

UNIVERSIDAD DE SEVILLA
Escuela Universitaria de Ciencias de la Salud
Departamento de Fisioterapia



**“NIVELES DE PERCEPCIÓN EN EL FORTALECIMIENTO
MUSCULAR CON CORRIENTES RECTANGULARES
BIFÁSICAS SIMÉTRICAS”**

Manuel Albornoz Cabello

TESIS DOCTORAL

Sevilla, 2006

DIRECTORES:

Prof. Dr. D. Jesús Rebollo Roldán

Prof. Dr. D. Rafael García Pérez

**“Cuando puedas medir aquello de lo que hablas...
entonces puedes pensar que sabes algo acerca de ello.”**

*Popular lectures and addresses (1891) W Thomson, Lord
Kelvin (1824-1907).*

AGRADECIMIENTOS:

Quiero agradecer y dedicar este trabajo a tantas personas que me han ayudado de una u otra forma, a lo largo de estos años y que me han hecho crecer como persona.

También quisiera agradecer a mis tutores y directores de la Tesis el Dr. Jesús Rebollo Roldán y el Dr. Rafael García Pérez por aceptar dirigir este estudio, que se desarrolla en el campo de la Electroterapia, así como por su ayuda, confianza, motivación y sabios consejos para que este trabajo llegara a buen término. Igualmente, quiero hacer extensible este agradecimiento a la Dra. Rebollo.

A los doctores que han hecho posible la puesta en marcha de este programa de doctorado.

Al Departamento de Fisioterapia por darme la oportunidad de poder realizar los estudios de doctorado en el ámbito de conocimiento de la Fisioterapia.

Deseo traer al presente mi incursión en esta disciplina, al mismo tiempo científica y profesional que es la Fisioterapia. Se remonta a comienzos de la década pasada, cuando inicié mis estudios universitarios. Reconozco hoy con satisfacción que aun sin saber muy bien en qué consistía dicha disciplina, sí comprendí desde el principio, porque así me lo hicieron entender, la importancia que supone su actividad profesional.

Por ello, a todos mis profesores y hoy compañeros y amigos, muchas gracias. En especial quiero expresar mi agradecimiento a mi padrino, compañero y amigo Julián Maya Martín, quien me inculcó la suficiente ilusión, el necesario tesón y el imprescindible buen hacer para convertirme en el fisioterapeuta que soy.

A mis padres y hermanos por su constante aliento y cariño, sin el cual nada tendría sentido.

Pero si a alguien quiero dedicar muy especialmente este trabajo es a mi mujer, María del Mar, sin la cual no hubiese sido posible su realización. Gracias.

A Antonio, por sus sabios consejos y su desprendida amistad.

A los alumnos, ayudantes de laboratorio y demás personas que han participado y colaborado de manera tan desinteresada y amable en este trabajo.

ÍNDICE

ÍNDICE TEMÁTICO

ÍNDICE:	I
1 INTRODUCCIÓN:	2
1.1 El problema de investigación	2
1.2 Justificación del estudio	4
2 MARCO TEÓRICO	8
2.1 Contexto teórico-conceptual: la Electroterapia, la Percepción, la Psicofísica y el Neuroticismo	9
2.1.1 La Electroterapia	9
2.1.1.1 La corriente eléctrica	12
2.1.1.2 Tipos de corrientes eléctricas	15
2.1.1.3 Corrientes eléctricas empleadas en el fortalecimiento muscular	18
2.1.1.4 Las corrientes TENS	19
2.1.1.5 Las Corrientes Rectangulares Bifásicas Simétricas (RBS)	23
2.1.1.6 Fortalecimiento muscular con corrientes RBS	27
2.1.1.6.1 Mecanismo de acción	28
2.1.1.6.2 Factores de riesgo	33

2.1.2	La Percepción en el ser humano	36
2.1.2.1	Principales enfoques teóricos	36
2.1.2.2	Consideraciones en torno a nuestro trabajo	43
2.1.3	La psicofísica	45
2.1.3.1	Medición de la percepción.....	48
2.1.3.2	Medición de la percepción en Fisioterapia.....	50
2.1.4	El Neuroticismo	54
2.1.4.1	Cuestionarios de personalidad de Eysenck.....	55
2.1.4.2	Escala de Aprensión Psicológica Personal (EAPP)	60
2.2	Antecedentes y estado actual del problema	65
2.2.1	Niveles perceptivos.....	65
2.2.2	Factores que influyen en los procedimientos de fortalecimiento muscular.....	69
2.2.3	Parámetros más comunes en el uso de la corriente RBS.....	72
2.3	Aspectos éticos.....	80
2.3.1	El consentimiento informado	80
3	OBJETIVOS.....	84
3	Objetivos del estudio	85

4	MATERIAL Y MÉTODO	87
4.1	Tipo de diseño	88
4.2	Variables del estudio	90
4.2.1	Variables de intervención fisioterapéutica	91
4.2.2	Variables de medición	92
4.2.3	Variables extrañas	94
4.3	Población y muestreo del estudio	96
4.3.1	Descripción de la muestra.....	97
4.3.2	Criterios de inclusión y exclusión.....	98
4.3.3	Cálculos sobre el tamaño de la muestra: el error muestral	99
4.4	Trabajo de campo y recogida de datos	101
4.4.1	Instrumentos de recogida de datos y equipamiento.....	102
4.4.1.1	Cuestionario de Afiliación (C. A.).....	102
4.4.1.2	Escala de Aprensión Psicológica Personal (EAPP)	103
4.4.1.3	Cuestionario de Percepción	104
4.4.1.4	Equipo de electroterapia	104
4.4.1.5	Material de apoyo	105
4.4.2	Proceso de obtención de datos	106
4.4.2.1	Recogida de información	107
4.4.2.1.2	Implementación del Cuestionario de Afiliación.....	107
4.4.2.1.3	Aplicación de la EAPP	107
4.4.2.2	Situación experimental	108
4.4.2.2.1	Medición de los perímetros musculares	108
4.4.2.2.2	Medición de los niveles de percepción	109
4.4.3	Almacenamiento y organización de los datos	111
4.5	Análisis estadístico de los datos	112
4.5.1	Objetivos analíticos y técnicas estadísticas aplicadas	113

5	RESULTADOS	118
5.1	Validez y fiabilidad de las medidas	119
5.1.1	Concordancia inter-examinador en la medición de los niveles de percepción	120
5.1.1.1	Fiabilidad de las medidas de percepción	120
5.1.1.2	Consistencia del procedimiento de medición.....	122
5.1.2	Validez y fiabilidad de la Escala de Aprensión Psicológica Personal (EAPP).....	128
5.1.1.1	Validez de constructo de la EAPP	128
5.1.1.2	Fiabilidad de las medidas que aporta la EAPP.....	132
5.1.1.3	Puntuaciones obtenidas de la EAPP.....	134
5.2	Descripción y caracterización de la muestra	139
5.2.1	Descripción general de homogeneidad de la muestra.....	139
5.3	Niveles de percepción de las corrientes RBS	145
5.3.1	Nivel de sensibilidad (N.S.).....	145
5.3.1.1	Descripción general del N.S.	145
5.3.1.2	Estudio diferencial del N.S. según el sexo.....	149
5.3.2	Nivel de contracción (N.C.)	151
5.3.2.1	Descripción general del N.C.	151
5.3.2.2	Estudio diferencial del N.C. según el sexo	154
5.3.3	Niveles de tolerancia (N.T.).....	156
5.3.3.1	Descripción general del N.T.	156
5.3.3.2	Estudio diferencial del N.T. según el sexo	159

5.4	Escala Psicofísica de los niveles de percepción en la aplicación de las corrientes RBS	161
6	DISCUSIÓN	167
6.1	Niveles perceptivos	169
6.1.1	Número y tipo de niveles de percepción.....	169
6.1.2	Variabilidad de los niveles de percepción	170
6.2	Calidad de los resultados obtenidos.....	171
6.2.1	En función del control de factores intrínsecos	171
6.2.2	En función de aspectos procedimentales.....	174
6.3	A propósito de la metodología.....	178
6.4	La Escala Psicofísica de los niveles de percepción de la corriente RBS	180
6.5	Limitaciones del estudio realizado	185
6.6	Nuevas propuestas de estudio.....	187

7	CONCLUSIONES.....	189
8	RESUMEN.....	192
9	BIBLIOGRAFÍA.....	195
10	ANEXOS	
10.1	Informe favorable del Comité Ético de Experimentación de la Universidad de Sevilla.	
10.2	Modelo de Consentimiento Informado.	
10.3	Modelo de Cuestionario de Afiliación.	
10.4	Escala de Aprensión Psicológica Personal.	
10.5	Modelo de Cuestionario de Percepción.	

ÍNDICE DE TABLAS Y CUADROS

Tabla 1 Resumen de los tipos de fibras nerviosas según su tamaño y su velocidad de conducción.....	26
Tabla 2 Items del cuestionario EPQ-R: Items de la EAPP	62
Tabla 5.1.1.1 ANOVA de los Niveles de Percepción.....	121
Tabla 5.1.1.2.1 Alfa de Cronbach y correlaciones del nivel de sensibilidad	122
Tabla 5.1.1.2.2 Alfa de Cronbach y correlaciones del nivel de contracción	124
Tabla 5.1.1.2.3 Alfa de Cronbach y correlaciones del nivel de tolerancia	125
Tabla 5.1.2.1.a KMO y Prueba de Bartlett de la EAPP	129
Tabla 5.1.2.1.b Análisis de componentes principales de la EAPP	130
Tabla 5.1.2.1.c Matriz de componentes de la EAPP	131
Tabla 5.1.2.1.d Alfa de Cronbach y varianza explicada de la EAPP mediante CATPCA	132
Tabla 5.1.2.1.e Saturación de componentes con CATPCA	132
Tabla 5.1.2.2.a Alfa de Cronbach de la EAPP	133
Tabla 5.1.2.2.b Varianzas de los ítems de la EAPP	134
Tabla 5.1.2.3.a Descriptivos de la EAPP.....	135
Tabla 5.1.2.3.b Tabla de frecuencias de la EAPP.....	137
Tabla 5.2.1.1 Peso, talla e Índice de Masa Corporal (IMC).....	140
Tabla 5.2.1.2 IMC según: delgados, normales, gordos y obesos	140
Tabla 5.2.1.3 Perímetros musculares de muslo dcho. a 25 y 10 cm de la rótula	141
Tabla 5.2.1.4 Tratamiento (Ttº) de Fisioterapia antes	142

Tabla 5.2.1.5 Lesión anterior en muslo dcho. y recibir algún Tt ^o actualmente	143
Tabla 5.2.1.6 Movilidad personal	144
Tabla 5.3.1.1.a Descriptivos del nivel de sensibilidad.....	146
Tabla 5.3.1.1.b Valores extremos del nivel de sensibilidad	148
Tabla 5.3.2.1.a Descriptivos del nivel de contracción.....	151
Tabla 5.3.2.1.b Valores extremos del nivel de contracción	153
Tabla 5.3.3.1.a Descriptivos del nivel de tolerancia.....	156
Tabla 5.3.3.1.b Valores extremos del nivel de tolerancia	158
Tabla 5.4 Descriptivos de los Niveles de Percepción	163

Cuadro 1 Opciones de respuesta de la EAPP	62
Cuadro 4.1 Representación del tipo de diseño	89
Cuadro 4.2.2 Intervalos de IMC	94
Cuadro 4.3.3.a Parámetros para el cálculo del tamaño de la muestra.....	99
Cuadro 4.3.3.b Errores muestrales de cada nivel perceptivo	101
Cuadro 5.3.1.2 Estudio de los niveles de sensibilidad según el sexo.....	150
Cuadro 5.3.2.2 Estudio de los niveles de contracción según el sexo.....	155
Cuadro 5.3.3.2 Estudio de los niveles de tolerancia según el sexo	159
Cuadro 5.4 Resumen de los Niveles de Percepción	165

ÍNDICE DE FIGURAS Y FOTOS

Figura 1 Corriente Galvánica.....	15
Figura 2 Corriente alterna	16
Figura 3 Teoría de la puerta de control espinal y la modulación del dolor.....	20
Figura 4 Representación de la corriente Rectangular Bifásica Simétrica	24
Figura 5 Curvas I/t de diversos tipos de nervios.....	25
Figura 6 Representación del orden de reclutamiento muscular	32
Figura 7 Cuatro Niveles de Percepción según la duración de fase	67
Figura 8 Tres Niveles de Percepción según la duración de fase	68
Figura 9 Características de la corriente Rectangular Bifásica Simétrica...	73
Figura 4.4.1.4 Aparato ENDOMED 982	105
Figura 4.4.1.5 Forma de los electrodos autoadhesivos	106
Figura 5.1.1.2.a Gráfico de perfil del nivel de sensibilidad.....	123
Figura 5.1.1.2.b Gráfico de perfil del nivel de contracción.....	125
Figura 5.1.2.1 Gráfico de sedimentación de la EAPP	130
Figura 5.1.2.3 Histograma de frecuencias de la EAPP	138
Figura 5.2.1.1 Representación IMC por categorías.....	141
Figura 5.2.1.2 Diagrama de barras del tipo de Ttº de Fisioterapia.....	143
Figura 5.2.1.5 Gráfica del Tipo de Ttº Recibido.....	144
Figura 5.3.1.1.a Histograma de frecuencias del nivel de sensibilidad.....	147
Figura 5.3.1.1.b Histograma de frecuencias del n. de sensibilidad según el orden de la medición.....	148

Figura 5.3.2.1.a Histograma de frecuencias del nivel de contracción.....	152
Figura 5.3.2.1.b Histograma de frecuencias del n. de contracción según el orden de la medición.....	153
Figura 5.3.3.1.a Histograma de frecuencias del nivel de tolerancia.....	157
Figura 5.3.3.1.b Histograma de frecuencias del n. de tolerancia según el orden de la medición.....	158
Figura 5.4 Gráfico de cajas y bigotes de los niveles de percepción.....	161
Figura 5.4.1 Representación de los niveles de percepción	166
Figura 6.3 Proceso de medición.....	179

Foto 4.2.1 Medición de los niveles de percepción	92
Foto 4.4.2.2.1 Colocación de los puntos para la medición de los perímetros musculares	109
Foto 4.4.2.2.2 Colocación de electrodos.....	110

1 INTRODUCCIÓN

1 INTRODUCCIÓN

La Fisioterapia, como cualquier ciencia, necesita sustentar sus conocimientos de forma útil en el Método Científico. Pues, el conocimiento adquirido de manera objetiva y fiable mediante un procedimiento de Investigación Científica amplía su propio horizonte científico y da respuesta a los problemas que la sociedad genera. Tradicionalmente, el conocimiento científico de la Fisioterapia ha sido escaso en comparación con el de otras áreas disciplinares de las Ciencias de la Salud¹. Sin embargo, esta tendencia está cambiando de forma sustancial. Prueba de ello es la gran cantidad y diversidad de actos científicos: congresos, jornadas, etc.; así como, de publicaciones científicas que se están desarrollando en este ámbito del conocimiento. Por tanto, la Fisioterapia, en su amplio campo disciplinar, requiere instrumentos válidos, fiables y suficientemente contrastados que proporcionen información y permitan realizar, de forma sistemática, estudios de investigación dentro de cualquier paradigma y en sus diversas metodologías científicas².

1.1 EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

La falta de estudios encaminados a conocer los niveles de percepción en los procedimientos de fortalecimiento muscular con corrientes rectangulares bifásicas simétricas es una de las carencias que encontramos en el desarrollo científico de la Fisioterapia. Si a esto le sumamos el interés por este tipo de aplicación electroterapéutica y su divulgación social, tanto en el ámbito profesional de la Fisioterapia como

en el de otros profesionales, vinculados o no con la salud, consideramos que se hace necesario acotar y establecer unos niveles de percepción suficientemente claros, que nos permitan una mejor aplicación clínica, al mismo tiempo que nos puedan servir de base para futuras investigaciones.

