida por huella digital en los casos que así lo ameriten</p>	
<p>Nombre y apellidos del investigador responsable: _____</p>	
Fecha: _____	Firma: _____
<p>Nombre y apellidos del antropometrista responsable: _____</p>	
Fecha: _____	Firma: _____

Fuente: Guía de consentimiento informado: Secretaría de Salud. Hospital General "Dr. Manuel Gea González (2014); Declaración de Helsinki de la Asociación Médica Mundial - Principios éticos para las investigaciones médicas en seres humanos (2013).

## Anexo D

Venezuela en el mapamundi, en las Américas y la región central de Venezuela



Venezuela en el mapamundi



**Anexo D.** Venezuela en el mapamundi, en las Américas y la Región Central de Venezuela



Venezuela en las Américas



Distrito Capital y los estados  
Aragua, Carabobo, Miranda y Vargas

Fuente: <http://espanol.mapsofworld.com/continentes/sur-america/venezuela/venezuela-mapa.html>

## Anexo E

### Prueba del escalón (*USDA Forest Service Step Test*)

#### Equipo necesario

- ✓ Escalón.
- ✓ Metrónomo.
- ✓ Cronómetro.
- ✓ Estetoscopio.

#### Preparación previa a la práctica

1. Vestir prendas cómodas para hacer ejercicio al ir a la clase.
2. Evitar el ejercicio agotador al menos 12 horas antes de la prueba.
3. No tomar estimulantes (tabaco, café, colas, chocolate, etc.) ni depresores (alcohol, medicamentos, etc.) el día de la prueba.
4. Evitar tomar una comida pesada 3 ó 4 horas antes de la clase de laboratorio.

#### Valoración de la capacidad aeróbica relativa

La capacidad aeróbica es la capacidad del cuerpo para mantener un ejercicio submáximo durante períodos prolongados de tiempo. Otra definición común de la capacidad aeróbica es la capacidad del corazón y del sistema vascular para transportar cantidades adecuadas de oxígeno a los músculos que trabajan, permitiendo la realización de actividades que implican a grandes masas musculares, tales como andar, correr o el ciclismo, durante períodos prolongados de tiempo.

La capacidad aeróbica es un componente importante del *fitness* porque implica al sistema pulmonar para el consumo de oxígeno, al sistema cardiovascular para el transporte de oxígeno y de productos de desecho y al sistema muscular para la utilización del oxígeno. El consumo de oxígeno es necesario para el funcionamiento adecuado de todos los órganos internos, incluidos el corazón y el cerebro.

El consumo de oxígeno tiene una relación lineal positiva con la producción de energía. Cuando el consumo de oxígeno aumenta, la producción de energía aeróbica se incrementa hasta el punto del consumo máximo de oxígeno ( $VO_2$  máx.) producción aeróbica máxima de energía.

La energía anaeróbica —energía producida en ausencia de oxígeno— es muy limitada y puede generarse sólo durante unos pocos minutos mientras se realiza el ejercicio intenso. Sin embargo, la energía aeróbica, —energía producida en presencia de oxígeno— puede sostener el ejercicio durante varias horas suponiendo que haya cantidades suficientes de alimentos en las células.

La capacidad aeróbica se cuantifica en términos de consumo máximo de oxígeno ( $VO_2$  máx.) puesto que el sistema cardiovascular es responsable del aporte de oxígeno a los músculos activos. La capacidad aeróbica refleja indirectamente en facultades de una persona para realizar actividades y ejercicios aeróbicos.

**Anexo E.** Prueba del escalón (*USDA Forest Service Step Test*) (Continuación)

¿Puede el lector describir la fisiología del por qué los individuos con enfermedades cardíacas tienen bajos niveles de capacidad aeróbica? A la inversa, ¿puede el lector entender por qué los corredores de maratón tienen altos niveles de capacidad aeróbica?

El  $\text{VO}_2$  máx. se cuantifica en términos absolutos ( $\text{l}\cdot\text{min}^{-1}$ ) y relativos ( $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ). Ambas unidades pueden usarse para indicar la dureza con que el cuerpo está trabajando durante la realización de esfuerzos aeróbicos submáximos y/o máximos. Sin embargo, cada valor unitario se usa para expresar el consumo de oxígeno y la producción de energía aeróbica por diferentes razones. Las unidades litros por minuto ( $\text{l}\cdot\text{min}^{-1}$ ) representan la cantidad absoluta o total de oxígeno consumido en el cuerpo por minuto. El  $\text{VO}_2$  máx. absoluto se usa generalmente para calcular la cantidad total de energía aeróbica o de calorías que el cuerpo puede generar.

Las investigaciones han demostrado que se producen aproximadamente 5 kilocalorías (kcal) de energía por cada litro de oxígeno consumido (1 litro de consumo de oxígeno = 5 kcal gastadas).

$$\frac{4 \text{ litros } \text{O}_2}{\text{min}} \times \frac{5 \text{ kcal}}{1 \text{ litro}} = \frac{20 \text{ kcal}}{\text{O}_2 \text{ min}}$$

Una kilocaloría (kcal) se define como la cantidad de calor necesaria para elevar la temperatura de 1 kg (1 litro) de agua  $1^\circ\text{C}$ , desde  $14,5$  hasta  $15,5^\circ\text{C}$ .

Las unidades mililitros de oxígeno por kilogramo por minuto ( $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ), por otro lado, re presentan el consumo de oxígeno requerido para mover un kilogramo de peso corporal por minuto. La mayoría de las veces el  $\text{VO}_2$  máx. se expresa con unidades relativas porque la capacidad funcional de una persona depende del desplazamiento de su propio peso corporal. En el cuerpo humano, la cantidad total de oxígeno consumido es importante porque representa la cantidad total de energía disponible para trabajar. Si todo lo demás permanece igual, una persona con un  $\text{VO}_2$  máx. absoluto alto podrá hacer ejercicio con una intensidad más elevada que una persona con un  $\text{VO}_2$  máx. menor.

**Sin embargo, puesto que los individuos tienen diferentes pesos corporales, la expresión del  $\text{VO}_2$  máx. en términos relativos es más significativa.**

Por ejemplo, si dos personas tienen el mismo  $\text{VO}_2$  máx. de  $4,5 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ , pero una de ellas pesa 75 kg y la otra 85 kg, entonces sus valores de  $\text{VO}_2$  máx. relativo serán de  $60 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$  y de  $53 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ , respectivamente. Aun cuando ambos individuos tienen la misma capacidad absoluta para consumir y utilizar oxígeno, la persona de 75 kg tiene más oxígeno disponible para mover cada unidad de peso corporal que la persona de 85 kg. Por tanto, la persona de menor peso puede realizar un esfuerzo de mayor intensidad o durante más tiempo a una intensidad de terminada que su equivalente más pesada, si todo lo demás es igual.