La cuantificación de los estímulos físicos (mecánicos, eléctricos, etc.), en Fisioterapia, es un tema que no revierte gran dificultad; de hecho es una variable que se maneja habitualmente en la práctica clínica. Sin embargo, la medición de la percepción que los sujetos hacen de los mismos es algo más complicado³. Por una parte, entraña mayor dificultad, y, por otra, no se han creado, en la mayoría de los casos, los necesarios instrumentos de medida que de forma válida y fiable cuantifiquen las magnitudes derivadas de la percepción de los distintos estímulos.

El presente trabajo se circunscribe a establecer lo que podemos denominar un proceso de escalamiento psicofísico. Esto es, la creación de una escala de los diferentes niveles de percepción que se obtienen mediante la aplicación de la corriente rectangular bifásica simétrica con el objeto del fortalecimiento muscular. En definitiva, pretendemos relacionar un estímulo eléctrico con la cuantificación de la percepción del mismo. Esta relación debemos afrontarla mediante una metodología adecuada y un análisis de la fiabilidad y validez de los distintos instrumentos de medida, como nos propone Argimon y Jiménez (2004)⁴. Para ello, en un primer momento nos hemos centrado en la creación y validación de los diferentes instrumentos y procedimientos de recogida de información que posteriormente, en un segundo momento, nos han servido para desarrollar el proceso de escalamiento psicofísico.

1.2 JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

El fortalecimiento muscular mediante corrientes eléctricas rectangulares bifásicas simétricas es un procedimiento de Fisioterapia de amplia divulgación, ya que se emplea en multitud de patologías. Pero no sólo se utiliza como elemento terapéutico sino que, cada vez con mayor profusión, su empleo se está generalizando en sujetos sanos, especialmente en el ámbito deportivo y en el campo de la estética. Por esta razón es aplicado por profesionales de la salud, del deporte e incluso por la población en general, dado que en el mercado existen equipos de electroterapia portátiles que suministran estas corrientes y que se venden de forma indiscriminada. Así, observamos cómo en la actualidad la publicidad ha acercado al gran público una serie de aparatos de corrientes rectangulares bifásicas simétricas, que apoyándose en campañas masivas en espacios de televisión, prensa, etc., protagonizadas por actores y en algunos casos por deportistas de cierto renombre, difunden la mal llamada gimnasia pasiva; entendiendo por ésta, la aplicación de los aparatos de corrientes para fortalecer la musculatura en igual o mayor proporción que si se realiza actividad física, y con la ventaja añadida de que no es necesario nada más para gozar de cuerpos esbeltos. Publicidad que carece en absoluto de base científica. Esto nos orienta en la necesidad de establecer parámetros o niveles de intensidad de la corriente adecuados a los objetivos perseguidos por los usuarios en general.

La mayoría de los autores⁵⁻¹² que han estudiado estas corrientes lo han hecho acotando las características físicas de las mismas: duración de fase, tipo de impulso, frecuencia, tamaño y colocación de los electrodos.

Sin embargo, en lo referente a la amplitud de la corriente o dosificación (expresada en miliamperios – mA-), no especifican los rangos o niveles de intensidad que hay que alcanzar para cumplir con los objetivos propuestos, sino que todos plantean al sujeto (paciente o usuario) como el responsable de señalar el grado o nivel de estimulación necesario para lograr una aplicación segura y eficaz. De ello se deriva claramente que la percepción de los sujetos es una pieza clave en la aplicación de estos procedimientos.

En el ámbito de la Fisioterapia, los estudios se han centrado, principalmente, en los beneficios terapéuticos obtenidos, más que en cuantificar o medir los diferentes estímulos (mecánicos, térmicos, eléctricos, etc.) empleados en los procedimientos clínicos y menos aún la percepción de éstos; aunque, en anteriores estudios como el de Michels (1983)¹³, se pone de manifiesto que es muy importante la cuantificación de dichos estímulos. Esta tendencia ha ido cambiando en los últimos años, pues encontramos publicaciones como la de Baker et al. (2001)¹⁴, donde se estudia el estímulo mecánico que suministra el ultrasonido, o el trabajo de McMeeken (1994)¹⁵, que mide la temperatura de la piel en la aplicación de termoterapia de alta frecuencia.

Específicamente, los estudios conducentes a establecer los diversos niveles de percepción de los pacientes ante la aplicación electroterapéutica de una corriente rectangular bifásica simétrica con la finalidad del fortalecimiento muscular, son escasos en la bibliografía consultada^{16, 17}. Ello nos motiva a poner en marcha el presente estudio, en el que nos planteamos abordar esta cuestión.

Clásicamente se han establecido, a nivel funcional, cuatro umbrales de percepción a medida que la intensidad de la corriente se incrementa: nivel sensorial, nivel motórico, nivel de dolor y nivel de tolerancia¹⁶⁻²⁰. Pero esta categorización se ha realizado desde planteamientos teóricos y no mediante estudios empíricos que los avalen. Autores como Robertson (2006)²¹, Plaja (2003)²² y otros^{23, 24}, nos proponen sólo tres umbrales a nivel clínico: nivel de sensibilidad, nivel de contracción y nivel de tolerancia. Nosotros consideramos que no solamente es posible concretar y establecer los niveles de percepción; si no que es deseable y necesario. Pensamos también que es más útil y fiable determinar tres niveles de percepción: nivel de sensibilidad, nivel de contracción y nivel de tolerancia, en vez de cuatro porque, como explicaremos posteriormente, son más concretos y no se prestan a la confusión de los sujetos. Además, creemos que es posible acotar los tres niveles perceptivos mediante la creación de una escala psicofísica.

Algunos autores como Parker et al. (2003)²⁵ plantean que la máxima intensidad soportable es la que mayor estimulación realiza y por ende la más eficaz. Por otro lado, otros autores como Lake (1992)²⁶ señalan que dependiendo de los objetivos perseguidos, así debe adaptarse la estimulación o dosimetría, pues ha de tenerse en consideración el riesgo que comporta una dosificación excesiva. Consideramos que estos distintos puntos de vista se producen porque, en definitiva, existe una ausencia de tablas de dosificación para la aplicación de las corrientes rectangulares bifásicas simétricas, destinadas al fortalecimiento muscular. Por ello, en la práctica clínica, los fisioterapeutas, como describe Vanderthommen y Criellaard (2001)¹², nos guiamos únicamente por nuestra experiencia y por

la percepción del sujeto sobre el que se actúa de forma intuitiva, al carecer de una guía previa que nos permita conocer en qué rango de intensidad de la corriente debemos situarnos.

Por otro lado, la percepción que describe un sujeto puede verse influenciada por otros factores tanto intrínsecos o propios como extrínsecos o externos²⁷. Con respecto a los factores intrínsecos que pueden influir en la percepción de un individuo destaca el factor de la personalidad que Eysenck denomina Neuroticismo²⁸. Dicho factor hace que las respuestas que los sujetos nos proporcionan en la práctica cotidiana, puedan estar condicionadas por su propio temperamento. En este sentido, el presente estudio pretende crear un cuestionario válido y fiable para medir el grado de aprensión psicológica de los sujetos y ofrecerlo a la comunidad científica con el objeto de su empleo en otros estudios que requieran del conocimiento de dicho factor de la personalidad. Además, no tenemos constancia en nuestro ámbito, de que se haya seguido un procedimiento similar de medidas de este factor de la personalidad en estudios anteriores.

La laguna de conocimiento que pretendemos cubrir con el presente trabajo, abarca diferentes campos: la salud, la industria y la docencia. En primer lugar, está el problema de salud que se deriva de una dosificación de estas corrientes de forma poco científica. A continuación está el desarrollo de equipos de electroterapia que suministran estas corrientes sin unas pautas claras con relación a sus amperímetros. Finalmente, la formación de los futuros fisioterapeutas se beneficiará de la creación de una escala de percepción y de la apertura de una línea de investigación.

2 MARCO TEÓRICO

2 MARCO TEÓRICO

2.1 CONTEXTO TEÓRICO-CONCEPTUAL: la Electroterapia, la Percepción, la Psicofísica y el Neuroticismo.

En este apartado abordamos el análisis teórico-conceptual de nuestra investigación, entrando a conocer el significado y el alcance que para nuestro trabajo tienen los diferentes términos que utilizamos tanto desde la subdisciplina Electroterapia como desde la Psicofísica y la Percepción, los dos grandes campos que constituyen el contexto en el que incardinamos nuestra investigación. Por último, describimos brevemente el factor de la personalidad denominado Neuroticismo, variable extraña que hemos utilizado para conocer el grado de normalidad de los sujetos muestrales así como la validez interna del estudio.

2.1.1 LA ELECTROTERAPIA

La palabra electroterapia se compone de la forma prefijada *electro-*, que proviene del latín *electrum*, y éste, a su vez, del griego *electrón* (*ámbar*, *electricidad*); y de la forma sufija *-terapia* (tratamiento), esto es, del griego *theputiké*, terminación femenina de *therapeutikos*. Etimológicamente, pues, electroterapia significa la utilización de la electricidad como agente terapéutico²⁹.

Según Maya³⁰, la electroterapia se puede definir como la parte de la Fisioterapia que comprende el estudio de la aplicación de la electricidad como agente terapéutico. Aunque, en un sentido más amplio, vamos a considerar a la electroterapia como la aplicación de energía electromagnética al organismo humano con el objetivo principal de provocar sobre él reacciones biológicas y fisiológicas. Dichas reacciones van a traer como consecuencia la recuperación o la mejoría del anormal funcionamiento de las células y de los tejidos compuestos por éstas, cuando dichos tejidos se encuentran sometidos a enfermedades o alteraciones metabólicas.

La utilización y eficacia de la corriente eléctrica con fines terapéuticos es ya conocida y empleada en la antigüedad, mediante la aplicación de peces eléctricos (torpedo negro, etc.)³¹. Sin embargo, el descubrimiento y la denominación de electricidad, como tal, no se produce hasta el año 1600 de nuestra era, por el físico **William Gilbert**²⁹.

En 1671 es redescubierta la propiedad de las descargas eléctricas de los peces en el tratamiento de los dolores agudos por el francés *Jean Richer* durante su permanencia en la Guayana Francesa, concretamente, en Cayenne, al estudiar el pez gimnoto que vive en aquellas aguas²⁹.

Pero no es hasta mediados del siglo XVIII con el desarrollo de la Electricidad cuando se empieza a utilizar ésta con fines curativos y de una forma más científica. Hacia 1780, podíamos encontrar máquinas de electricidad estática en los laboratorios de muchos científicos y médicos. Uno de estos médicos es **Ben Franklin**, quien en 1757 escribe una carta

donde describe el tratamiento aplicado a su vecino (John Pringle), afecto de un hombro congelado, mediante la administración de choques eléctricos, obteniendo buenos resultados³². Otro de los científicos más destacados es **Luigi Galvani**, quien en 1786, comienza a estimular los nervios y músculos de ranas con cargas eléctricas y concluye que los animales desarrollaban electricidad espontáneamente. Sus protocolos se publican en 1791 con el título de: *De Viribus Electricitatis in Motu Musculari Commentarius* (Comentario sobre el Efecto de la Electricidad en el Movimiento Muscular). Estos trabajos dan un enorme ímpetu a científicos de muchos países, que repiten dichos experimentos. Hoy, todavía se denomina a la corriente continua como corriente galvánica, y galvanización a su empleo terapéutico, en honor a este científico.

En el siglo XIX, destacan los estudios de **Michael Faraday** con la producción de corrientes alternas, y en recuerdo suyo se denomina todavía **faradización** al uso de corrientes alternas de baja frecuencia con fines terapéuticos.

Ya en el siglo XX, en el año 1967, la investigación científica de la estimulación eléctrica se desarrolla a partir del trabajo de **Melzack, R. y Wall, P.D.** denominado: *Pain mechanisms: A new theory*, publicado en 1965³³. El desarrollo de la corriente rectangular bifásica simétrica está basado directamente en este trabajo innovador de Melzack y Wall acerca de *la teoría de la puerta de control espinal y la modulación del dolor*.

Investigaciones posteriores en torno a los cambios patológicos que ocurrían en los nervios después de sufrir lesiones, llevaron a la justificación científica de la aplicación de impulsos eléctricos a los nervios

dañados, para modificar sus respuestas anormales. Uno de los resultados de esta investigación, como señala Boschetti (2002)³⁴, fue el desarrollo de aparatos portátiles para la **estimulación eléctrica transcutánea de los nervios** denominados **TENS**, empleados para el fortalecimiento muscular.

En un apartado posterior desarrollamos esta cuestión de forma más concreta y minuciosa.

2.1.1.1 LA CORRIENTE ELÉCTRICA

En 1646, el médico **Sir Thomas Browne**, utiliza la palabra electricidad en sus escritos por primera vez. Para explicar el concepto de electricidad es necesario antes hacer mención de la composición de la materia desde un punto de vista físico. Partimos de la base de que la materia está constituida por átomos, los cuales, a su vez, están constituidos por protones o partículas positivas, electrones o partículas negativas y neutrones o partículas sin carga eléctrica. La corriente eléctrica está conformada por partículas elementales cargadas negativamente: los electrones. Cuando estas partículas cargadas fluyen a lo largo de un conductor entre cuyos extremos existe una diferencia de potencial, decimos que se ha establecido una corriente eléctrica a lo largo del mismo. En realidad, lo que ocurre es que al poner en contacto dos cuerpos que poseen diferente proporción de electrones, a través de un elemento conductor, existe un flujo o desplazamiento de estos electrones hacia el cuerpo que posee menor cantidad, es decir, desde el polo negativo (donde hay un exceso de electrones) al polo positivo (donde existe un déficit de electrones). Este movimiento de los electrones se transmite como una onda

de choque a elevada velocidad³⁵. Entendemos pues, por corriente eléctrica el flujo o transporte de carga eléctrica a través de un conductor.

De esta definición se desprenden tres conceptos importantes: carga eléctrica, portador de carga y cuerpo conductor, que pasamos a comentar brevemente, en función del interés que tienen para nuestro trabajo.

A) La carga eléctrica de un cuerpo: es una propiedad fundamental de algunas partículas sub-atómicas, que determina las interacciones electromagnéticas entre ellas. La carga eléctrica va a depender del número de electrones que ha ganado o cedido dicho cuerpo. La unidad de carga eléctrica es el culombio.

B) Los portadores de carga: son los elementos físicos (electrones e iones) que se desplazan en el conductor para conseguir el transporte de carga. Si se trata de un conductor metálico o de grafito, los portadores de carga son electrones. En cambio, si el conductor es un electrólito, como es el cuerpo humano, los portadores de carga son los *iones*³⁰.

Con la aplicación de una corriente eléctrica sobre el cuerpo humano se provoca la ionización del mismo, esto es, que se aumenta la concentración de ciertos iones en un polo, y de otros iones en el polo de signo contrario, siempre que la corriente empleada tenga polaridad. El presente estudio está referido a una corriente rectangular bifásica simétrica, que al no presentar polaridad estos fenómenos físicos y químicos no son relevantes.

C) Cuerpos conductores o aislantes: Todos los cuerpos son parcialmente conductores y parcialmente aislantes al paso de la corriente eléctrica. El cuerpo humano se comporta como un cuerpo conductor debido a que contiene soluciones acuosas de sales, ácidos y bases. Estas soluciones acuosas están presentes en todos los líquidos intersticiales. Todo conductor líquido, como el organismo humano, constituye un conductor de segunda clase denominado *electrólito*³⁶.

Bajo el punto de vista eléctrico y magnético, los diferentes tejidos del organismo humano pueden ser clasificados como:

1. Tejidos poco conductores (hueso, grasa, uñas, pelos).
2. Tejidos conductores medios (cartílago, fascias gruesas y piel).
3. Tejidos buenos conductores (músculos, tejido conjuntivo, nervios, sangre y linfa).

Con relación al presente estudio, esta clasificación debe ser tomada en cuenta porque vamos a realizar una aplicación de una corriente eléctrica sobre la piel del sujeto, en la cara anterior del muslo derecho (tejido conductor medio), y puede verse afectada por la existencia de un gran componente adiposo (tejido poco conductor), como nos señala Coarasa et al. (2001)⁶. El control de la variable del componente adiposo de los sujetos muestrales se ha realizado por otros autores, como Callaghan et al. (2004)³⁷, en estudios con las corrientes TENS, con el fin de establecer una homogeneidad de los individuos y evitar errores de medición de la intensidad de la corriente aplicada.

2.1.1.2 TIPOS DE CORRIENTES ELÉCTRICAS

La corriente eléctrica puede ser de dos tipos diferentes: continua y alterna³⁶. Pasamos a describir brevemente cada una de ellas.

❖ La **corriente continua o galvánica** es aquella que se establece de forma no interrumpida a lo largo de un conductor y en el mismo sentido. Podríamos compararla con una corriente continua de agua que fluye siempre en el mismo sentido. La representación gráfica, en un sistema de ejes de coordenadas, que aparece en la figura 1, corresponde con el proceso de aplicación clínica seguido. Esta forma de representar a la corriente continua nos ofrece la ventaja de ser muy ilustrativa para la comprensión del proceso de aplicación clínica de cualquier corriente empleada en electroterapia. En el eje de abscisas está representado el tiempo de paso de la corriente, y en el de ordenadas la intensidad de la corriente. Como observamos en la figura 1, pueden acotarse tres periodos o fases en la aplicación electroterapéutica que se describen a continuación.

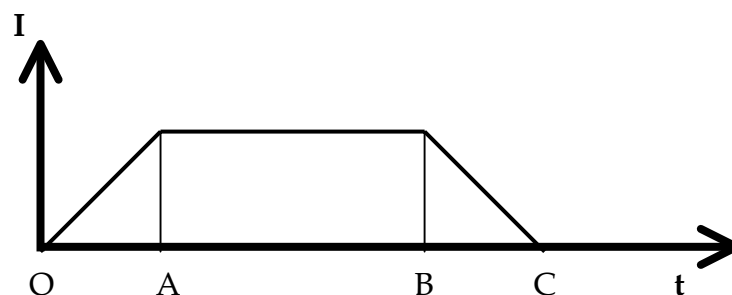


Figura 1: Corriente galvánica: fases en la aplicación de electroterapia.

Fuente: Maya (1998)³⁰.

- Período de cierre del circuito [O, A] o de establecimiento de la

corriente: va a ser el tiempo que transcurre desde que se cierra el circuito hasta que se establece la corriente con la intensidad previamente determinada.

- Período de estado [AEB] o periodo útil: abarca el tiempo de aplicación terapéutica, es decir, el tiempo durante el cual está pasando la corriente eléctrica con la intensidad prefijada.
- Período de apertura del circuito [BBC]: corresponde al fin de la aplicación terapéutica, es el tiempo en el que se produce la apertura del circuito y el cese, por tanto, del paso de la corriente eléctrica continua.

❖ La **corriente alterna** es aquella que establece el movimiento de cargas eléctricas con respecto a un punto, esto es como un movimiento de vaivén. Es decir, una sucesión de movimiento de cargas eléctricas en un sentido y luego en sentido contrario. Siguiendo con el símil del apartado anterior de comparar la corriente eléctrica con una corriente de agua, la corriente alterna sería comparable con el movimiento de un motor que extrae agua de un sitio y la deposita en otro. La corriente alterna se puede representar gráficamente expresada en un sistema de ejes coordenados, igual al del apartado anterior, como muestra la figura 2.

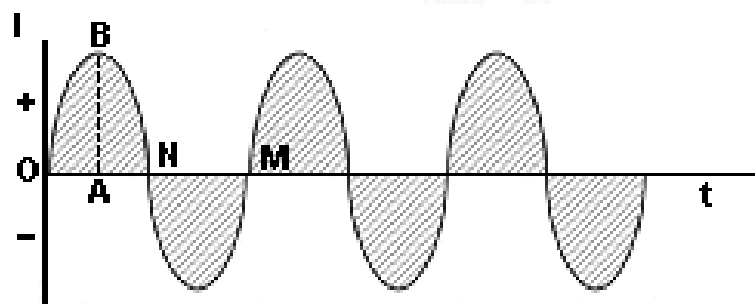


Figura 2: Corriente alterna.

Fuente: Maya (1998)³⁰.

En esta representación gráfica de la corriente alterna, podemos individualizar una serie de parámetros que nos permitan conocer exactamente las características físicas de cada corriente, como son:

- **Periodo.** Es el tiempo que tarda en pasar la corriente del punto O al punto M.
- **Alternancia.** Es el tiempo que tarda en pasar la corriente de O a N.
- **Frecuencia.** Es el número de cambios de polaridad en la unidad de tiempo. La frecuencia se mide en ciclos por segundo o lo que es lo mismo en hercios (Hz). La representación de 1 hercio es 1 Hz, que equivale a 1 ciclo/segundo.
- **Longitud de onda.** Es la distancia lineal de O a M y se mide en unidades de longitud.
- **Amplitud.** Es la distancia lineal entre A y B. También denominada intensidad.

La frecuencia y el periodo se relacionan entre sí de la siguiente forma: frecuencia y periodo son magnitudes inversamente proporcionales; a mayor frecuencia, mayor número de ciclos u oscilaciones por segundo, de modo que cada oscilación durará menor tiempo³⁸.

La longitud de onda y la frecuencia de una corriente eléctrica, están relacionadas por la fórmula siguiente:

$$\text{Longitud de onda} = 300.000.000/\text{frecuencia.}$$

Con respecto a nuestro estudio las corrientes rectangulares bifásicas simétricas son corrientes alternas con unos parámetros bien definidos, que posteriormente analizaremos.

2.1.1.3 CORRIENTES ELÉCTRICAS EMPLEADAS EN EL FORTALECIMIENTO MUSCULAR

Las diferentes corrientes eléctricas empleadas en el fortalecimiento muscular pueden clasificarse atendiendo a diferentes aspectos. Nosotros consideramos como criterio más acertado el que se realiza en función de la frecuencia, ya que de ésta derivan sus efectos fisiológicos y sus mecanismos de actuación^{20, 22, 30}. Atendiendo a este criterio, las corrientes eléctricas empleadas en electroterapia se dividen en corrientes de baja y media frecuencia. Pasamos a continuación a enunciar las modalidades en que se subdividen dichas corrientes:

A) Corrientes de baja frecuencia: Este conjunto de corrientes comprenden desde cero hasta unos 500 hercios. En la terapéutica del fortalecimiento muscular por medio de las corrientes de baja frecuencia se van a utilizar los siguientes tipos:

- I. Corrientes Farádicas: este grupo abarca varias modalidades según el impulso empleado, que son:
 - Corriente pulsátil rectangular monofásica.
 - Corriente pulsátil triangular monofásica.
 - Corriente pulsátil rectangular o neofarádica simple.
 - Corrientes neofarádicas en forma de sobrecorriente o trenes.

- II. Corrientes tipo TENS, con sus dos modalidades:
 - ❑ Corriente rectangular bifásica asimétrica.
 - ❑ **Corriente rectangular bifásica simétrica.**

B) Corrientes de media frecuencia: En este grupo la frecuencia va a estar comprendida entre 1.000 y 10.000 hercios aproximadamente y se distinguen dos tipos:

- I. Corrientes interferenciales bipolares, moduladas o no, con una frecuencia de onda portadora de 2.500 Hz,
- II. Corrientes de Kots, o denominadas de estimulación rusa, son corrientes alternas interrumpidas no moduladas, de 2500 Hz de frecuencia.

2.1.1.4 LAS CORRIENTES TENS

Las corrientes rectangulares bifásicas simétricas son una modalidad de las corrientes TENS. El término TENS proviene de las iniciales del término en inglés Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation, es decir Estimulación Eléctrica Transcutánea de los Nervios. Esta estimulación, como nos señala Miranda-Filloo et al. (2005)³⁹, consiste en la aplicación de una corriente eléctrica mediante la colocación de electrodos sobre la piel del paciente, esto es, de forma no invasiva.

La práctica clínica de la estimulación eléctrica mediante TENS con fines analgésicos, comienza en la década de los años sesenta⁴⁰. El desarrollo de estas corrientes, como ya hemos comentado, es consecuencia de la investigación científica con base en el trabajo de Melzack, R. y Wall, P.D. *Pain mechanisms: A new theory*³³, realizada hacia 1965, acerca de la teoría de la puerta de control espinal y la modulación del dolor (Figura 3).

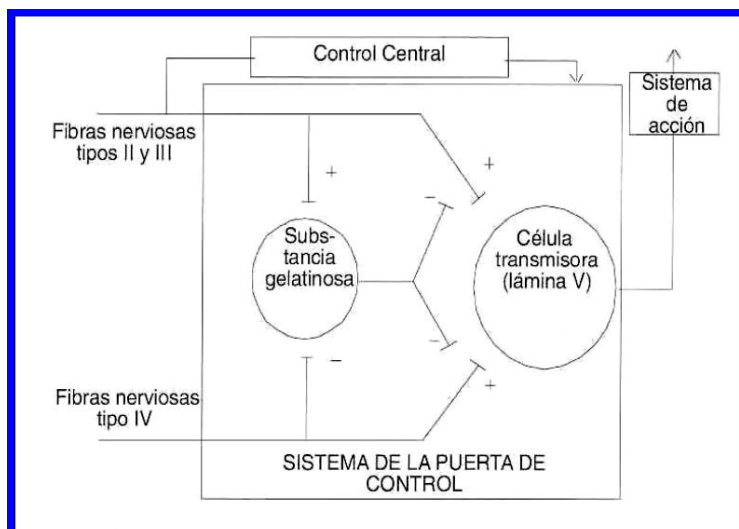


Figura 3: Teoría de la puerta de control espinal y la modulación del dolor.

Fuente: Adel RV (1991)²³

Esta teoría se basa en la asunción de que el estímulo de los nervios gruesos mielinizados (fibras II y III) produce una inhibición medular. Esta inhibición bloquea la transmisión del estímulo doloroso al cerebro, que está conducido por los nervios delgados no mielinizados (fibras IV).

El primer objetivo del empleo de estas corrientes TENS fue provocar analgesia⁴¹ mediante el procedimiento consistente en estimular de forma selectiva las fibras nerviosas gruesas mielínicas (responsables del tacto y la vibración), de conducción rápida, para desencadenar a nivel central la puesta en marcha de los sistemas analgésicos descendentes de carácter inhibitorio sobre la transmisión nociceptiva transmitida por las fibras nerviosas finas, amielínicas y de conducción lenta. En otras palabras, se trata de realizar una estimulación sensitiva diferencial, por vía transcutánea, de las fibras nerviosas propioceptivas táctiles, de gran velocidad de conducción, para inhibir la transmisión dolorosa⁴².

A finales de los años ochenta, con la aparición de equipos portátiles de calidad, la estimulación eléctrica con las corrientes rectangulares bifásicas simétricas se incorpora a la rutina de entrenamiento de los deportistas⁴³. A partir de ese momento la divulgación de estos procedimientos de electroterapia y el empleo de estas corrientes suministradas mediante equipos portátiles se acentúa de forma muy destacada. Además, comienzan a emplearse en el campo de la estética como algo novedoso y exento de riesgos para la salud.

La gran diversificación que representan las aplicaciones de electroterapia, en el ámbito de la Fisioterapia, ha provocado el uso de diferentes nombres según qué objetivo y qué corrientes se empleen. Por ello, la Sección de Electrofisiología Clínica de la Asociación Americana de Fisioterapia (The Clinical Electrophysiology Section of the American Physical Therapy Association) estableció los siguientes términos:

1. Electrical stimulation (ES): Es un término genérico que se emplea tanto para el fortalecimiento muscular de músculos sanos debilitados, como en la recuperación funcional y en la disminución de la espasticidad en alteraciones neurológicas^{44, 45}.
2. Neuromuscular electrical stimulation (NMES): Se define como el uso de estimulación eléctrica para la tonificación muscular a través de la activación periférica de un nervio intacto³⁶. Esta denominación responde a la estimulación cuyo objetivo es el fortalecimiento muscular mediante intensidades máximas que provoquen la contracción muscular. Pudiéndose emplear acompañadas de movimiento o no, del

músculo estimulado. Son varias las corrientes empleadas; entre las que se encuentra la corriente rectangular bifásica simétrica.

3. Funcional electrical or neuromuscular stimulation (FES / FNS): Este término se emplea cuando el objetivo de tratamiento es inducir o producir un movimiento funcional. El nivel de complejidad guarda relación con respecto al movimiento funcional que persigue, así como al número de canales empleados en el mismo y al estado previo de la musculatura que se pretende estimular. El ámbito más común de empleo de esta terapéutica es en el de las patologías de tipo neurológico^{46, 47}.
4. Therapeutic electrical stimulation (TES): Este término hace referencia al empleo de corrientes tipo TENS y otras con el objeto de producir efectos sensitivos en pacientes con alteraciones de espasticidad, como por ejemplo niños con parálisis cerebral^{48, 49}.

Para el estudio que nos ocupa es más apropiado emplear la denominación de NMES ó Estimulación eléctrica neuromuscular, que atiende al objeto de dicho procedimiento. Por otra parte, también se emplea, a nivel clínico, la denominación completa de fortalecimiento muscular con corriente rectangular bifásica simétrica, como hacemos nosotros.

Independientemente de la denominación que empleemos, que ha sido relevante a la hora de realizar la búsqueda bibliográfica y de referenciar nuestro trabajo, lo más importante a tener en cuenta para la

aplicación de este procedimiento es el conocimiento expreso de la integridad del sistema neuromuscular, así como de los diferentes parámetros que debemos ajustar en la susodicha corriente y en el procedimiento de actuación, elementos que forman parte nuclear del presente trabajo.

2.1.1.5 LAS CORRIENTES RECTANGULARES BIFÁSICAS SIMÉTRICAS (RBS)

A continuación pasamos a describir los diversos parámetros o características físicas que definen y diferencian las corrientes rectangulares bifásicas simétricas.

- **Características físicas:**

Las características físicas de la corriente rectangular bifásica simétrica les confieren unas propiedades específicas. Estas propiedades son responsables de sus beneficios terapéuticos y de su escasez de riesgos en los procedimientos de fortalecimiento muscular. Dichas propiedades son las siguientes:

- En primer lugar, se puede considerar una corriente de baja frecuencia si se compara con el espectro de frecuencias de corrientes eléctricas disponibles para usos terapéuticos, pues va de 0 a 500 Hz³⁰.
- En segundo lugar, nos brinda la posibilidad de estimular específicamente a las motoneuronas responsables de la contracción

muscular. Las motoneuronas son fibras nerviosas aferentes motoras tipo A- α de 12-20 μm de diámetro²².

- La forma de la onda es rectangular, equilibrada, simétrica y bifásica²³; esto es, el impulso es completamente rectangular, sin líneas oblicuas, lo que garantiza su máxima eficacia¹², porque la estimulación del sistema neuromuscular se rige por el principio todo-nada.
- El valor medio de corriente es igual a cero; es decir, el componente neto de corriente directa o galvánica es cero, en consecuencia no produce alteraciones en la piel.
- El área debajo de la onda positiva es igual al área debajo de la onda negativa. Ello hace que no se produzcan efectos polares netos, evitando la acumulación a largo plazo de concentraciones de iones (positivos-negativos) debajo de cada electrodo o dentro del tejido. Por consiguiente, no se producen reacciones dermatológicas adversas debido a concentraciones polares⁵⁰ (Figura 4).