¿Puede entender el lector por qué los individuos obesos tienen niveles bajos de capacidad aeróbica relativa? ¿Entiende el lector por qué los deportistas deben perder el exceso de grasa corporal para maximizar el rendimiento? ¿Ve el lector los efectos perjudiciales que tiene para una persona el hecho de que gane 11 kg de grasa? En la Tabla 5-1 se facilitan datos normativos, basados en las puntuaciones de  $\text{VO}_2$  máx. relativo.

Anexo E. Prueba del escalón (*USDA Forest Service Step Test*) (Continuación)

<b>Hombres</b>					
<i>Edad</i>	<i>Baja</i>	<i>Regular</i>	<i>Media</i>	<i>Buena</i>	<i>Excelente</i>
< 29	< 25	25-33	34-42	43-52	> 52
30-39	< 23	23-30	31-38	39-48	> 48
40-49	< 20	20-26	27-35	36-44	> 44
50-59	< 18	18-24	25-33	34-42	> 42
60-69	< 16	116-22	23-30	31-40	> 40
<b>Mujeres</b>					
< 29	< 24	24-30	31-37	38-48	> 48
30-39	< 20	20-27	28-33	34-44	> 44
40-49	< 17	17-23	24-30	31-41	> 41
50-59	< 15	15-20	21-27	28-37	> 37
60-69	< 13	13-17	18-23	24-34	> 34

**Tabla 5.1**

**Cuadro normativo de capacidad aeróbica**

(Valores de  $VO_2$  máx expresados en  $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ )

Fuente: American Heart Association (1972)

**Preguntas de investigación**

1. ¿Satisface usted los requisitos mínimos de capacidad aeróbica para trabajar en el Forest Service de EE.UU.? La experiencia pasada ha demostrado que los empleados necesitan un  $VO_2$  máx. mínimo de  $45 ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ . ¿Se halla usted dentro del 10 % de este criterio mínimo? Muestre su trabajo.
2. ¿Parece ser aceptable el uso de esta prueba por el Forest Service para examinar a solicitantes de un empleo de extinción de incendios? Defienda su respuesta.
3. ¿Qué otro u otros parámetros del *fitness* pueden ser importantes para luchar contra el fuego? Explíquelo. ¿Deben incluirse estos parámetros cuando se examina a solicitantes de un empleo? ¿Por qué?
4. Describir al menos dos ventajas y desventajas de la prueba del escalón.

**Anexo E.** Prueba del escalón (*USDA Forest Service Step Test*) (Continuación)

**Recogida de datos**

La prueba del escalón del Forest Service requiere que alguien suba y baje repetidamente de un banco durante un período de 5 min. La capacidad aeróbica se pronostica en base al sexo, la intensidad del esfuerzo, la frecuencia cardíaca, el peso corporal y la edad. (Se puede sustituir la prueba del escalón del Forest Service por una prueba alternativa parecida si el laboratorio así lo prefiere.)

1. Disponer el metrónomo a una cadencia de 90 pulsaciones por minuto (22,5 ciclos de subir y bajar del banco cada minuto).
2. Hombres: usar un banco de 15 pulgadas (38 cm) de altura.  
Mujeres: usar un banco de 13 pulgadas (33 cm) de altura.
3. Comenzar la prueba del banco subiendo y bajando del mismo en cadencia con el metrónomo. Cada cuatro pulsaciones del metrónomo representan un ciclo completo de subir y bajar del banco. Cada pulsación del metrónomo representa un solo paso como sigue:
  - a. Subir al banco con el pie derecho.
  - b. Subir al banco con el pie izquierdo.
  - c. Bajar del banco con el pie derecho.
  - d. Bajar del banco con el pie izquierdo. El pie delantero debe cambiarse varias veces durante la prueba. Procurar extender las piernas en el punto más elevado de cada ascensión al banco.
4. Efectuar la prueba durante 5 min.
5. Al final de los 5 min, sentarse inmediatamente y hacer que el compañero tome nuestro pulso.
6. Sentarse tranquilamente durante 15 seg.
7. Medir una cuenta de los latidos durante 15 seg. entre el segundo 15 y el 30, después de 5 min de la prueba. Asegurarse de cerrar el metrónomo de manera que no interfiera con la cuenta de su pulso. Anotar el número de latidos cardíacos en la Carta 5-1.
8. Después de la medición de la cuenta del pulso, es aconsejable un período de enfriamiento caminando despacio o haciendo estiramientos estáticos.
9. Usar el peso del propio cuerpo y una cuenta de 15 seg., del pulso después del ejercicio para determinar la puntuación del fitness en  $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$  en la Tabla 5-2 si se es hombre, o en la Tabla 5-3 si se es mujer. Buscar la cuenta del pulso en la columna del extremo izquierdo de la tabla. Ver que los valores del peso corporal estén situados a lo largo del fondo de las tablas. Leer horizontalmente desde el valor de la cuenta del pulso hasta llegar a la columna que contiene su peso corporal. El valor que se halla en la intersección de la hilera de la cuenta del pulso y en la columna del peso corporal es su  $\text{VO}_2$  máx. no ajustada en  $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ .



**Anexo E.** Prueba del escalón (*USDA Forest Service Step Test*) (Continuación)

10. Obtenga su factor de corrección por la edad en la Tabla 5-4. Multiplique su VO<sub>2</sub> máx. no ajustado de la Tabla 5-2 ó 5-3 por el valor de corrección de su edad. El resultado equivale a su puntuación de fitness ajustado a la edad, o a su VO<sub>2</sub> máx. estimado.
11. Registrar su VO<sub>2</sub> máx., ajustado a la edad en el Cuadro 5-1.
12. Calcule su capacidad aeróbica absoluta en l•min<sup>-1</sup> y regístrela en el Cuadro 5-1.
13. Determine la clasificación de su fitness a partir del cuadro normativo aeróbico (Tabla 5-1) y regístrelo en el Cuadro 5-1.

**Ejemplo de cálculo:** Una mujer de 46 años tiene un peso corporal de 58,9 kg y una cuenta del pulso de 15 s posterior al ejercicio de 26 latidos. ¿Cuál es su capacidad aeróbica en ml•kg<sup>-1</sup>•min<sup>-1</sup> y en l•min<sup>-1</sup>?