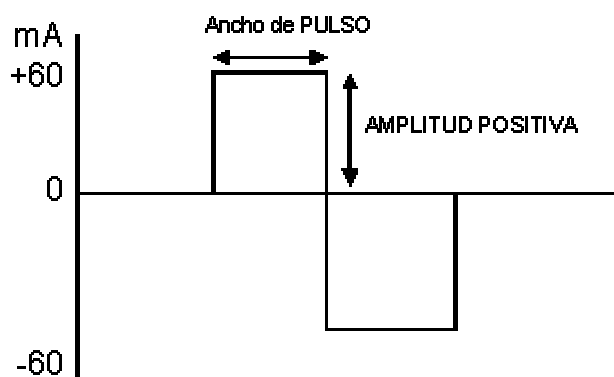


Figura 4: Representación de la Corriente Rectangular Bifásica Simétrica.
Fuente: Manual equipo TENSMED 931 (2006)⁵¹.

En el estudio llevado a cabo por Howson⁵², se demuestra que para estimular los nervios tipos II, así como las neuronas motoras tipo A- α ó tipo I, lo ideal es emplear impulsos con duraciones de fase muy cortas. Cuando se realiza una curva I/t de los distintos tipos de nervios se demuestra que, con duraciones de fase menores de 200 microsegundos (μseg), es posible estimular a la vez los nervios motores y los sensitivos gruesos y mielinizados, sin estimular los nervios delgados no mielinizados (nociceptivos) (Figura 5).

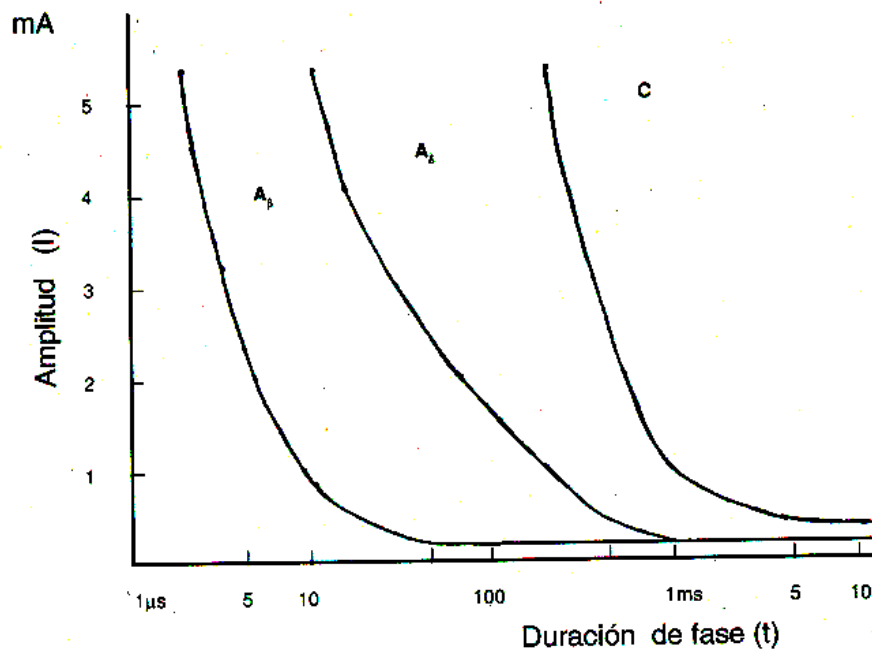


Figura 5: Curvas I/t de diversos tipos de nervios (A- β , A- δ y C).
Fuente: Howson DC (1978)⁵².

En efecto, la estimulación con duraciones de fase cortas ($< 200 \mu\text{seg}$) permite trabajar con una intensidad relativamente alta sin estimular los nervios delgados amielínicos o tipo IV (Tabla 1). En consecuencia, son estas duraciones del impulso las que se emplean en la estimulación nerviosa con fines analgésicos.

Categoría	Eferente	Aferente	Velocidad de conducción (m/s)	Diámetro (μm)
Gruesas	A- α	I	70-120	12-22
	A- β	II	50-70	5-12
	A- γ	II	30-50	5-12
Delgadas	A- δ	III	< 30	2-5
	B	-	3-14	1-3
	C	IV	< 3	0.1-1.3

Tabla 1: Resumen de los tipos de fibras nerviosas según su tamaño y su velocidad de conducción.

Fuente: Elaboración propia, basada en Ganong⁵³.

Sin embargo, para que un estímulo eléctrico sea eficaz con el fin de provocar una contracción muscular, tiene que llegar a cierta amplitud, ser de cierta duración y alcanzar la intensidad máxima a cierta velocidad mínima. Por tanto, es la relación de la amplitud o intensidad con respecto a la duración de fase lo que determina que un estímulo sea adecuado. Por ello, duraciones de fase cortas requieren amplitudes altas para producir estimulaciones eficaces, mientras que duraciones de fase largas precisan amplitudes más bajas para producir los mismos efectos.

Las duraciones del impulso más adecuadas para el fortalecimiento muscular son las que oscilan entre los 200 y los 400 μs ó 0,2-0,4 ms⁵⁴⁻⁵⁶; pues se estimulan selectivamente las fibras nerviosas motoras A- α , con un diámetro de 12-20 μm . Es decir, estos estímulos tienen igual duración que las cronaxias de los axones de dichos nervios motores⁵⁷. Además, como señala Plaja (2003)²², estas duraciones de impulsos permiten aplicar intensidades suficientemente altas como para provocar una buena contracción muscular. Por su parte, Coarasa et al. (2001)⁶, nos plantea el intervalo de 200-300 μs como el más efectivo para el fortalecimiento muscular con corrientes eléctricas, concluyendo que las duraciones de impulso inferiores a 200 μs son poco eficaces.

En el presente estudio hemos optado por elegir una duración de fase de 300 μ s, que más adelante justificamos.

Otro de los parámetros más importantes en el fortalecimiento muscular mediante corrientes eléctricas es la frecuencia del impulso eléctrico. En la mayoría de los equipos de electroterapia que suministran las corrientes rectangulares bifásicas simétricas, para fortalecimiento muscular, puede ajustarse una frecuencia entre 1 y 100 Hz. Para una contracción tetánica o completa y agradable se puede usar una frecuencia de 50 Hz²³. Los trabajos publicados y la práctica clínica, señalan que una frecuencia de 50 Hz es la más utilizada en el trabajo de fortalecimiento muscular con corrientes rectangulares bifásicas simétricas, sobre el músculo cuádriceps femoral^{6, 11, 22, 56, 58- 60}. Además, la frecuencia de 50 Hz es eficaz para estimular tanto a las motoneuronas A- α 1 que inervan a las fibras musculares fásicas, como a las motoneuronas A- α 2, responsable de la inervación de las fibras musculares tónicas^{61, 62}. En consecuencia, en el presente estudio hemos optado por elegir esta frecuencia de 50 Hz para la evaluación de los niveles perceptivos de los sujetos muestrales.

2.1.1.6 FORTALECIMIENTO MUSCULAR CON CORRIENTES RBS

En este apartado vamos a describir las principales características del mecanismo de acción en el fortalecimiento muscular con corrientes eléctricas, así como los riesgos potenciales de dichas corrientes.

2.1.1.6.1.- Mecanismo de acción.

El fortalecimiento muscular con corrientes rectangulares bifásicas simétricas constituye una forma de tratamiento habitual en Fisioterapia⁷. No obstante, en la bibliografía especializada encontramos trabajos sobre estos procedimientos que no proceden de esta disciplina. En cualquier caso, los diferentes estudios llevados a cabo con las corrientes objeto de nuestro trabajo están encaminados a conocer su utilidad con el objeto de:

- Aumentar la fuerza muscular máxima isométrica^{9, 17, 63, 64}.
- Incrementar la hipertrofia muscular, por ejemplo en los deportistas^{12, 56, 65-67}.
- Recuperar la fuerza muscular, en situaciones de atrofia⁶⁸⁻⁷¹.
- Aumentar la fuerza muscular asociando electroestimulación y ejercicios voluntarios^{58, 72-75}.
- Recuperar la función muscular después de lesiones ortopédicas⁷⁶⁻⁷⁸.

De ello se desprende que las investigaciones en torno a este tema, independientemente de los objetivos arriba expresados y de las metodologías aplicadas, se centran principalmente en el conocimiento del incremento de la fuerza muscular. Con respecto a este punto, consideramos que se ha demostrado que la fuerza muscular puede incrementarse bajo los efectos de la excitación eléctrica con corrientes rectangulares bifásicas simétricas, principalmente, en condiciones de atrofia muscular^{79, 80}. Por ello, como nos plantean Herrero y García-López (2002)⁸¹, este procedimiento electroterapéutico se viene empleando con mayor utilidad en personas con musculatura débil, pues en este caso la

fuerza muscular aumenta más rápidamente que con el entrenamiento muscular convencional. Sin embargo, en personas sanas, hemos encontrado que el incremento no es superior a aquel logrado a través de ejercicios físicos voluntarios. Este fenómeno se explica por el hecho de que todas las unidades motrices pueden, en principio, ser activadas por excitación eléctrica. Habitualmente, se ha atribuido a estos procedimientos de excitación eléctrica la despolarización del nervio motor por lo que se permite activar simultáneamente, en teoría, todas las unidades motrices inervadas por dicho nervio⁵⁴. Por otro lado, en caso de que el paciente, por el motivo que sea, se encuentre incapacitado para contraer selectivamente un músculo en principio sano, se puede lograr la contracción con la ayuda de la corriente eléctrica³⁰.

En condiciones normales, una contracción voluntaria puede activar entre el 70% y el 90% de unidades motrices de un músculo, dependiendo de su grado de entrenamiento. Sin embargo, se puede constatar que el reclutamiento aumenta hasta el 100% mediante estimulación eléctrica, a medida que se incrementa la intensidad de la corriente eléctrica²². No obstante, no hay que olvidar que en el caso de grandes músculos, como por ejemplo el cuádriceps, donde los electrodos no se sitúan sobre el nervio motor sino a nivel percutáneo, dicha estimulación no carece de riesgos y es dolorosa⁸². En consecuencia, la estimulación electroinducida no logra activar el 100% de las fibras motoras⁸³.

Por otro lado, como nos señala González y Ribas (2002)⁸⁴, el entrenamiento de la fuerza muscular a través de la actividad neuronal depende del incremento de la activación nerviosa, de la óptima

sincronización de las unidades motoras y de la activación conjunta de distintos grupos musculares. Por tanto, la estimulación muscular a través de la corriente eléctrica sobre el nervio motor presenta una serie de beneficios añadidos con respecto al entrenamiento de la fuerza muscular, cuando se trata de musculatura débil, por cuanto recluta mayor número de unidades motrices⁸⁵. Además, como nos señala el metaanálisis de Linares et al. (2004)⁸⁶, si se combina con el entrenamiento voluntario, se obtienen los mejores resultados.

En principio y electrofisiológicamente cabe esperar que ante una estimulación percutánea más intensa se produzca una contracción muscular mayor. Por lo tanto, a un aumento de intensidad de corriente, expresada en miliamperios, sigue un aumento simultáneo de la fuerza percibida por el sujeto. Sin embargo, existen estudios^{11, 79, 82, 87} que no relacionan proporcionalmente la intensidad de la corriente eléctrica emitida con el porcentaje de fuerza máxima voluntaria electroinducida, ni con la ganancia de fuerza generada. En consecuencia, y como nos señala Coarasa et al. (2001)⁸², la intensidad de la corriente nunca debe ser la guía para los procedimientos de fortalecimiento muscular con corrientes rectangulares bifásicas simétricas. Inclusive por la gran variabilidad de los niveles de percepción de dicha corriente a medida que se produce la adaptación a la misma por parte de los sujetos. Por estos motivos creemos necesario el estudio que realizamos sobre el establecimiento de los niveles de percepción para que proporcionen un referente suficientemente claro y fiable con respecto a la dosificación de estas corrientes en sus diferentes aplicaciones, al menos al inicio de las sesiones.

Como se puede observar existe una gran diversidad de estudios cuyo objetivo principal es el fortalecimiento muscular a través de una corriente eléctrica, pero no existe todavía una teoría consensuada sobre la posibilidad de que la electroestimulación muscular represente un nuevo método de desarrollo de la fuerza muscular. De un lado están los estudios que así lo avalan^{11, 88, 89}, en cuanto a que supone un beneficio terapéutico, entre los que destaca el llevado a cabo por Colson et al. (2000)⁸⁹. De otro, se encuentran los que la refutan^{58, 66}, al no conseguir dichos beneficios. Sin embargo, la razón de esta heterogeneidad de resultados en los estudios consultados hay que buscarla en los diferentes protocolos empleados en los mismos.

Con respecto al orden de reclutamiento o la secuencia de activación de los diferentes tipos de fibras musculares (patrón de contracción) que se produce en la estimulación con corrientes rectangulares bifásicas simétricas, es un tema que revierte cierta controversia. La contracción muscular voluntaria sigue el llamado principio de tamaño de Henneman⁹⁰, es decir, las unidades motoras de menor tamaño y típicamente lentas son las primeras en ser reclutadas; posteriormente son activadas las de mayor tamaño. Una de las causas de este hecho es que el potencial transmembranoso de las neuronas de menor tamaño es aproximadamente de (- 70 mV), mientras que el de las neuronas de mayor tamaño es de (- 90 mV). Según este principio, el patrón de contracción voluntaria o el orden de reclutamiento de las diferentes unidades motrices en un músculo, es el que se representa en la figura 6.

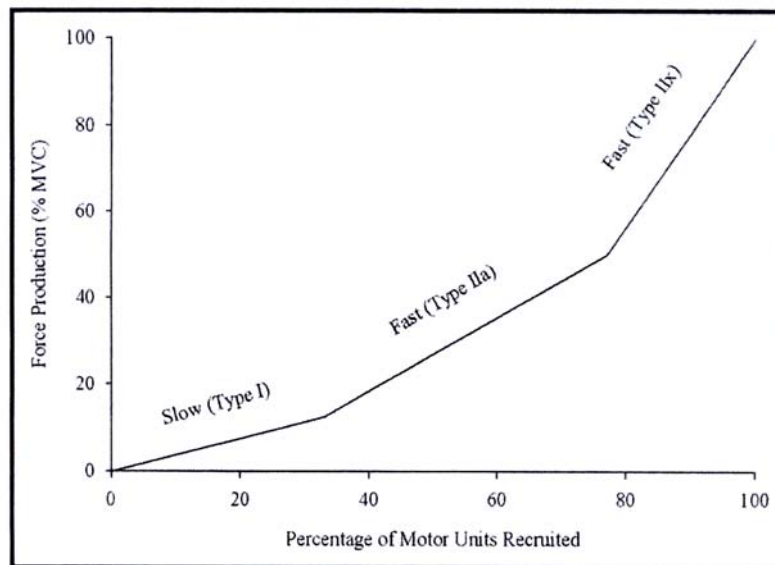


Figura 6: Representación del orden de reclutamiento muscular.

Fuente: Gregory y Scott (2005)⁹¹.

Tradicionalmente se ha propuesto por autores como Kubiak et al. (1987)⁹², que el patrón contráctil electroinducido es inverso al de la contracción voluntaria. Es decir, al ir aumentando la intensidad de la corriente se irán contrayendo en primer lugar las fibras fásicas tipo IIa, seguidas por las de tipo IIb y por último las fibras tónicas tipo I. Este fenómeno de patrón de contracción electroinducido se explica por las características que presentan los axones que inervan cada tipo de fibra. Así, el axón de las fibras tipo IIa es de mayor diámetro y tiene un umbral de contracción más bajo en contrapartida con el de las fibras tipo I que es de menor tamaño y tiene un umbral más alto²². Laufer et al. (2001)⁹³ señalan otros factores que también influyen en el modelo de contracción o patrón de contracción del músculo estimulado entre los que se encuentran: el hecho de que los axones de la superficie son los primeros en ser despolarizados y la ubicación que se dé a los electrodos. Últimamente, en el estudio llevado a cabo por Gregory y Scott (2005)⁹¹, se demuestra que el estímulo eléctrico recluta a las unidades motrices según un patrón no

selectivo (esto es, recluta todas las unidades motrices a la vez), espacialmente fijo y temporalmente simultáneo.