1. Su puntuación no ajustada del fitness en la Tabla 5-3 es de 51 ml O<sub>2</sub>•kg<sup>-1</sup>•min<sup>-1</sup>.
2. El factor de corrección de la edad en la Tabla 5-4 es de 0,91. Por tanto, la puntuación ajustada a la edad es:

$$51 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1} \times 0,91 = 46,4 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$$

4. La capacidad aeróbica absoluta en l•min<sup>-1</sup> se calcula como sigue:

$$46,4 \frac{\text{ml.min}^{-1}}{\text{kg}} \times 58,9 \text{ kg} = 2.733,5 \text{ ml.min}^{-1}$$
$$2.733,5 \frac{\text{ml}}{\text{min}} \times \frac{1 \text{ litro}}{1.000 \text{ ml}} = 2,73 \frac{\text{litros}}{\text{min}}$$

5. Una puntuación ajustada de la capacidad aeróbica relativa de 46,4 ml.kg<sup>-1</sup>•min<sup>-1</sup> para una mujer de 46 años se halla en la categoría de Excelente *en base a las normas* de la Tabla 5-1.
6. Por cada litro de oxígeno consumido, se queman aproximadamente 5,3 kcal.
7. Cálculo de la tasa de kcal quemadas o Capacidad Aeróbica Absoluta (CAA):

$$2,73 \text{ litros/min} \times 5 \text{ kcal/l} = 14,46 \text{ kcal/min}$$

8. Determinación del *total de kcal quemadas durante el ejercicio*, manteniendo el mismo ritmo que en la prueba del escalón del *USDA Forest Service Test*, multiplique la tasa de kcal quemadas por el total de minutos empleados en el ejercicio.

Ejemplo: si se ejercitó durante 10 minutos [*a un ritmo tal que una cuenta del pulso de 15 s posterior al ejercicio logre 26 latidos, como fue el caso en la prueba del banco*]:

$$14,46 \text{ kcal/min} \times 10 \text{ min} = 144,6 \text{ kcal}$$

9. Si quema a razón de: 14,46 kcal/min, equivale a los siguientes kilovatios de potencia:

$$14,46 \text{ kcal/min} \times 1 \text{ kw}/14,33 \text{ kcal/min} = 1,009 \text{ kw}$$

Fuente: George, Garth Fisher, y Vehrs (2007:99 a 109)

Anexo E. Prueba del escalón (*USDA Forest Service Step Test*) (Continuación)

(Estimaciones del $\dot{V}O_2$ máx no ajustadas [ $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ])													
Cuenta del pulso durante 15 segundos													
44	34	34	34	34	33	33	33	33	33	33	33	33	33
43	35	35	35	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34
42	36	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35
41	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36
40	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37
39	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	37	37
38	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	38	38
37	41	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	39	39
36	42	42	41	41	41	41	41	41	41	41	41	40	40
35	43	43	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	41
34	44	44	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43
33	46	45	45	45	45	45	44	44	44	44	44	44	44
32	47	47	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46
31	48	48	48	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47
30	50	49	49	49	49	48	48	48	48	48	48	48	48
29	52	51	51	51	50	50	50	50	50	50	50	50	50
28	53	53	53	53	52	52	52	52	52	51	51	51	51
27	55	55	55	54	54	54	54	54	54	53	53	53	52
26	57	57	56	56	56	56	56	56	56	55	55	54	54
25	59	59	58	58	58	58	58	58	58	56	56	55	55
24	60	60	60	60	60	60	60	59	59	58	58	57	
23	62	62	61	61	61	61	61	60	60	60	59		
22	64	64	63	63	63	63	62	62	61	61			
21	66	66	65	65	65	64	64	64	62				
20	68	68	67	67	67	67	66	66	65				
	54,4	59	63,5	68	72,6	77,1	81,6	86,2	90,7	95,3	99,8	104,3	108,9
	Peso corporal (kg)												

**Tabla 5-2**

Prueba del escalón del *Forest Service* para hombres

Fuente: Sharkey (1991), citado por George, J. D., Garth Fisher, A. y Vehrs, P.R. (2007:107)

Anexo E. Prueba del escalón (*USDA Forest Service Step Test*) (Continuación)

(Estimaciones del $\dot{V}O_2$ máx no ajustadas [ $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ])												
Cuenta del pulso durante 15 segundos												
44								30	30	30	30	30
43							31	31	31	31	31	31
42			32	32	32	32	32	32	32	32	32	32
41			33	33	33	33	33	33	33	33	33	33
40			34	34	34	34	34	34	34	34	34	34
39			35	35	35	35	35	35	35	35	35	35
38			36	36	36	36	36	36	36	36	36	36
37			37	37	37	37	37	37	37	37	37	37
36		37	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38
35	38	38	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39
34	39	39	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
33	40	40	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41
32	41	41	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42
31	42	42	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43
30	43	43	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44
29	44	44	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
28	45	45	46	46	46	47	47	47	47	47	47	47
27	46	46	47	48	48	49	49	49	49	49		
26	47	48	49	50	50	51	51	51	51			
25	49	50	51	52	52	53	53					
24	51	52	53	54	54	55						
23	53	54	55	56	56	57						
	36,3	40,8	45,4	49,9	54,4	59	63,5	68	72,6	77,1	81,6	86,2
	Peso corporal (kg)											

**Tabla 5-3**

Prueba del escalón del *Forest Service* para mujeres

Fuente: Sharkey (1991), citado por George *et al.* (2007:108)



**Anexo E.** Prueba del escalón (*USDA Forest Service Step Test*) (Continuación)

Edad	c.f.
15	1,04
20	1,02
25	1,00
30	0,97
35	0,95
40	0,93
45	0,91
50	0,88
55	0,86
60	0,82
65	0,80

**Tabla 5-4**

Factores de corrección según la edad

Fuente: Modificado de Sharkey (1991) citado por George *et al.*(2007:109)

**Anexo F**  
**Cédula antropométrica para estudios ergonómicos (CAPEE)**

**Documento instrumental**

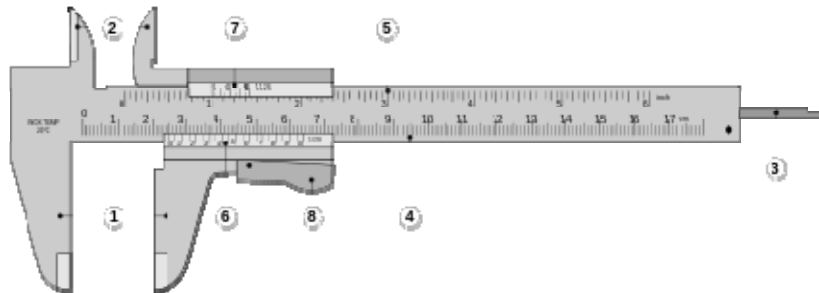
<b>Datos demográficos</b>				Evaluación N°: _____		
Lugar de la entrevista: _____				Fecha: _____		
Nombre de la empresa: _____						
Participante: Nombres y apellidos: _____						
Fecha de nacimiento: _____		Edad: ____		CI: _____		
Lugar de nacimiento: _____				Pasaporte: _____		
Antropometrista/evaluador: _____				<b>Sexo: Hombre <input type="checkbox"/> Mujer <input type="checkbox"/></b>		
Anotador: _____						
Fuente: Rojas-González <i>et al.</i> (2000)						
<b>Variables antropométricas</b>						
<b>EN BIPEDESTACION</b>						
<b>1</b>	<b>Estatura de pie (altura del cuerpo) (mm)</b>	<b>Código: 1</b>	<b>Toma 1</b>	<b>Toma 2</b>	<b>Promedio</b>	<b>Mediana</b>
Mujer: P <sub>1</sub> = 1438,76 ; P <sub>99</sub> = 1743,72						
Hombre: P <sub>1</sub> = 1537,00 ; P <sub>99</sub> = 1864,38						
<b>2</b>	<b>Altura de codo (mm)</b>	<b>Código: 4</b>				
Mujer: P <sub>1</sub> = 881,82 ; P <sub>99</sub> = 1.109,12						
Hombre: P <sub>1</sub> = 928,45 ; P <sub>99</sub> = 1.179,71						
<b>3</b>	<b>Perímetro de cintura (mm)</b>	<b>Código: 39</b>				
Mujer: P <sub>1</sub> = 619,70 ; P <sub>99</sub> = 1062,48						
Hombre: P <sub>1</sub> = 695,58 ; P <sub>99</sub> = 1188,55						
<b>EN POSICIÓN SEDENTE</b>						
<b>4</b>	<b>Altura, sentado (espalda recta) (mm)</b>	<b>Código: 8</b>	<b>Toma 1</b>	<b>Toma 2</b>	<b>Promedio</b>	<b>Mediana</b>
Mujer: P <sub>1</sub> = 747,89 ; P <sub>99</sub> = 909,22						
Hombre: P <sub>1</sub> = 795,00 ; P <sub>99</sub> = 963,71						
<b>5</b>	<b>Altura de ojos, sentado (mm)</b>	<b>Código: 9</b>				
Mujer: P <sub>1</sub> = 643,90 ; P <sub>99</sub> = 799,60						
Hombre: P <sub>1</sub> = 688,56 ; P <sub>99</sub> = 854,72						
<b>6</b>	<b>Altura de hombros, sentado(mm)</b>	<b>Código: 10</b>				
Mujer: P <sub>1</sub> = 485,68 ; P <sub>99</sub> = 622,40						
Hombre: P <sub>1</sub> = 524,29 ; P <sub>99</sub> = 663,71						
<b>7</b>	<b>Anchura de hombros (biacromial)(mm)</b>	<b>Código: 18</b>				
Mujer: P <sub>1</sub> = 271,88 ; P <sub>99</sub> = 420,36						
Hombre: P <sub>1</sub> = 305,00 ; P <sub>99</sub> = 458,00						
<b>8</b>	<b>Anchura de caderas, sentado (mm)</b>	<b>Código: 19</b>				
Mujer: P <sub>1</sub> = 294,00 ; P <sub>99</sub> = 450,07						
Hombre: P <sub>1</sub> = 297,08 ; P <sub>99</sub> = 439,00						
<b>9</b>	<b>Longitud de la pierna (altura del poplíteo)(mm)Código:16</b>					
Mujer: P <sub>1</sub> = 346,00 ; P <sub>99</sub> = 459,08						
Hombre: P <sub>1</sub> = 369,31 ; P <sub>99</sub> = 491,07						
<b>10</b>	<b>Altura del muslo, sentado(mm)</b>	<b>Código: 15</b>				
Mujer: P <sub>1</sub> = 459,19 ; P <sub>99</sub> = 613,09						
Hombre: P <sub>1</sub> = 489,69 ; P <sub>99</sub> = 641,31						
<b>11</b>	<b>Espesor abdominal, sentado (mm)</b>	<b>Código: 21</b>				
Mujer: P <sub>1</sub> = 149,93 ; P <sub>99</sub> = 325,07						
Hombre: P <sub>1</sub> = 169,28 ; P <sub>99</sub> = 355,72						

Anexo F. Cédula antropométrica para estudios ergonómicos (CAPEE). Documento instrumental (Continuación)

MEDIDAS FUNCIONALES					
<b>12</b>	<b>Alcance máximo horizontal agarre (puño cerrado)(mm)</b> <b>Código 25</b>	<b>Toma 1</b>	<b>Toma 2</b>	<b>Promedio</b>	<b>Mediana</b>
	Mujer: P <sub>1</sub> = 549,94 ; P <sub>99</sub> = 764,18				
	Hombre: P <sub>1</sub> = 588,27 ; P <sub>99</sub> = 825,00				
<b>13</b>	<b>Longitud rodilla-trasero (mm)</b> <b>Código: 13</b>				
	Mujer: P <sub>1</sub> = 514,90 ; P <sub>99</sub> = 656,10				
	Hombre: P <sub>1</sub> = 527,31 ; P <sub>99</sub> = 672,00				
MEDIDAS DE SEGMENTOS ESPECÍFICOS DEL CUERPO					
<b>14</b>	<b>Longitud del pie(mm)</b> <b>Código: 30</b>	<b>Toma 1</b>	<b>Toma 2</b>	<b>Promedio</b>	<b>Mediana</b>
	Mujer: P <sub>1</sub> = 199,58 ; P <sub>99</sub> = 267,14				
	Hombre: P <sub>1</sub> = 220,30 ; P <sub>99</sub> = 291,00				
<b>15</b>	<b>Masa corporal (peso) (kg)</b> <b>Código: s/n</b>				
	Mujer: P <sub>1</sub> = 44,18 ; P <sub>99</sub> = 90,47				
	Hombre: P <sub>1</sub> = 52,85 ; P <sub>99</sub> = 104,89				
<b>16</b>	<b>Índice de masa corporal (IMC) (kg/m<sup>2</sup>)</b> <b>Código: s/n</b>				
	Mujer: P <sub>1</sub> =18,5; P <sub>99</sub> = 40,0				
	Hombre: P <sub>1</sub> =18,5; P <sub>99</sub> = 40,0				
<b>17</b>	<b>Longitud de la mano (mm)</b> <b>Código: 28</b>	<b>Toma 1</b>	<b>Toma 2</b>	<b>Promedio</b>	<b>Mediana</b>
	Mujer: P <sub>1</sub> = 151,94 ; P <sub>99</sub> = 194,00				
	Hombre: P <sub>1</sub> = 162,00 ; P <sub>99</sub> = 210,00				
<b>18</b>	<b>Anchura palma de la mano (en los metacarpianos) (mm)</b> <b>Cód. 29</b>				
	Mujer: P <sub>1</sub> = 66,93 ; P <sub>99</sub> = 89,00				
	Hombre: P <sub>1</sub> = 75,00 ; P <sub>99</sub> = 103,00				
<b>19</b>	<b>Anchura del pie (mm)</b> <b>Código: 31</b>				
	Mujer: P <sub>1</sub> = 69,91 ; P <sub>99</sub> = 147,90				
	Hombre: P <sub>1</sub> = 74,26 ; P <sub>99</sub> = 116,74				
<b>20</b>	<b>Longitud de la cara (Nasión-mentón) (mm)</b> <b>Código: 38</b>				
	Mujer: P <sub>1</sub> = 103,00 ; P <sub>99</sub> = 147,5				
	Hombre: P <sub>1</sub> = 108,31 ; P <sub>99</sub> = 155,69				
<b>21</b>	<b>Longitud poplíteo-trasero (profundidad asiento) (mm)</b> <b>Cód. 14</b>				
	Mujer: P <sub>1</sub> = 435,92 ; P <sub>99</sub> = 551,72				
	Hombre: P <sub>1</sub> = 422,00 ; P <sub>99</sub> = 574,69				
<b>22</b>	<b>Capacidad aeróbica relativa (CAR: ml O<sub>2</sub>/kg-min)</b>				
	Mujer: P <sub>1</sub> = 28; P <sub>99</sub> = 50				
	Hombre: P <sub>1</sub> = 34; P <sub>99</sub> = 60				