En nuestro estudio es fundamental comprender este nuevo enfoque del patrón de contracción seguido por el músculo sobre el que se aplica una corriente eléctrica, porque nos reafirma en la necesidad de establecer un escalamiento de los niveles perceptivos para conseguir una dosificación adecuada con respecto a los objetivos terapéuticos perseguidos. Así, dependiendo de los fines terapéuticos se elevará la intensidad hasta un nivel de sensibilidad (estimulación sensitiva y propioceptiva), nivel de contracción (estimulación muscular funcional) y nivel de tolerancia (fortalecimiento muscular). Se ha constatado que en el caso de llegar a una estimulación en el nivel de tolerancia (máxima intensidad admitida por el sujeto) se impone el patrón de contracción descrito por Gregory y Scott (2005)⁹¹. En cambio, si la estimulación alcanza el nivel de sensibilidad o de contracción prevalecen otros patrones musculares descritos anteriormente^{90, 92}, que dependen de la frecuencia de la corriente eléctrica aplicada.

2.1.1.6.2.- Factores de Riesgo.

Uno de los factores de riesgo de poder provocar algún perjuicio a los sujetos, es el referente al estado de los electrodos, pues afecta a su conductividad y por lo tanto al buen funcionamiento del equipo. En consecuencia, se debe tener especial atención al estado de los electrodos pues de ellos depende, en gran medida, el éxito de los procedimientos de

fortalecimiento muscular con estas corrientes. La vida media de los electrodos autoadhesivos puede llegar a ser de 14 usos si son cuidados y guardados correctamente. Es sabido que los electrodos autoadhesivos tienen una impedancia más alta que los electrodos de goma de carbono y por tanto no están recomendados para las aplicaciones de corrientes que contienen componente galvánico, pero como ya hemos mencionado, no es el caso de nuestras corrientes⁵¹.

Otro aspecto importante a considerar en las aplicaciones de corrientes eléctricas es el de la **Densidad de corriente** (cociente entre la intensidad de la corriente y la superficie donde se aplica). La densidad de corriente está regulada por la Comunidad Europea en su normativa: IEC 60601-2-10, donde se especifica que la densidad de corriente máxima permitida es de 2 mA por cm² para la corriente galvánica. Como las corrientes rectangulares bifásicas simétricas tienen un valor galvánico prácticamente de cero, este parámetro no tiene especial importancia. Por ello, la intensidad máxima permitida no está, en principio, limitada.

El empleo de las corrientes rectangulares bifásicas simétricas, en tratamientos de fortalecimiento muscular presenta una serie de riesgos potenciales como son^{67, 85, 94}:

- El dolor muscular: es un indicador de una sobre dosificación, es decir, aparece este dolor muscular cuando la intensidad de la corriente se eleva en exceso o de forma súbita.
- La rigidez muscular aumentada: esta característica es consecuencia de un exceso de sollicitación al músculo estimulado. Habitualmente se produce en músculos debilitados o sobrentrenados .

- Daños de la fascia muscular: es quizás el riesgo más serio de todos, por la implicación que el sistema miofascial tiene en todo el cuerpo. En ocasiones, las fascias musculares presentan ciertas alteraciones microscópicas que pasan desapercibidas y ante la estimulación eléctrica máxima (nivel de tolerancia) el riesgo de dañarlas es alto, sobretodo si el sujeto presenta una lesión muscular reciente.

En el presente estudio dichos riesgos potenciales no tienen significación porque, por un lado, se han seleccionado los sujetos muestrales teniendo en cuenta los mismos, y, por otro lado, porque la intensidad, el tiempo de actuación, los electrodos empleados y la zona corporal donde se aplica la corriente no permiten generar riesgo alguno para el individuo.

2.1.2 LA PERCEPCIÓN EN EL SER HUMANO

Los seres humanos se relacionan con el medio o entorno con el que interactúan de manera constante y efectiva para poder adaptarse y sobrevivir. Sin embargo, esta interacción no sería posible en ausencia de un flujo informativo constante. A este flujo de información es a lo que denominamos percepción; constructo que proporciona la información más esencial para la supervivencia de los seres humanos.

El diccionario de la Real Academia Española⁹⁵ presenta el término percepción como la sensación interior que resulta de una impresión material hecha en nuestros sentidos, transmitiendo también la noción de idea, de conocimiento. Podemos pues, decir que el concepto de percepción asume la visión de que consiste en una forma de conocer el mundo.

2.1.2.1 PRINCIPALES ENFOQUES TEÓRICOS

En este apartado exponemos brevemente, de forma resumida y escueta, los diferentes enfoques teóricos que se han manejado con respecto al concepto de percepción, siguiendo el desarrollo de su evolución a través de las aportaciones efectuadas por los principales autores que han tratado esta temática.

Los primeros estudios sobre la percepción con verdaderos fundamentos científicos proceden de la Psicología Experimental. En este campo se considera a Wilhelm Wundt. (1832-1920) como el fundador de

esta especialidad (al crear en 1879, en Leipzig –Alemania- su Instituto de Psicología^{96, 97}), el cual centró gran parte de sus trabajos en el ámbito de la percepción. Pero justo es señalar, que este autor acomete esa labor basándose en estudios científicos anteriores procedentes de diversos campos. Por ello, cuando realiza sus trabajos en el ámbito de la percepción, se encuentra con que ya estaban establecidos muchos de los problemas a estudiar, la forma de hacerlo, e incluso se habían formulado hipótesis explicativas concretas. Como nos señala García Sevilla⁹⁸, gran parte del trabajo realizado por Wundt consistió en desarrollar e integrar las aportaciones de quienes le precedieron en su interés por el estudio de la percepción.

Cuatro fueron las grandes tradiciones que sirvieron de base para el trabajo de Wundt. Son las siguientes:

- 1.- La tradición filosófica o empirista. Huelga decir que la epistemología, como rama de la filosofía, se ocupa de la forma en que adquirimos conocimiento sobre el mundo. Desde esta perspectiva, la filosofía empirista, que surge en Inglaterra durante la segunda mitad del siglo XVII de la mano de Hobbes y Locke, contando entre sus más importantes representantes con figuras como Hume ó Berkeley, sostiene la idea de que nuestros sentidos son la principal fuente de adquisición de conocimientos⁹⁹.
- 2.- La tradición física. Cuyo máximo representante es Isaac Newton. Aunque resulte sorprendente, Newton, en sus investigaciones como físico, estudió aspectos de la percepción que presentan un alto

componente psicológico, como por ejemplo: la descomposición de la luz solar, los distintos colores que componen el arco iris –espectro visible-, o los efectos de la mezcla de colores, creando la rueda cromática¹⁰⁰.

3.- La Tradición fisiológica. En la que destaca sobre todo la denominada Teoría de las energías nerviosas específicas, propuesta por el fisiólogo Müller en 1838. Según esta teoría, la experiencia asociada a la activación de un nervio sensorial depende únicamente de la naturaleza del nervio, y no de la naturaleza del estímulo que activa a dicho nervio sensorial¹⁰¹.

4.- La tradición psicofísica. La psicofísica estudia la relación entre las características físicas de los estímulos y las sensaciones que producen en los sujetos dichos estímulos. Como señala Barbero⁹⁶, el estudio de este problema, dio origen al desarrollo de una subespecialidad de la psicología científica conocida con el nombre de Psicofísica, cuyo máximo representante fue Fechner¹⁰², el cual sentó las bases del escalamiento, tanto psicofísico como psicológico. Dada la relevancia que para nuestro trabajo presenta esta tradición, la abordaremos de forma más pormenorizada en el apartado 2.1.3.

En las últimas décadas del siglo XX, los principales enfoques teóricos en el campo de la percepción se centran en el designado como *Procesamiento de la información*, como consecuencia de la llegada de la tecnología informática¹⁰³. A continuación presentamos la contribución que han realizado diversos autores al concepto actual de percepción.

Según García Sevilla⁹⁸, la percepción es uno de los procesos psicológicos más importantes que el ser humano tiene en el análisis de la información, proceso que hace referencia a la actividad mediante la cual extraemos información de nuestro medio externo e interno. Para este autor, la percepción constituye un acto experimental, y, como tal, se trata de un procedimiento que se lleva a cabo mediante nuestros sentidos y de manera consciente.

Lillo¹⁰⁴ considera que la percepción consiste en un conjunto de procesos y actividades, relacionados con la estimulación que alcanza a los sentidos, mediante los cuales obtenemos información sobre nuestro hábitat, sobre las acciones que realizamos en él y sobre nuestros propios estados internos.

Según Neisser¹⁰⁵, la percepción constituye el punto donde la cognición y la realidad se encuentran; es la actividad cognitiva más elemental a partir de la cual emergen todas las demás. Este autor nos propone un esquema donde la percepción se considera un proceso cíclico, de carácter activo, constructivo, relacionado con procesos cognitivos superiores, que transcurre en el tiempo.

Añade Colmenero¹⁰⁶ que a través de la percepción se elabora e interpreta la información que producen los estímulos para organizar y dar sentido a dicha información

Autores como Matlin y Foley¹⁰⁷, Neisser et al.¹⁰⁸ y Bayo¹⁰⁹, señalan que el perceptor (sujeto que percibe) juega un papel activo en la extracción y utilización de dicha información; que el ser humano debe considerarse,

no como un mero reactor a los estímulos ambientales, sino como un procesador activo de la información y un constructor también activo de su experiencia. Esta consideración del ser humano como procesador activo de la información se hace más patente a partir de la década de los sesenta, gracias al influjo de la teoría de la información, de la teoría de la comunicación, de la teoría general de sistemas y, sobre todo, del desarrollo de los ordenadores.

Actualmente se considera que en el acto perceptivo se origina una constante anticipación de lo que sucederá, basada en la información que acaba de ingresar a los órganos de los sentidos, y se produce en esquemas o patrones que seleccionan la información a procesar en función de criterios probabilísticos extraídos de la experiencia previa, los cuales son modificados a su vez por la nueva experiencia perceptiva, y dirigen los movimientos y las actividades exploratorias necesarias para obtener más información. En definitiva, como señala García-Albea⁹⁹, dichos esquemas son modificados tras cada experiencia perceptiva y, a su vez, éstos determinan qué información sensorial es procesada y cuáles van a ser los patrones de búsqueda para obtenerla. Por tanto, las siguientes experiencias perceptivas tienen la influencia de las anteriores percepciones, no existiendo la posibilidad de que se produzcan dos experiencias perceptuales idénticas.

Este matiz en la percepción humana nos aconseja conocer el grado de experiencia de los sujetos inmersos en el estudio con respecto a las corrientes rectangulares bifásicas simétricas. Prueba de ello es el trabajo realizado por Bowman y Baker⁵⁷, donde nos hablan de la adaptación de los sujetos al estímulo eléctrico, precisando elevar progresivamente la intensidad de la corriente para lograr una contracción máxima (nivel de

tolerancia). Ello es debido a la experiencia perceptiva que van teniendo los individuos de la corriente eléctrica, lo que les permite soportar intensidades cada vez mayores, sin que refieran sensación dolorosa. Con el fin de homogenizar la muestra del presente estudio hemos considerado que los sujetos no estén recibiendo tratamiento electroterapéutico en el momento de la exploración.

Por todo lo anteriormente expuesto, el estudio de la percepción resulta esencial para entender cómo se adquiere el conocimiento de cualquier estímulo que el sujeto perciba, ya sea interno o, como es nuestro caso, externo. El presente estudio permite conocer la respuesta perceptiva que un estímulo eléctrico produce en una serie de sujetos, debido al proceso de retroalimentación informativa que se establece a la hora de dosificar o instaurar el grado de intensidad de un estímulo físico dado, eléctrico en el presente trabajo. Esta información nos es muy útil en la práctica clínica, a los fisioterapeutas, porque nos ofrece una base para una dosificación más correcta.

En cuanto a nuestro estudio, nosotros solicitamos la colaboración activa de los individuos en el auto-posicionamiento que deben realizar frente a la percepción de la corriente eléctrica suministrada, porque, como ya hemos mencionado, el sujeto preceptor debe considerarse como procesador y constructor activo de su experiencia, máxime cuando estas corrientes pueden ser empleadas por ellos mismos.

Acabamos de exponer cómo la percepción constituye un proceso complejo que depende tanto de la información que el mundo entrega al preceptor, como de la fisiología y de las experiencias de quien percibe, y cómo éstas afectan al propio acto de percepción por la alteración de los

esquemas perceptivos. Pero, a mayor abundamiento, los mismos autores coinciden en señalar que estos factores también afectan a otros procesos superiores, como son las motivaciones y las expectativas. Esta última consideración es de suma importancia para nuestro trabajo, pues ello nos ha llevado a pensar que el factor de la personalidad denominado Neuroticismo, estudiado por Eysenck²⁸, podría contaminar nuestro estudio, razón por la cual hemos configurado una escala para medir el grado de aprensión psicológica de los sujetos participantes en el mismo, con el objeto de conocer dicho factor de su personalidad, lo que nos ha permitido homogeneizar la muestra en lo que concierne a esta característica.

Deseamos dejar constancia aquí de una reflexión personal referida a nuestra relación con los pacientes, pues, al percatarnos de la complejidad del proceso perceptivo, y siendo consciente de la multitud de estímulos físicos que, en nuestra práctica cotidiana, los fisioterapeutas les proporcionamos, podemos aproximarnos a considerar el cúmulo de sensaciones que éstos perciben ante los diferentes procedimientos terapéuticos que empleamos sobre ellos, lo que nos permite entender mejor por qué se les suscitan tantas cuestiones, inquietudes y ansiedades. Por otro lado, no son menos las interrogantes que nos afloran a nosotros mismos, acerca de cómo son percibidos los estímulos que aportamos mediante nuestra práctica profesional: movilizaciones, masajes, aplicaciones de corrientes eléctricas, etc.

2.1.2.2 CONSIDERACIONES EN TORNO A NUESTRO TRABAJO

Consideramos que realizar un acercamiento al estudio de la percepción desde un punto de vista teórico, se hace imprescindible para poder abordar los procedimientos fisioterapéuticos que planteamos en nuestro estudio. Es más, en términos generales, estimamos que conocer la complejidad del fenómeno denominado percepción, es fundamental para poder llevar a cabo futuras investigaciones en el campo de la Fisioterapia. Principalmente aquellas que utilicen mediciones y cuantificaciones de estímulos físicos, pues, en nuestra opinión, estos dos aspectos (medición y cuantificación) incrementan el carácter científico de la labor investigadora en el ámbito de la Fisioterapia.

En este sentido, hemos acudido a la psicología de la percepción para conocer el mecanismo de acción de este constructo, pues, como señala Montserrat¹¹⁰, la psicología de la percepción intenta explicar cómo se construye o se produce la percepción a partir de la interacción entre la energía física de los estímulos y el organismo perceptor.

Del mismo modo, conocido el mencionado mecanismo de acción, hemos de abordar el problema de la medición de la percepción subjetiva, por parte de los individuos, a un estímulo eléctrico. Para ello hemos de recurrir a la Psicofísica, pues este problema ha sido tratado históricamente desde esta especialidad. Encontramos que los investigadores de este ámbito del conocimiento resuelven el cálculo de la percepción de los estímulos físicos mediante teorías y metodologías de investigación específicas que exponemos más adelante.

Para mayor complejidad, en nuestro estudio el problema no se circunscribe únicamente, a poder medir la percepción que el sujeto tiene de los estímulos eléctricos proporcionados a través del procedimiento de electroterapia, seleccionado y establecido protocolariamente, que apliquemos sobre él; sino también a construir lo que podemos denominar un proceso de escalamiento psicofísico, entendiendo por ello el establecimiento de diversos niveles de percepción de los diferentes estímulos eléctricos para, de esa forma, poder intervenir de manera más clara, eficiente y científica, en nuestra práctica clínica y en futuros procesos de investigación. Por ello, consideramos necesario profundizar en el entendimiento de aquellos aspectos que, procedentes de la psicología de la percepción y la psicofísica, se relacionen con nuestro trabajo.