## Anexo G Instrumentos de medida

- **Pie de Rey pequeño**



Posee dos escalas: la inferior milimétrica y la superior en pulgadas.

1. Mordazas para medidas externas.
2. Mordazas para medidas internas.
3. Coliza para medida de profundidades.
4. Escala con divisiones en centímetros y milímetros.
5. Escala con divisiones en pulgadas y fracciones de pulgada.
6. Nonio para la lectura de las fracciones de milímetros en que esté dividido.
7. Nonio para la lectura de las fracciones de pulgada en que esté dividido.
8. Botón de deslizamiento y freno.

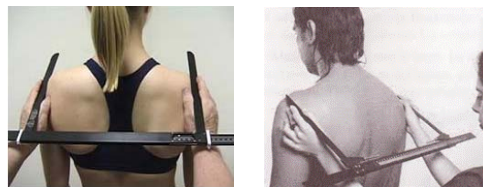
Calibrador Vernier-Pié de rey

<http://es.scribd.com/doc/28223820/Calibrador-Pie-de-Rey-o-Vernier>

- **Antropómetro o Pie de rey grande**



De izquierda a derecha: escalímetro, regla métrica metálica (mm), Antropómetro o Pie de Rey grande (mm), Pie de Rey pequeño



Uno de los usos del antropómetro

**Anexo G. Instrumentos de medida (Continuación)**

- **Balanza**



**Electronic Glass Body fat Scale**

ModelRSP-0030

**Detail Description**

Electronic Glass Scale

LCD Size: 7.5x3cm

Max Capacity: 150kg/330lb

Division: 0.1kg/0.2lb

Thick of Tempered Glass: 6mm

Materials: ABS+Glass

Power: 1xC<sup>R2</sup>032

Net Size: 28x28x3.5cm

20GP: 5145pcs

40GP: 10780pcs

40HC: 12500pcs

<http://www.globalmarket.com/product-info/electronic-glass-body-fat-scale-1347455.html>

- **Banco para prueba del escalón (USDA Forest Service Step Test)**



Banco con altura graduable para hombres y mujeres,  
para la Prueba del escalón (USDA Forest Service Step Test)

Anexo G. Instrumentos de medida (Continuación)

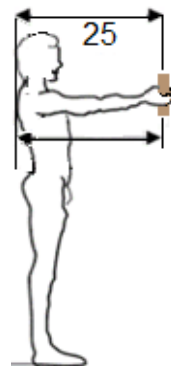
- **Banquito y Silla con respaldo**



- **Bloque de medida**



- **Cilindro recto de 20 mm de diámetro**



- **Cinta métrica flexible**



Cinta métrica flexible en tela

## Anexo G. Instrumentos de medida (Continuación)

- **Cronómetro**



- **Estetoscopio**



- **Metrónomo**



### Características de Korg MA-1 BKR D

- Ajustes de tiempo: Paso péndulo, paso completo, Tap Tempo.
- Golpes: 0-9 golpes.
- Ritmos: Negras, corcheas, tresillos (tresillos con golpes interiores omitidos, tresillos con el tercer golpe omitido), semicorcheas (cuartos, cuartos con los golpes medios omitidos, cuartos con los golpes tercero y cuarto omitidos).
- Precisión de Tempo: + / -0,2%.
- Tono de referencia: Dodecafónica temperamento igual C4-B4.
- Rango de calibración: 410Hz-480Hz (1Hz pasos).
- Tono de referencia de precisión: + / -1 Cent o más.
- Conectores: Conector para auriculares (mini jack estéreo Ø3.5mm / 1 / 8 ").
- Altavoz: Altavoz dinámico (máx. 0,5 W, ø23mm).
- Alimentación: Dos pilas AAA, 3V (incluidas).
- Duración de la batería: Aprox. 70 horas (cuando se utiliza de carbono baterías de zinc-), Aprox.290 h. (cuando se utilizan pilas alcalinas), (tempo 120, 4 tiempos, y el volumen máx.).
- Dimensiones (W x D x H): 102 x 59 x 17 mm.
- Peso: 71 g (incluidas las baterías).
- Modelo MA1BKR D, Color Negro- Rojo.
- Modelo MA 1BLBK, Color Azul- Negro.
- Código: 348KG014B

<http://www.madridhifi.com/p/korg-ma1-bkrd/>

Anexo G. Instrumentos de medida (Continuación)

- **Lápiz dermatográfico**



Lápiz dérmico ALMAY intense i-color™ 003 black  
Pearl <http://www.drugstore.com/almay-intense-i-color-liner-black-pearl/qxp138252>

- **Tallímetro**



CHARDER® HM-200P Portstad. Apreciación (precisión) de 1 mm.  
<http://www.quickmedical.com/charder/hm-200p-portstad-portable-stadiometer.html>