Entendemos que, desde el conocimiento de estas disciplinas, se pueden extrapolar posibles metodologías de investigación, adaptándolas al ámbito de la Fisioterapia. Tal es el caso del trabajo realizado por Palmer et al. (2000)¹¹¹, mediante el empleo del método del límite, esto es, la intensidad del estímulo sube y baja de forma proporcional y constante hasta que el sujeto señala la percepción de la sensación apropiada para cada estudio (frío, calor, etc.), mediante la presión de un botón, como por ejemplo en este caso. Las respuestas son analizadas y se establece el umbral de sensación del estímulo en cuestión. Por otro lado, en el estudio realizado por O'Sullivan (1984)¹¹² nos plantea conocer la percepción de los sujetos del esfuerzo realizado en los ejercicios terapéuticos y las implicaciones que se derivan para la práctica de la Fisioterapia. Por lo tanto, consideramos que la percepción y la psicofísica nos reportan a los fisioterapeutas gran cantidad de conocimientos y metodologías que nos pueden servir de base para futuras investigaciones.

2.1.3 LA PSICOFÍSICA

Los estímulos físicos no son sino energía de diferentes tipos: mecánica, electromagnética, química, etc., que al llegar a los terminales del sistema nervioso periférico se hacen perceptibles. Estos estímulos pueden variar, tanto en calidad como en cantidad, así como también es variable la cantidad de terminales nerviosos que el organismo dedica a su recepción⁵³. Para todos los sentidos se define un parámetro llamado sensibilidad que es la relación existente entre la intensidad del estímulo, medida mediante instrumentos físicos, y la respuesta perceptiva determinada en términos de sensación¹¹³.

La Psicofísica, según Lillo¹⁰⁴, es la ciencia que estudia la relación entre las propiedades de los estímulos físicos y las reacciones psicológicas que éstos ejercen sobre el hombre; es decir, intenta buscar una relación entre nuestras sensaciones y las magnitudes físicas de los estímulos.

Esta ciencia se desarrolla en Alemania, siendo sus principales precursores: Gustav Theodor Fechner (1801-1887) y Ernest Heinrich Weber (1795-1878). El interés de Fechner por la psicofísica deriva de su esperanza de resolver con ella el clásico problema de la mente y el cuerpo. Según Norman y Rumelhart¹⁰¹, este autor cree resolver dicho problema demostrando, gracias a la psicofísica, que mente y cuerpo son sólo dos aspectos distintos de una misma realidad subyacente. Fechner escribe en 1860 su libro: Elementos de Psicofísica¹⁰², que trata sobre las relaciones funcionales o de dependencia entre el alma y el cuerpo, que él pretende

establecer por vías experimentales. Este autor cree conectar los fenómenos físicos y mentales, atribuyendo todos los estímulos al mundo físico y todas las sensaciones al mental. Así descubre una relación definida entre lo mental y lo físico y la representa en una fórmula matemática: la Ley de Fechner, que exponemos a continuación.

$$S = K \times \log I$$

Según esta ley, el nivel de sensación perceptiva de un estímulo dado (S) está en función de una constante (K), cuyo valor depende de la naturaleza del estímulo físico considerado, multiplicado por el logaritmo de la intensidad de dicho estímulo ($\log I$)¹¹⁴. Por lo tanto, un incremento lineal del estímulo físico no es correspondido con incrementos similares de percepción. A veces se requieren incrementos logarítmicos de dicho estímulo físico para lograr aumentos lineales de la respuesta perceptiva. Aunque hoy día no se considera correcta esta ley, es la base de escalas tan divulgadas como la escala decibélica, que mide la intensidad de un estímulo mecánico como es el sonido.

Los principales objetivos que persigue la psicofísica desde que se postulara ya a mediados del siglo XIX podemos englobarlos en dos¹¹³:

- 1º Desarrollar métodos para determinar (medir) la reacción psicológica (percepción) de un sujeto ante los diferentes estímulos físicos.
- 2º Determinar las unidades para la medición de esas percepciones.

Fechner es el primero en intentar establecer leyes psicofísicas, como ya se ha comentado, y en proporcionar instrumentos para medir cuantitativamente la percepción. Además, descubre y elabora el concepto de umbral, definiendo el umbral inicial o de percepción como la intensidad mínima de estímulo físico necesario para que dicho estímulo sea percibido¹¹⁵.

Por otro lado, la Psicofísica moderna tiene como autor más destacado a Stanley Smith Stevens (1906-1973). En la Psicofísica moderna se adopta un nuevo enfoque, se construyen métodos de trabajo para medir las respuestas sensoriales y se pone todo el énfasis sobre ellas. Dicho de otra manera, la Psicofísica moderna deja los métodos indirectos de medir la subjetividad y, en su lugar, lo hace de modo directo, mediante la construcción de escalas de medida subjetivas. Con esta nueva visión, Stevens establece la denominada Ley General de la Psicofísica, con la que se considera que da inicio la Psicofísica moderna. Basándose en esta nueva concepción, este autor construye una serie de escalas de medida y propone su ley: la relación entre los estímulos físicos y las sensaciones psicológicas varía en función de un exponente, que es indicativo de la modalidad del atributo psíquico de que se trate y de la magnitud del estímulo. Como nos señala García-Albea⁹⁹, esta Ley General de la Psicofísica es una generalización de la Ley de Fechner.

2.1.3.1 MEDICIÓN DE LA PERCEPCIÓN

La medición del efecto de los estímulos físicos por el examinador no es tan simple, puesto que, por un lado, la relación entre la energía física de un estímulo y la experiencia perceptiva que produce dicho estímulo no es unívoca. Y, por otro lado, la relación que existe entre la experiencia perceptiva y la respuesta a dicha experiencia tampoco es uniforme. Factores como la atención que prestan los sujetos, contextos diferentes en los procedimientos de medición y las variables extrañas de la investigación (por ejemplo, la experiencia previa con el estímulo estudiado o la aprensión psicológica de los sujetos ante el estímulo), pueden ocasionar que el mismo estímulo sea percibido de manera distinta en diferentes ocasiones, por el mismo sujeto. Con respecto a nuestro estudio, hemos tenido muy en cuenta este aspecto, pues, hemos elegido un diseño metodológico que asegura la validez de las medidas obtenidas, además de controlar las variables extrañas como por ejemplo validando el procedimiento de medición por parte de dos examinadores, como posteriormente abordaremos.

Sabemos que la experiencia perceptual es privada (subjetiva). La única manera por la cual un observador externo puede obtener información sobre la experiencia subjetiva o interna de otra persona, es hacer que se exprese en alguna conducta que sea cuantificable mediante diferentes escalas, como por ejemplo las de tipo Likert¹¹⁶.

Sin embargo, estas escalas presentan el riesgo de estar influenciadas por lo que denominamos efectos de contexto; esto es, variables que distorsionan las cuantificaciones de una medida teórica ideal. Según Barbero⁹⁶, muchas investigaciones en otros campos de conocimiento, se dirigen a examinar dichos efectos de contexto. En nuestro estudio, estos efectos de contexto se han tenido muy en cuenta en la metodología y en el procedimiento de medición para minimizar su influencia y la distorsión de los resultados.

En la actualidad, la Psicofísica está muy presente en diversos campos de conocimiento y se orienta más bien hacia aspectos metodológicos⁹⁸. Así tenemos que las técnicas psicofísicas se aplican no solamente en psicología, sino también en ingeniería (ingeniería humana: ergonomía, incluyendo el diseño de herramientas, sistemas hombre-máquina), en la industria (productos farmacológicos y químicos, producción de alimentos y bebidas, iluminación, ventilación), en medicina (audiología, psiconeurología, estudios del esfuerzo físico en conexión con enfermedades cardiológicas), en ecología (polución ambiental: contaminación acústica y de gases nocivos) y en muchos otros campos vinculados con la comunicación del organismo con el ambiente. Nosotros consideramos que también en Fisioterapia tiene una utilidad altamente significativa, de ahí que hayamos acudido a esta especialidad para, por una parte, establecer parcialmente nuestra fundamentación teórica, y, por otra, utilizar sus aportaciones al conocimiento para diseñar y realizar la fase empírica de nuestro trabajo.

2.1.3.2 MEDICIÓN DE LA PERCEPCIÓN EN FISIOTERAPIA

En las últimas décadas el desarrollo de los estudios sobre psicofísica ha experimentado un gran auge, sobre todo los que se basan en el campo del escalamiento. Campo éste, ligado a la teoría de la medición¹¹⁷. Ello es así porque el campo de la medida en su totalidad, recibe desde hace unas cuatro décadas un impacto cultural determinante provocado por la introducción de la informática estadística y de Internet, que ha facilitado el desarrollo y la divulgación de este tipo de trabajos. En definitiva, como apunta García¹¹⁸, desde la aparición de la estadística informática los clásicos modelos teóricos de la matemática se convierten en argumentos susceptibles de ser modelados empíricamente a partir de un análisis informático de grandes masas de datos, antes inviable manualmente. Un claro ejemplo lo presenta el empleo de la Dinámica no Lineal y la Teoría del Caos. Esta teoría representa un nuevo paradigma en la Ciencia que ha mostrado como puede entenderse de una manera unificada la complejidad que aparece en los más diversos campos del conocimiento, de ahí su filosofía multidisciplinar. Consideramos que la Fisioterapia del siglo XXI requerirá de estas teorías para afrontar investigaciones dentro de ese campo de conocimiento.

La medición del efecto de los estímulos físicos empleados en Fisioterapia por el observador (investigador-fisioterapeuta) no es tan simple, como ya se ha mencionado. Por ello, la Fisioterapia puede y debe apoyarse en el desarrollo científico de ciencias como la Psicofísica (metodologías de investigación, procedimientos de muestreo, evaluación

de escalogramas, etc.), entre otras, para de esta forma resolver adecuada y científicamente los problemas de su ámbito de conocimiento en los que la medición de la percepción forme parte de su estudio.

A continuación exponemos una serie de estudios de Fisioterapia, que diferentes autores han realizado, donde se utilizan metodologías, conceptos y principios psicofísicos para la resolución de los trabajos.

Murphy et al. (2002)¹¹⁹, emplean una metodología del ámbito de la psicofísica como es la teoría de detección de señales, que consiste básicamente en aplicar un estímulo rodeado de ruido para que el sujeto detecte dicho estímulo, mediante un sistema binario de respuestas SI-NO, y así poder conocer la discriminación en el músculo esquelético de la estimulación dolorosa y no dolorosa de un impulso eléctrico. Concluyen estos autores que es apropiado y ventajoso el empleo de esta metodología para dicho trabajo.

Con relación a nuestro estudio no lo es porque en el anterior trabajo sólo exploran un umbral perceptivo (umbral doloroso), y nosotros investigamos tres. Nivel de sensibilidad, contracción y tolerancia. No obstante, es muy interesante que la muestra está constituida con estudiantes de Fisioterapia, como en nuestro estudio.

Delito et al.(1992)¹⁶, estudia la comodidad de diferentes aplicaciones fisioterapéuticas de fortalecimiento muscular con diversas corrientes eléctricas y la influencia de la personalidad de los sujetos en la percepción del procedimiento a realiza; así como, los efectos que provoca en la percepción que éstos tienen de dichos procedimientos fisioterapéuticos. En

este trabajo se plantea el objetivo de conocer la influencia de diversos factores, tales como la aprensión o el miedo que la contracción involuntaria causa sobre los individuos, y su influencia en la comodidad expresada por los individuos a través de una Escala Analógica Visual (VAS) de los procedimientos de fortalecimiento muscular con corrientes eléctricas. Como conclusión del estudio se observa que los sujetos que son informados previamente a ser sometidos a la aplicación de corrientes eléctricas con el fin del fortalecimiento muscular, toleran una mayor intensidad de la corriente.

En nuestro trabajo, hemos considerado este factor de la personalidad, la aprensión psicológica de los sujetos, midiéndola mediante un cuestionario que hemos denominado Escala de Aprensión Psicológica Personal (EAPP), e informando previamente a todos los sujetos inmersos en el mismo del procedimiento de medición a realizárseles, con el fin de evidenciar los sujetos que tengan tendencia a la aprensión psicológica y evitar sesgos en los resultados de las medidas obtenidas, relacionados con estos aspectos.

Palmer et al (2004)¹²⁰, define los umbrales de percepción térmicos y sus vías sensitivas (fibras C y A- δ). Además, describe la eficacia de la aplicación de dos corrientes eléctricas (TENS y corrientes Interferenciales) en la disminución de la percepción dolorosa tras la inducción de dichos umbrales térmicos, mediante el método del límite, anteriormente explicado.

En nuestro estudio, no es posible emplear esta metodología porque el individuo debe declarar el tipo de sensación experimentada (sensibilidad y tolerancia), a medida que la intensidad de la corriente

asciende. Sin embargo, este trabajo nos permite observar como se ha tenido en cuenta la edad (18-29 años) de los sujetos muestrales, que también hemos controlado en el presente estudio.

Otros estudios como el llevado a cabo por Kong et al. (2005)¹²¹, también realizan análisis psicofísicos de la analgesia provocada por la acupuntura en el dolor térmico inducido. En éste se configura una escala subjetiva para medir la sensación de la acupuntura y analizar su relación con la analgesia provocada.

En relación con nuestro trabajo, también hemos creado una escala, que igualmente hemos validado, pero con el objetivo de comprobar la idoneidad de los sujetos muestrales.

Con respecto a nuestro trabajo, es especialmente importante lo que señalan Matlin y Foley (1996)¹⁰⁷ en relación con la sensibilidad y los umbrales de percepción, ya que éstos autores nos plantean que no son constantes para todos los individuos, ni siquiera para un mismo individuo a lo largo del tiempo, pues lo más común es que se produzca una pérdida de capacidad para procesar los estímulos, tanto en cantidad como en calidad, con el aumento de la edad. En consecuencia, en nuestro estudio la muestra de sujetos la hemos elaborado de entre sujetos adultos jóvenes de 18 a 35 años, con el fin de que sea lo más homogénea posible, ya que las capacidades físicas y sensoriales permanecen prácticamente constantes en este intervalo de edad.

2.1.4 EL NEUROTICISMO

De los análisis que hemos realizado en los apartados anteriores, dedicados a la Percepción y a la Psicofísica, se extrae claramente que la percepción por parte de los sujetos, de las corrientes rectangulares bifásicas simétricas, objeto de nuestro trabajo, puede verse influenciada por una serie de factores. Como señalamos en la introducción, entre ellos nos ha parecido importante destacar el factor de la personalidad que Eysenck denomina Neuroticismo y que nosotros hemos designado como aprensión psicológica.

Para este autor, Neuroticismo es el nombre que define aquella dimensión de la personalidad que oscila entre las personas normales, calmadas y tranquilas, y las que tienden a ser bastante nerviosas¹²². Su estudio demuestra que estas últimas tienden a sufrir más frecuentemente de una variedad de trastornos nerviosos que llamamos neurosis, de ahí el nombre de la dimensión; pero debemos precisar que no se refiere a que aquellas personas que puntúan alto en la escala de neuroticismo sean necesariamente neuróticas, sino que son más susceptibles a sufrir problemas neuróticos. En este punto, conviene diferenciar el neuroticismo de la ansiedad, sensación de angustia y desesperación, que se mide en la escala de Taylor¹²³.

Así pues, el término Neuroticismo o factor N de Eysenck¹²⁴, puede entenderse como vulnerabilidad a la neurosis y hace referencia a la dimensión de estabilidad / inestabilidad emocional de la persona. Este

factor de la personalidad implica una baja tolerancia para el estrés, tanto de carácter físico (por ejemplo el dolor), como psicológico (por ejemplo la frustración), y está estrechamente relacionado con el grado de labilidad del sistema nervioso autónomo¹²⁵.