## Anexo H

### Datos crudos planilla de resultados capacidad aeróbica

Fecha: 19 03 2015

1 PLANILLA DE RESULTADOS CAPACIDAD AERÓBICA							
Mujer	X	Hombre		Rango de edad: 20-29			
MC Masa Corporal (kg)	T Talla (mm)	IMC Índice Masa Corporal (kg m <sup>-2</sup> )	PA Perímetro Abdominal (mm)	E Edad (años)	FCR <sub>15</sub> Frecuencia Cardíaca Después de 15 seg del Ejercicio y durante 15 seg (latidos) Media	CAR Capac. Aeróbica Relativa VO <sub>2</sub> Máx (ml kg <sup>-1</sup> min <sup>-1</sup> )	CAA Capac. Aeróbica Absoluta VO <sub>2</sub> Máx (kcal min <sup>-1</sup> )
53,0	1602	20,6	832	20	35	39,7	10,5
64,0	1604	24,8	558	23	35	40,9	13,1
73,3	1527	31,3	983	23	40	32,4	11,8
*69,0	1580	27,6	850	24	38	35,3	12,1
*61,6	1622	23,4	850	24	37	37,2	11,4
*65,5	1640	24,1	690	28	38	34,3	11,2
*59,2	1575	24,9	620	20	34	39,7	11,7
*84,3	1640	31,3	950	20	32	42,8	18,0
*55,0	1510	24,1	720	25	29	45,0	12,3
*50,0	1520	21,6	680	20	32	42,8	11,4

2 PLANILLA DE RESULTADOS CAPACIDAD AERÓBICA							
Mujer		Hombre	X	Rango de edad: 20-29			
MC Masa Corporal (kg)	T Talla (mm)	IMC Índice Masa Corporal (kg m <sup>-2</sup> )	PA Perímetro Abdominal (mm)	E Edad (años)	FCR <sub>15</sub> Frecuencia Cardíaca Después de 15 seg. del Ejercicio y durante 15 seg (latidos) Media	CAR Capac. Aeróbica Relativa VO <sub>2</sub> Máx. (ml kg <sup>-1</sup> min <sup>-1</sup> )	CAA Capac. Aeróbica Absoluta VO <sub>2</sub> Máx (kcal min <sup>-1</sup> )
67	1750	21,8	830	23	26	56,6	18,9
81	1621	30,8	960	23	30	48,5	19,6
78	1730	26,0	920	25	38	39,0	15,2
69	1780	21,7	790	29	35	41,2	14,2
93,6	1765	30,2	1000	22	38	39,8	19,2
90,7	1796	28,3	830	23	31	47,9	21,7
57,3	1719	19,5	700	22	27	56,1	16
82	1777	26,1	900	25	30	48	19,6
63	1755	20,5	730	23	34	43,8	13,8
87	1760	28,0	950	28	26	54	23,9

Anexo H. Datos crudos planilla de resultados capacidad aeróbica. Fecha: 19 03 2015 (Continuación)

3 PLANILLA DE RESULTADOS CAPACIDAD AERÓBICA							
Mujer	X	Hombre		Rango de edad: 30-39			
MC Masa Corporal (kg)	T Talla (mm)	IMC Índice Masa Corporal (kg m <sup>-2</sup> )	PA Perímetro Abdominal (mm)	E Edad (años)	FCR <sub>15</sub> Frecuencia Cardíaca Después de 15 seg del Ejercicio y durante 15 seg (latidos) Media	CAR Capac. Aeróbica Relativa VO <sub>2</sub> Máx (ml kg <sup>-1</sup> min <sup>-1</sup> )	CAA Capac. Aeróbica Absoluta VO <sub>2</sub> Max (kcal min <sup>-1</sup> )
*63	1652	23,9	740	30	38	33,8	10,6
*86	1580	34,4	1150	36	43	29,1	12,5
*50	1370	26,6	480	31	38	34,5	8,6
*68,4	1651	25,1	770	37	38	32,9	11,2
*63	1625	24	720	30	42	31,0	9,7
*63,5	1600	24,8	800	35	42	30,4	9,6
*68	1623	25,8	820	34	39	32,9	11,1
*45	1520	19,4	610	37	39	32,9	7,4
*51	1600	19,2	700	35	38	34,2	8,7
*77	1665	27,7	980	37	43	29,1	11,2

4 PLANILLA DE RESULTADOS CAPACIDAD AERÓBICA							
Mujer	X	Hombre	X	Rango de edad: 30-39			
MC Masa Corporal (kg)	T Talla (mm)	IMC Índice Masa Corporal (kg m <sup>-2</sup> )	PA Perímetro Abdominal (mm)	E Edad (años)	FCR <sub>15</sub> Frecuencia Cardíaca Después de 15 seg del Ejercicio y durante 15 seg (latidos) Media	CAR Capac. Aeróbica Relativa VO <sub>2</sub> Máx (ml kg <sup>-1</sup> min <sup>-1</sup> )	CAA Capac. Aeróbica Absoluta VO <sub>2</sub> Max (kcal min <sup>-1</sup> )
91	1796	28,2	1000	30	36	39,8	18,1
*78,4	1720	26,5	1030	39	42	33,2	13
*93,5	1702	32,3	1200	35	42	34,2	15,9
*69,5	1660	25,2	820	32	30	47,5	16,5
*87,6	1755	28,6	950	38	28	48,8	21,4
*98	1781	30,9	1080	39	42	32,9	16,1
*99,2	1660	35,9	1150	36	36	38,9	19,3
*81	1673	28,8	1080	30	39	36,8	14,9
*93,5	1650	34,3	1060	33	39	36,4	17,0
99,2	1680	35,1	1120	38	29	47	23,3

Anexo H. Datos crudos planilla de resultados capacidad aeróbica. Fecha: 19 03 2015 (Continuación)

5 PLANILLA DE RESULTADOS CAPACIDAD AERÓBICA							
Mujer	X	Hombre		Rango de edad: 40-49			
MC Masa Corporal (kg)	T Talla (mm)	IMC Índice Masa Corporal (kg m <sup>-2</sup> )	PA Perímetro Abdominal (mm)	E Edad (años)	FCR <sub>15</sub> Frecuencia Cardíaca Después de 15 seg del Ejercicio y durante 15 seg (latidos) Media	CAR Capac. Aeróbica <b>Relativa</b> VO <sub>2</sub> Máx (ml kg <sup>-1</sup> min <sup>-1</sup> )	CAA Capac. Aeróbica <b>Absoluta</b> VO <sub>2</sub> Max (kcal min <sup>-1</sup> )
*66	1588	26,1	820	48	38	32	10,5
*65	1500	28,8	750	40	38	33,4	10,8
*43	1537	18,2	590	44	35	35,4	7,6
*54	1520	23,3	800	44	35	35,8	9,6
*54	1520	23,3	740	40	37	34,4	9,2
*84,3	1630	31,7	970	41	36	34,9	14,6
*79	1650	29,0	920	41	37	34	13,4
*65	1680	23	780	46	32	38,6	12,5
*82	1640	30,4	1040	44	38	33,0	13,5