Consideramos que el control de este factor nos permite seleccionar a los sujetos muestrales con el objeto de descartar a aquellos individuos que presenten una tendencia manifiesta hacia dicho factor y, por tanto, corroborar que las medidas obtenidas de los miembros integrantes de la muestra son válidas y fiables, para ser empleadas en la confección de la Escala Psicofísica de los niveles de percepción de dichas corrientes. No pretendemos realizar un análisis exhaustivo de la personalidad de los sujetos integrantes de la muestra, sino confirmar que dichos individuos son válidos para la obtención de las medidas de percepción de las corrientes empleadas.

2.1.4.1 CUESTIONARIOS DE PERSONALIDAD DE EYSENCK

Hans Jürgen Eysenck (1916-1997) es uno de los investigadores más destacados en el estudio de la personalidad y, sobre todo, en el análisis cuantitativo de la misma. La teoría de la personalidad de Eysenck define y considera unos rasgos y unas dimensiones como elementos básicos de la estructura de la personalidad. Estas variables son, esencialmente, factores disposicionales que determinan nuestra conducta regular y persistentemente en muchos tipos de situaciones diferentes ^{126, 127}.

Para Eysenck la personalidad se puede definir como una organización más o menos estable y duradera del carácter, temperamento, intelecto y físico de una persona que determina su adaptación única al ambiente. El carácter denota el sistema más o menos estable y duradero de conducta conativa (voluntad) de una persona; el temperamento, su sistema más o menos estable y duradero de la conducta afectiva (emoción); el intelecto, su sistema más o menos estable y duradero de conducta cognitiva (inteligencia); y por último, el físico, su sistema más o menos estable y duradero de la configuración corporal y de la dotación neuroendocrina¹²⁷.

Para medir los diferentes rasgos o dimensiones de la personalidad, Eysenck elaboró diferentes cuestionarios, que pasamos a describir. Estos cuestionarios de personalidad son el resultado de más de cuarenta años de desarrollo y cientos, si no miles, de estudios psicométricos y experimentales llevados a cabo en muchos países distintos, incluido España. Estos cuestionarios pretenden medir las dimensiones principales de la personalidad tal y como han surgido de auto-evaluaciones, heteroevaluaciones de amigos y conocidos, estudios de observación, investigaciones experimentales, estudios psicofisiológicos y análisis bioquímicos^{123, 128}. Eysenck parte de un modelo factorial de la personalidad, basado en un modelo neoconductista que combina los principios del aprendizaje y los factores biológicos. Dicho modelo factorial tiene tres ejes o dimensiones: introversión-extraversión, neuroticismo-estabilidad y psicoticismo-normalidad¹²⁹. El tratamiento de los datos

obtenidos que propone este autor es uno de los mayores logros de estos cuestionarios, pues emplea el modelo de análisis factorial.

Eysenck, a lo largo del tiempo, propone varios cuestionarios para medir la personalidad. El primero de ellos es el *Maudsley Medical Questionnaire* (MMQ)¹²², en 1947, que pretendía poner en relación las dimensiones Neuroticismo (estabilidad / inestabilidad) y Extraversión (introvertido / extravertido). La medida del neuroticismo (N) la realiza a través de 22 ítems que se referían tanto a conductas específicas, como a rasgos o situaciones socio-laborales. A éstos se le sumaban 18 ítems de la escala de mentiras del MMPI (Minnesota Multifasic Personality Inventori o Inventario Multifásico de la Personalidad). El cuestionario resultó de utilidad para la discriminación entre personas normales y neuróticas, pero resultaba poco adecuado para medir la dimensión (E) extraversión-intraversión; ya que únicamente era capaz de distinguir entre sujetos histéricos y distímicos¹²⁸.

A este cuestionario le siguió el *Maudsley Personality Inventory* (MPI)¹³⁰, en 1959. Este nuevo inventario estaba compuesto por algunos ítems del MMQ, pero esencialmente estaba influido por el cuestionario de Guilford-Zimmerman, del cual tomó ítems de algunas de sus escalas. El MPI fue creado para evaluar las dimensiones N y E, pero presentaba el inconveniente de que éstas mostraban cierto grado de correlación negativa.

Con el propósito de dar solución a este importante problema, Eysenck elabora un nuevo cuestionario, el *Eysenck Personality Inventory*

(EPI)¹³¹, en 1964. En éste, las dimensiones de extraversión y neuroticismo no presentan ya ninguna intercorrelación significativa, ofreciendo, además, algunas ventajas psicométricas con respecto al MPI, como un aumento de la fiabilidad en las escalas. También se incluye una nueva escala de mentiras (L) para medir el disimulo. El EPI cuenta, asimismo, con dos modelos (A y B) para evaluaciones repetidas con la misma población.

En los años setenta aparece publicado el *Eysenck Personality Questionnaire* (EPQ)¹³², que contiene cuatro escalas, dos que miden las ya clásicas dimensiones E y N, así como la escala L, de mentiras, y presenta una nueva escala que pretende medir la dimensión P (psicoticismo). Además, presenta dos versiones para emplearlo en adultos y en niños (EPQ-A y EPQ-J)¹³³.

En 1985 se publica una versión revisada del EPQ (EPQ-R)¹²⁹, en la que se pretende subsanar las principales deficiencias que presentaba la anterior escala P.

Para Eysenck, entre la conducta normal y la patológica la diferencia es cuantitativa y no cualitativa. Por ello con la confección de estos cuestionarios y su posterior análisis estadístico (análisis factorial), considera que se puede conocer la personalidad de un individuo¹³⁴. Esta información es muy valiosa en múltiples campos de actuación, tales como: selección de personal, deportistas, etc. En todos ellos, puede el EPQ-R ser de gran utilidad. También en nuestro caso es útil, por eso acudimos a él, aunque con una transformación tanto en el contenido como en el diseño

de los ítems, que posteriormente expondremos, con el fin de seleccionar los sujetos de la muestra.

Por otra parte, el EPQ-R no está específicamente diseñado para diagnosticar trastornos psiquiátricos, sin embargo, el señalar las predisposiciones neuróticas o psicóticas particulares de las personas puede resultar de gran ayuda a la hora de tratar áreas problemáticas.

Ateniéndonos a los cuestionarios propuestos por Eysenck, las puntuaciones elevadas en el factor N (neuroticismo) son indicativas de labilidad emocional e hiperactividad. Las personas que obtienen esas puntuaciones tienden a ser emocionalmente hipersensibles, con dificultades para recuperarse después de una situación de desarreglos somáticos difusos y de poca importancia, así como, manifiestan estados de preocupación, ansiedad y otros sentimientos desagradables¹³⁵. Estos individuos están predispuestos a manifestar problemas neuróticos bajo el efecto de situaciones de estrés¹²⁴. En consecuencia, es muy importante la cuantificación de este factor en los sujetos muestrales del presente trabajo para su control y en el caso de ser necesario su exclusión. Pues, en nuestro estudio es muy pertinente el control de la variabilidad interna de los sujetos de la muestra con respecto a la vulnerabilidad de éstos ante la aplicación de una corriente eléctrica, ya que pretendemos que la muestra esté constituida por individuos lo más homogéneos posibles y sin ninguna predisposición a la neurosis.

2.1.4.2 ESCALA DE APRENSIÓN PSICOLÓGICA PERSONAL (EAPP)

La Escala de Aprensión Psicológica Personal (EAPP), es un cuestionario tipo Likert^{136, 137}, que hemos creado para medir el grado de neroticismo de los sujetos inmersos en el estudio. Dicha escala la hemos fundamentado en la teoría de la personalidad de Eysenck y en los cuestionarios que éste nos propone.

El cuestionario que hemos elaborado se presenta para la aplicación en el ámbito de la Fisioterapia en particular, y, consideramos, que también será útil en el campo de las otras Ciencias de la Salud. Por ello, hemos optado por asignarle una denominación mas ajustada al metalenguaje de este campo científico: Escala de Aprensión Psicológica Personal (EAPP)¹³⁸. El objetivo fundamental de la elaboración y posterior aplicación de esta escala es el de conocer el grado de aprensión psicológica (neuroticismo) de los sujetos muestrales y así tener un índice de calidad de las medidas obtenidas de sus auto-valoraciones con respecto a la percepción experimentada en la aplicación de las corrientes rectangulares bifásicas simétricas en los procedimientos de fortalecimiento muscular.

Contar con un instrumento válido y fiable para la medición de una covariable tan importante como es el grado de aprensión psicológica que presentan los sujetos ante la cuantificación de los niveles de percepción, nos permite controlar la validez interna del presente trabajo.

La Escala de Aprensión Psicológica Personal (EAPP) es una adaptación del cuestionario de Eysenck denominado EPQ-R (*Eysenck Personality Questionnaire*), en su versión revisada del año 1985. Dicho inventario propone 23 ítems para medir la dimensión Emotividad-Neuroticismo (N)¹²⁹, de los que hemos seleccionado 15 para la confección de la EAPP, pues como nos señala Silva (2000)¹³⁹, es el número de ítems más común en los cuestionarios tipo Likert de auto-posicionamiento empleados en Ciencias de la Salud. La selección de los ítems de la EAPP se realizó mediante la elección de los doce primeros propuestos en el cuestionario EPQ-R que medían el factor N, y que, a su vez coinciden con los de dicho factor en el cuestionario de la versión reducida (EPQ-RS). De esta forma, nos asegurábamos que la EAPP presentaba una estructura sólida y bien contrastada de la dimensión a medir por la misma, esto es, la aprensión psicológica o el neuroticismo. Conjuntamente, elegimos los ítems número 62, 64 y 81, que también medían el factor N del cuestionario EPQ-R, porque presentaban un enunciado más adecuado con respecto a las características de la EAPP y al objeto de asegurar la validez de contenido de dicha escala en el ámbito de la Fisioterapia y de la Salud, en general.

La adaptación del enunciado de los ítems al lenguaje del ámbito de conocimiento de la Fisioterapia, requiere especial atención, porque pretendemos con ello hacer más comprensible dicho enunciado y concretar la posible tendencia hacia la aprensión psicológica de los sujetos con respecto a la aplicación de la corriente eléctrica.

En la tabla 2, aparecen reseñados los números de los 15 ítems del cuestionario EPQ-R que han servido de base para formular los ítems definitivos de la EAPP, que pueden observarse en el anexo 4.

23 Ítems del factor N															
2	4	8	13	18	19	20	24	32	35	41	42	52	54	62	64
72	73	75	76	78	81	83									

Tabla 2: Ítems del cuestionario EPQ-R que miden el factor N. **Ítems de la escala EAPP.**

Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, los cuestionarios EPQ-R y el EPQ-RS sólo plantean al sujeto la opción de sí o no. Nosotros, en cambio, hemos ampliado las opciones de respuesta a cuatro que se presentan de forma gradual, convirtiendo la EAPP en una escala tipo Likert o sumativa. En el cuadro 1 se exponen los enunciados de las opciones de respuesta de los ítems.

1)	Muy raramente ó prácticamente nunca.
2)	Alguna vez ó casi nunca.
3)	Frecuentemente ó bastantes veces.
4)	Continuamente ó prácticamente siempre.

Cuadro 1: Opciones de respuesta de la EAPP.

Fuente: Elaboración propia.

Esta transformación en cuatro opciones hace que los sujetos tengan que plantearse un auto-posicionamiento más definido ante los ítems, al tener que decantarse necesariamente hacia un extremo u otro, sin posibilidad de mantenerse en la zona central, como nos señalan García

Cueto et al. (2003)¹⁴⁰ y Chang (1994)¹⁴¹. Somos conscientes de que esto plantea ciertos inconvenientes, como por ejemplo el no permitir una respuesta centrada de los individuos, sin embargo, con respecto al estudio y diseño que nos ocupa; es decir, para conocer el grado de neuroticismo-aprensión psicológica, creemos que es más conveniente que los sujetos se sitúen claramente por encima o por debajo de la media, pues ello nos permitirá valorar, con mayor facilidad, si se incluyen o no en la muestra.

Mediante la confección propuesta de la EAPP (15 ítems y 4 opciones de respuesta), podemos cuantificar nuestro factor de estudio (aprensión psicológica -neuroticismo) mediante una escala sumativa, esto es, que las puntuaciones de las respuestas, en valor absoluto, se van acumulando o sumando, de forma que el resultado viene a ser la suma de todas las respuestas. Esta forma de corrección de la escala EAPP hace más fácil y cómoda la visualización e interpretación de los resultados, además de no precisar una plantilla de corrección, como describe Barbero⁹⁶.

El principal inconveniente de este tipo de escalas de auto-posicionamientos, tipo Likert ó sumativas, lo encontramos en que se trata de una escala donde es posible obtener la misma puntuación con diferentes combinaciones de ítems, lo que demuestra que la misma puntuación en dos sujetos diferentes puede tener significados distintos; sin embargo, la consistencia interna del instrumento tiende a evitar que se produzca esta situación, como plantea Muñiz (1997)¹⁴². Por añadidura, la EAPP es una escala fácil de aplicar y admite analizar los resultados de una gran muestra, con rapidez y precisión.

Consideramos que la EAPP permite identificar a esas personas que les afecta todo lo que les rodea, o ven peligros para su salud, o creen que son graves sus más leves síntomas y signos. En el estudio de los niveles de percepción de las corrientes rectangulares bifásicas simétricas es muy importante descartar a los sujetos aprensivos, porque una aplicación de una corriente eléctrica crea cierto grado de incertidumbre, ansiedad y miedo entre los sujetos inmersos en la investigación, ante la aplicación en sí, y ante las posibles consecuencias de la misma (dolor, quemazón, etc.). Por ello es fundamental para el presente estudio conocer el grado de aprensión psicológica de los sujetos muestrales, y evitar dicho factor en las auto-valoraciones de la intensidad de la corriente con respecto a los niveles perceptivos.

Independientemente del diseño metodológico empleado, es muy aconsejable el disponer de un instrumento como el que hemos elaborado, la EAPP, para corroborar que los sujetos inmersos en la muestra presentan un nivel de aprensión psicológica óptimo como para ser susceptibles de administrárseles tal o cual tratamiento, y para valorar los resultados, puesto que, sus respuestas deben ser representativas de la situación investigada y no fruto de cierta tendencia al neuroticismo.

Controlar la posibilidad de dicha variable extraña en el diseño metodológico de nuestra investigación nos proporciona un índice de calidad y de confianza en los datos obtenidos de los sujetos muestrales. Por tanto, la EAPP puede servir como indicativo de la necesidad de eliminar / compensar la incidencia de sujetos con altas puntuaciones en dicha escala.

2.2 ANTECEDENTES Y ESTADO ACTUAL DEL PROBLEMA

Para presentar de forma más clara y sistematizada los diferentes aspectos a considerar en este apartado, hemos estructurado los antecedentes y estado actual del problema en tres grupos. En primer lugar, los relacionados con los niveles perceptivos, pues existe cierta controversia entre los autores que señalan tres y otros que hablan de cuatro. En segundo lugar están los derivados de los factores que influyen en el estudio de los procedimientos de fortalecimiento muscular, ya que tanto la nomenclatura como la metodología seguida en dichos procedimientos son muy dispares y se aplican a sujetos sanos y enfermos. Por último, los referidos a los parámetros más comunes en el uso de la corriente rectangular bifásica simétrica, donde se describen los diferentes valores de dicha corriente eléctrica que se emplea en los procedimientos de fortalecimiento muscular.

2.2.1 NIVELES PERCEPTIVOS

Como ya hemos mencionado, tradicionalmente se han establecido, a nivel funcional, cuatro umbrales de percepción^{9, 10, 12, 15}:

- Nivel Sensorial: es el primero de los niveles perceptivos y corresponde al momento en el cual el sujeto percibe inicialmente el estímulo eléctrico.