6 PLANILLA DE RESULTADOS CAPACIDAD AERÓBICA							
Mujer		Hombre	X	Rango de edad: 40-49			
MC Masa Corporal (kg)	T Talla (mm)	IMC Índice Masa Corporal (kg m <sup>-2</sup> )	PA Perímetro Abdominal (mm)	E Edad (años)	FCR <sub>15</sub> Frecuencia Cardíaca Después de 15 seg del Ejercicio y durante 15 seg (latidos) Media	CAR Capac. Aeróbica <b>Relativa</b> VO <sub>2</sub> Máx (ml kg <sup>-1</sup> min <sup>-1</sup> )	CAA Capac. Aeróbica <b>Absoluta</b> VO <sub>2</sub> Max (kcal min <sup>-1</sup> )
*70,6	1785	22,1	630	44	31	44,1	15,6
*89,3	1630	30,2	1020	44	38	35,1	14,0
*79	1780	24,9	1000	48	38	34,7	13,7
*75,7	1720	25,5	780	48	36	36,4	13,0
*71	1660	25,7	780	44	28	47,8	16,9
*69,8	1670	25,0	900	45	37	36,4	12,7
*84,0	1770	26,8	1020	43	35	38,6	16,2
*78,6	1680	27,5	920	42	39	34,9	13,7
*68	1670	24,3	900	45	38	35,4	12,0
*65	1660	25,3	800	45	38	32,7	10,6

Anexo H. Datos crudos planilla de resultados capacidad aeróbica. Fecha: 19 03 2015 (Continuación)

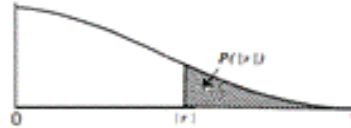
7 PLANILLA DE RESULTADOS CAPACIDAD AERÓBICA							
Mujer	X	Hombre		Rango de edad: 50-59			
MC Masa Corporal (kg)	T Talla (mm)	IMC Índice Masa Corporal (kg m <sup>-2</sup> )	PA Perímetro Abdominal (mm)	E Edad (años)	FCR <sub>15</sub> Frecuencia Cardíaca Después de 15 seg del Ejercicio y durante 15 seg (latidos) Media	CAR Capac. Aeróbica Relativa VO <sub>2</sub> Máx (ml kg <sup>-1</sup> min <sup>-1</sup> )	CAA Capac. Aeróbica Absoluta VO <sub>2</sub> Max (kcal min <sup>-1</sup> )
*84	1650	30,8	1030	58	39	29,0	12,2
*73	1690	25,5	970	57	40	27,5	10,0
*77	1670	27,6	980	59	38	29,5	11,5
*85	1710	29,0	890	56	40	28,9	12,2

8 PLANILLA DE RESULTADOS CAPACIDAD AERÓBICA							
Mujer		Hombre	X	Rango de edad: 50-59			
MC Masa Corporal (kg)	T Talla (mm)	IMC Índice Masa Corporal (kg m <sup>-2</sup> )	PA Perímetro Abdominal (mm)	E Edad (años)	FCR <sub>15</sub> Frecuencia Cardíaca Después de 15 seg del Ejercicio y durante 15 seg (latidos) Media	CAR Capac. Aeróbica Relativa VO <sub>2</sub> Máx (ml kg <sup>-1</sup> min <sup>-1</sup> )	CAA Capac. Aeróbica Absoluta VO <sub>2</sub> Max (kcal min <sup>-1</sup> )
*86,6	1670	31,0	1010	54	40	32,1	13,9
*78	1650	28,6	980	54	39	33,0	12,8
*84	1700	29,0	990	53	38	33,9	14,2
*85	1620	32,3	1030	57	32	38,1	16,2
87,5	1690	30,6	980	50	31	41,3	18,0
*77	1760	24,8	870	53	34	36,6	14,0
*69	1560	28,3	980	58	36	34,0	11,7
*73,2	1760	23,6	910	52	34	37,6	13,6
*107,5	1850	31,2	1030	54	38	32,3	17,3
98	1700		1080	50	36	35,2	17,2

Capacidad Aeróbica Relativa (CAR: ml O<sub>2</sub>/kg-min) de la muestra

	Hombres	Mujeres
<i>n</i>	40,00	33,00
Media	40,01	34,46
± Desv. Estándar	6,86	3,38
Coef. Variación %	17,10	9,80

**Anexo I**  
**Valores del coeficiente de correlación  $r$**   
**Funciones bivariantes y multivariantes**



5 Por ciento de nivel de significancia					1 Por ciento de nivel de significancia					
Nº total de variables = Variable dependiente + variables independientes					Nº total de variables = Variable dependiente + variables independientes					
$\nu$	2	3	4	5	$\nu$	2	3	4	5	$\nu$
1	0,997	0,999	0,999	0,999	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1
2	0,950	0,975	0,983	0,987	0,990	0,995	0,997	0,998	0,998	2
3	0,878	0,930	0,950	0,961	0,959	0,976	0,983	0,987	0,987	3
4	0,811	0,881	0,912	0,930	0,917	0,949	0,962	0,970	0,970	4
5	0,754	0,836	0,874	0,898	0,874	0,917	0,937	0,949	0,949	5
6	0,707	0,795	0,839	0,867	0,834	0,886	0,911	0,927	0,927	6
7	0,666	0,758	0,807	0,838	0,798	0,855	0,885	0,904	0,904	7
8	0,632	0,726	0,777	0,811	0,765	0,827	0,860	0,882	0,882	8
9	0,602	0,697	0,750	0,786	0,735	0,800	0,836	0,861	0,861	9
10	0,576	0,671	0,726	0,763	0,708	0,776	0,814	0,840	0,840	10
11	0,553	0,648	0,703	0,741	0,684	0,753	0,793	0,821	0,821	11
12	0,532	0,627	0,683	0,722	0,661	0,732	0,773	0,802	0,802	12
13	0,514	0,608	0,664	0,703	0,641	0,712	0,755	0,785	0,785	13
14	0,497	0,590	0,646	0,686	0,623	0,694	0,737	0,768	0,768	14
15	0,482	0,574	0,630	0,670	0,606	0,677	0,721	0,752	0,752	15
16	0,468	0,559	0,615	0,655	0,590	0,662	0,706	0,738	0,738	16
17	0,456	0,545	0,601	0,641	0,575	0,647	0,691	0,724	0,724	17
18	0,444	0,532	0,587	0,628	0,561	0,633	0,678	0,710	0,710	18
19	0,433	0,520	0,575	0,615	0,549	0,620	0,665	0,698	0,698	19
20	0,423	0,509	0,563	0,604	0,537	0,608	0,652	0,685	0,685	20
21	0,413	0,498	0,552	0,592	0,526	0,596	0,641	0,674	0,674	21
22	0,404	0,488	0,542	0,582	0,515	0,585	0,630	0,663	0,663	22
23	0,396	0,479	0,532	0,572	0,505	0,574	0,619	0,652	0,652	23
24	0,388	0,470	0,523	0,562	0,496	0,565	0,609	0,642	0,642	24
25	0,381	0,462	0,514	0,553	0,487	0,555	0,600	0,633	0,633	25
26	0,374	0,454	0,506	0,545	0,478	0,546	0,590	0,624	0,624	26
27	0,367	0,446	0,498	0,536	0,470	0,538	0,582	0,615	0,615	27
28	0,361	0,439	0,490	0,529	0,463	0,530	0,573	0,606	0,606	28
29	0,355	0,432	0,482	0,521	0,456	0,522	0,565	0,598	0,598	29
30	0,349	0,426	0,476	0,514	0,449	0,514	0,558	0,591	0,591	30
35	0,325	0,397	0,445	0,482	0,418	0,481	0,523	0,556	0,556	35
40	0,304	0,373	0,419	0,455	0,393	0,454	0,494	0,526	0,526	40
45	0,288	0,353	0,397	0,432	0,372	0,430	0,470	0,501	0,501	45
50	0,273	0,336	0,379	0,412	0,354	0,410	0,449	0,479	0,479	50
60	0,250	0,308	0,348	0,380	0,325	0,377	0,414	0,442	0,442	60
70	0,232	0,286	0,324	0,354	<b>0,302</b>	0,351	0,386	0,413	0,413	70
80	0,217	0,269	0,304	0,332	0,283	0,330	0,362	0,389	0,389	80
90	0,205	0,254	0,288	0,315	0,267	0,312	0,343	0,368	0,368	90
100	0,195	0,241	0,274	0,300	0,254	0,297	0,327	0,351	0,351	100
125	0,174	0,216	0,246	0,269	0,228	0,266	0,294	0,316	0,316	125
150	0,159	0,198	0,225	0,247	0,208	0,244	0,270	0,290	0,290	150
200	0,138	0,172	0,196	0,215	0,181	0,212	0,234	0,253	0,253	200
300	0,113	0,141	0,160	0,176	0,148	0,174	0,192	0,208	0,208	300
400	0,098	0,122	0,139	0,153	0,128	0,151	0,167	0,180	0,180	400
500	0,088	0,109	0,124	0,137	0,115	0,135	0,150	0,162	0,162	500
1000	0,062	0,077	0,088	0,097	0,081	0,096	0,106	0,116	0,116	1000

The critical value of  $r$  at a given level of significance, total number of variables, and degrees of freedom  $\nu$ , is read from the table. If the compute  $|r|$  exceeds the critical value, then the null hypothesis that there is no association between the variables is rejected at the given level. The test is an equal-tails test, since we are usually interested in either positive or negative correlation. The shaded portion of the figure is the stipulated probability as a level of significance.

Fuente: Table reproduced by Kennedy & Neville (1976: 462,463), with the permission of the authors and publisher from E. L. Crow, F. A. Davis, and M. W. Maxfield (1960: 241). *Statistical Manual*. New York: Dover Publications, Inc. (<http://www.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/149334.pdf>)

## Anexo J

### Tabla de valores críticos de $r$ en la prueba de Rachas

**Tabla 4.** Valores críticos de  $r$  en la prueba de Rachas

• **Tabla 4a**

$n_1 \backslash n_2$	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
2											2	2	2	2	2	2	2	2	2
3					2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
4				2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
5			2	2	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4
6		2	2	3	3	3	3	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	6
7		2	2	3	3	3	4	4	5	5	5	5	5	6	6	6	6	6	6
8		2	3	3	3	4	4	5	5	5	6	6	6	6	6	7	7	7	7
9		2	3	3	4	4	5	5	5	6	6	6	7	7	7	7	8	8	8
10		2	3	3	4	5	5	5	6	6	7	7	7	7	8	8	8	8	9
11		2	3	4	4	5	5	6	6	7	7	7	8	8	8	9	9	9	9
12	2	2	3	4	4	5	6	6	7	7	7	8	8	8	9	9	9	10	10
13	2	2	3	4	5	5	6	6	7	7	8	8	9	9	9	10	10	10	10
14	2	2	3	4	5	5	6	7	7	8	8	9	9	9	10	10	10	11	11
15	2	3	3	4	5	6	6	7	7	8	8	9	9	10	10	11	11	11	12
16	2	3	4	4	5	6	6	7	8	8	9	9	10	10	11	11	11	12	12
17	2	3	4	4	5	6	7	7	8	9	9	10	10	11	11	11	12	12	13
18	2	3	4	5	5	6	7	8	8	9	9	10	10	11	11	12	12	13	13
19	2	3	4	5	6	6	7	8	8	9	10	10	11	11	12	12	13	13	13
20	2	3	4	5	6	6	7	8	9	9	10	10	11	12	12	13	13	13	14

En las tablas 4a y 4b se dan los diferentes valores críticos de  $r$  para diferentes valores de  $n_1$  y  $n_2$ .

Para la Prueba de Rachas, cualquier valor de  $r$  que sea igual o menor que al tabulado en la Tabla 4a, o igual o mayor que el tabulado en la Tabla 4b, es significativo a 5%.

Anexo J. Tabla de valores críticos de  $r$  en la prueba de Rachas (Continuación)

**Tabla 4.** Valores críticos de  $r$  en la prueba de Rachas

• **Tabla 4b**

$n_1 \backslash n_2$	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
2																				
3																				
4				9	9															
5			9	10	10	11	11													
6			9	10	11	12	12	13	13	13	13									
7				11	12	13	13	14	14	14	14	15	15	15						
8				11	12	13	14	14	15	15	16	16	16	16	17	17	17	17	17	17
9					13	14	14	15	16	16	16	17	17	18	18	18	18	18	18	18
10					13	14	15	16	16	17	17	18	18	18	19	19	19	20	20	20
11					13	14	15	16	17	17	18	19	19	19	20	20	20	21	21	21
12					13	14	16	16	17	18	19	19	20	20	21	21	21	22	22	22
13						15	16	17	18	19	19	20	20	21	21	22	22	23	23	23
14						15	16	17	18	19	20	20	21	22	22	23	23	23	24	24
15						15	16	18	18	19	20	21	22	22	23	23	24	24	24	25
16							17	18	19	20	21	21	22	23	23	24	25	25	25	25
17							17	18	19	20	21	22	23	23	24	25	25	26	26	26
18							17	18	19	20	21	22	23	24	25	25	26	26	27	27
19							17	18	20	21	22	23	23	24	25	26	26	27	27	27
20							17	18	20	21	22	23	24	25	25	26	27	27	28	28

Fuente: Wiedenhofer, H. (2013). *Pruebas no paramétricas para las ciencias agropecuarias. Muestras pequeñas*. p: 225,226. Web: 05 03 2016. <http://docplayer.es/14084308-Pruebas-no-parametricas-para-las-ciencias-agropecuarias.html>