- Nivel Motórico: es cuando el examinador observa una contracción muscular mínima visible en el músculo objeto de estudio o de tratamiento.
- Nivel de Dolor: coincide con la percepción inicial de dolor por parte del sujeto y corresponde al momento en el cual el sujeto refiere que comienza a dolerle.
- Nivel de Tolerancia: es cuando el sujeto manifiesta que le es imposible soportar la intensidad del estímulo eléctrico.

Este orden secuencial: estimulación sensorial, motórica, dolorosa y de tolerancia, precisa una intensidad creciente de la corriente para cada una de las respuestas fisiológicas señaladas²⁴. La explicación de esta sucesión de niveles perceptivos, como nos señala Gallach et al. (2006)¹⁴³, es porque las fibras motoras tienen mayor diámetro que las fibras nociceptivas. En consecuencia, requieren menor cantidad de energía eléctrica para su estimulación. Asimismo, como nos apunta Knaflitz et al. (1990)¹⁴⁴, la estimulación de las fibras sensoriales precede a la de las fibras motóricas, porque aunque su tamaño o grosor es parecido, éstas se encuentran más próximas al electrodo (más superficiales).

En estudios como el llevado a cabo por Nelson et al. (1999)²⁰, o el de Alon et al. (1994)¹⁴⁵, se han verificado la necesidad de un menor incremento de intensidad de corriente eléctrica para pasar de un nivel perceptivo a otro a medida que se aumenta la duración de fase del impulso eléctrico. La representación gráfica de esta característica aparece reflejada en la figura 7, donde se observan claramente los diferentes

niveles perceptivos en la aplicación de una corriente eléctrica y como se ven influenciados por la duración de fase del impulso eléctrico empleado.

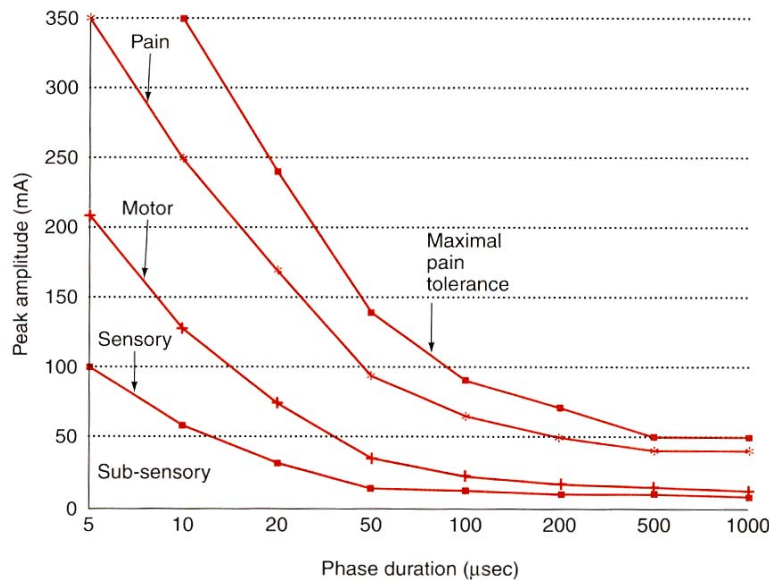


Figura 7: Cuatro niveles de percepción según la duración de fase.
Fuente: Nelson et al. (1999)²⁰.

Estos cuatro niveles perceptivos, que proponen de forma teórica varios autores^{16, 23, 24, 143- 146}, no se encuentran acotados ni establecidos en la corriente rectangular bifásica simétrica; sino más bien se dejan a la experiencia del profesional responsable del tratamiento.

Por otro lado, Robertson et al. (2006)²¹ nos propone que la percepción de los sujetos se circunscribe a tres umbrales. El orden de dichos umbrales es el siguiente: umbral de sensibilidad, de contracción y de tolerancia. Los dos primeros niveles perceptivos corresponden a los ya descritos, siendo el último en el que agrupa los niveles tercero y cuarto, esto es, el de dolor y de tolerancia, como se muestra en la figura 8. Plaja (2003)²², también establece estos tres umbrales de guía de dosimetría y los relaciona con las diferentes vías nerviosas involucradas.

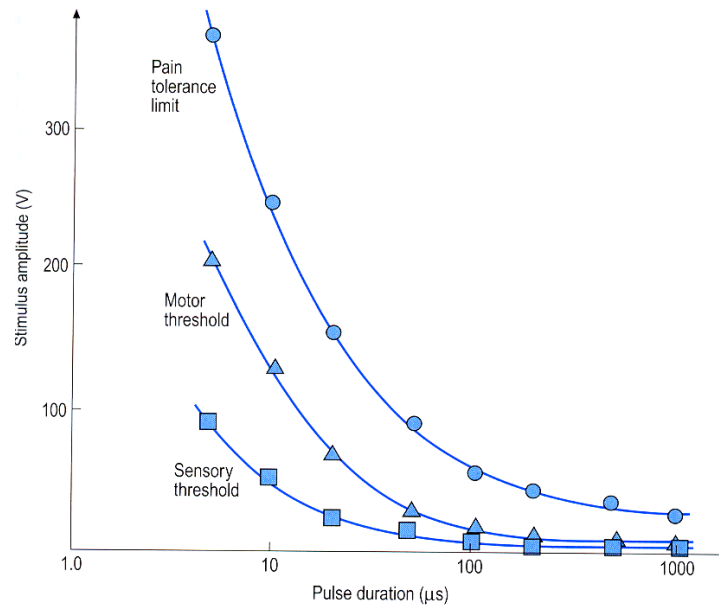


Figura 8: Tres niveles de percepción según la duración de fase.
Fuente: Robertson et al. (2006)²¹

Por lo anteriormente expuesto, creemos que es más apropiado y operativo delimitar sólo tres niveles o umbrales de percepción en la aplicación de las susodichas corrientes. Todo ello nos lleva a proponernos el presente trabajo como un estudio innovador que pretende acotar de forma clara y fiable una escala psicofísica de tres umbrales perceptivos:

- Umbral de Sensibilidad: coincide con el primer nivel o umbral sensorial, definido con anterioridad.
- Umbral de Contracción: nuevamente corresponde con el segundo nivel o umbral de contracción anteriormente descrito.
- Umbral de Tolerancia: es un tercer nivel o umbral que agrupa a los niveles de dolor y de tolerancia, expuestos anteriormente.

Este último umbral de tolerancia, entendemos que es más fácilmente apreciable y descriptible por parte de los sujetos muestrales sin

caer en posibles confusiones e interpretaciones de los dos niveles fusionados (dolor y tolerancia). Como nos confirma Delito y Rose (1986)¹⁹, el nivel de dolor y de tolerancia están poco estudiados con respecto a la percepción del sujeto-paciente en los procedimientos de fortalecimiento muscular con corrientes eléctricas. Señalan también en el estudio que los escasos trabajos existentes cometen el error de considerar al dolor asociado a la aplicación de corrientes eléctricas para el fortalecimiento muscular como unidimensional, entrando en confrontación o ignorando la abundante literatura científica que describe el dolor como una experiencia multidimensional.

2.2.2 FACTORES QUE INFLUYEN EN EL ESTUDIO DE LOS PROCEDIMIENTOS DE FORTALECIMIENTO MUSCULAR

El fortalecimiento muscular con corrientes eléctricas y más concretamente con corrientes rectangulares bifásicas simétricas y técnica bipolar (a través de dos electrodos situados sobre la piel del sujeto), es uno de los procedimientos de Fisioterapia más divulgados desde hace varias décadas. Se enmarca dentro de la denominada Estimulación Eléctrica, cuyos objetivos, metodologías de aplicación y corrientes empleadas hacen que deba ser establecida una nomenclatura clara. La comunidad científica³⁶ define los procedimientos de fortalecimiento muscular con corrientes eléctricas como NMES, siglas que corresponden a Neuromuscular Electrical Stimulation. La Asociación Americana de Fisioterapeutas (American Physical Therapy Association -APTA-), en su

Sección Electrofisiología Clínica¹⁴⁷, establece una terminología general de la electroestimulación en el año 1990, donde aparece la anterior denominación. No obstante, en la actualidad existen multitud de nombres para referirse a estos procedimientos de Fisioterapia; pues, por un lado, las anteriores publicaciones no se han revisado, y por otro lado, al traducir la denominación de dichos procedimientos se ha hecho atendiendo más a los objetivos terapéuticos de los mismos que a razones como la de concretar una terminología única. Esta circunstancia redundante en la dificultad de establecer nexos de unión y comparación entre los diferentes estudios referidos a estos procedimientos.

También es necesario considerar la metodología y los procedimientos de aplicación de estas corrientes en el fortalecimiento muscular. Así, en el metaanálisis llevado a cabo por Bax et al. (2005)⁵, sobre treinta y cinco estudios en los que se estimulaba eléctricamente al músculo cuádriceps femoral, se pone de manifiesto la escasa calidad científica de los mismos. Dicha calidad de los estudios está referida a la metodología seguida y a la descripción general de los procedimientos empleados.

Otros factores que influyen en los procedimientos de fortalecimiento muscular con corrientes rectangulares bifásicas simétricas podemos agruparlos en dos bloques:

- En primer lugar están los factores extrínsecos o dependientes de la corriente y del protocolo de actuación. Con respecto a las medidas de la corriente, existen muchos estudios que describen los parámetros más

adecuados para una estimulación eficaz. No obstante, conviene destacar que dentro de todos estos estudios, la metodología seguida hace muy difícil la comparación exhaustiva y la discusión. Por ejemplo, en estudios como los realizados por Bax et al. (2005)⁵, Herrero et al. (2003)¹⁴⁸ y Herrero y García-López (2002)⁸¹, o publicaciones como la de Nelson et al.²⁰, se analizan y comparan diferentes procedimientos seguidos en los diversos estudios, con el gran problema que supone que en algunos casos ni siquiera la corriente empleada es la misma. Por otro lado, tanto los objetivos establecidos en dichos estudios como la población diana a la que se refieren también difieren en gran medida. Así, nos encontramos con estudios destinados tanto a sujetos sanos como afectados de alguna patología o lesión, y en ámbitos como la salud^{149- 153} o el deporte y la actividad física^{9, 63, 65, 81}.

- En segundo lugar están los factores de carácter intrínseco de cada individuo, como por ejemplo el grado de aprensión ante estos procedimientos, la complexión física, la edad y la sensibilidad eléctrica. Los estudios encaminados a identificar y acotar estos factores intrínsecos se aglutinan en torno a la comodidad percibida por el paciente, de forma subjetiva, ante la estimulación eléctrica. Podemos destacar aquellos estudios que identifican los parámetros más recomendables en función de la comodidad y la eficacia de la estimulación eléctrica, como Delito et al. (1992)¹⁶ y Delito y Rose (1986)¹⁹, en los cuales se estudia la relación costo / beneficio en la aplicación de estos procedimientos. Entendiendo por beneficio terapéutico el fortalecimiento muscular, y por costo el dolor que sufre el sujeto. Concluyen estos estudios que no podemos medir la incomodidad de los

sujetos, asociada al fortalecimiento muscular con una corriente eléctrica, mediante la evaluación del dolor referido sólo a la intensidad de dicha corriente, pues cada sujeto tiene una percepción individual. Baker et al. (1988)¹⁵⁴, por su parte acotan el tipo de impulso más cómodo para la estimulación del músculo cuádriceps femoral, concluyendo que el impulso rectangular bifásico simétrico es el más adecuado tanto por su efectividad como por su comodidad. Otros estudios como el de Bowman y Baker (1985)⁵⁷ señalan que los sujetos se adaptan al estímulo eléctrico de forma relativamente rápida, por lo que es necesario incrementar la intensidad necesaria para el nivel o umbral de tolerancia después de varias sesiones. En los entrenamientos seguidos mediante estos procedimientos de fortalecimiento muscular con corrientes eléctricas, según el estudio realizado por Miller y Thepuat-Mathieu (1990)¹⁵⁵, los picos máximos de fuerza se alcanzan entre la 10ª y 12ª sesión, aunque la corriente seleccionada no era rectangular bifásica simétrica. Por otro lado, Rioja et al. (1997)¹⁵⁶ apuntan también a que existen otros factores intrínsecos tales como la obesidad y la edad de los sujetos, pues el tejido adiposo aumenta la intensidad de la corriente necesaria para realizar la misma respuesta fisiológica.

2.2.3 PARÁMETROS MÁS COMUNES EN EL USO DE LA CORRIENTE RBS

La corriente más utilizada en estos procedimientos, tanto en el ámbito de la Fisioterapia y la reeducación funcional^{6, 10, 61}, como en el ámbito deportivo o extrasanitario^{54, 65, 81}, es la corriente rectangular bifásica

simétrica. Como representa la figura 9, se trata de una corriente que presenta dos fases, una positiva y otra negativa, siendo simétricas con respecto al punto de intersección con el eje horizontal. La duración del impulso, la frecuencia y la intensidad pueden ser ajustables. Existen otros parámetros importantes a establecer para que la aplicación de estos procedimientos sea segura y eficaz, como por ejemplo, la elección y colocación de los electrodos.

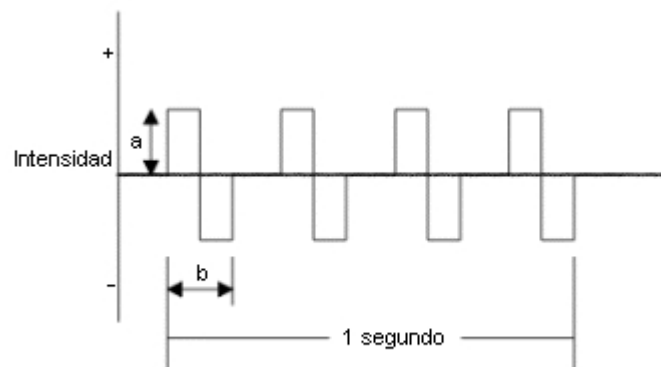


Figura 9: Características de la corriente Rectangular Bifásica Simétrica [a= intensidad del impulso (mA); b= anchura del impulso(μ seg)].
Fuente: Herrero JA (2002)⁸¹

La divulgación de esta corriente hay que atribuírsela al hecho de ser preferentemente ésta, la que los equipos portátiles de electroterapia suministran. Además de considerar, como señala Lyons et al. (2005)¹⁵⁷ en su estudio, donde compara la eficacia y comodidad entre equipos portátiles y de sobremesa, que no existen diferencias entre la comodidad del empleo de uno u otro equipo y que el beneficio terapéutico es similar. También es destacable la idoneidad que representa esta corriente por presentar escasas contraindicaciones, como nos plantea Kitchen y Bazin (2002)³⁶, y por ser una de las más cómodamente experimentadas por los sujetos.

Por otra parte, como nos indica Baker et al. (1988)¹⁵⁴ y Delito et al. (1986)¹⁹, es el tipo de impulso más recomendado para músculos grandes, como el cuádriceps femoral. No obstante, en los estudios realizados, los parámetros que definen estas corrientes, los medios de aplicación, los objetivos perseguidos y los grupos musculares sobre los que se actúa son muy dispares. En el presente estudio nos proponemos acotar los diferentes parámetros más documentados y empleados, así como uno de los procedimientos más utilizados sobre el músculo cuádriceps.

Comenzaremos por describir los parámetros de la corriente y el procedimiento de aplicación, que de forma más unánime están aceptados por la comunidad científica y por ende más empleados. Tales parámetros son:

- a. La duración de fase o duración del impulso. Diferentes estudios^{26, 54, 55}, entre los que destaca el realizado por Holcomb (1997)⁵⁵, señalan como más apropiadas para conseguir una estimulación eficaz aquellas cuyas duraciones de fase están comprendidas entre 200 y 400 microsegundos ($\mu\text{seg.}$); ya que, como nos señala Bowman y Baker (1985)⁵⁷, coincide con las cronaxias de los axones de los nervios motores estimulados. Coarasa et al. (2001)⁶ señala que duraciones de fase inferiores a 200 μseg son poco eficaces. Otros estudios^{149, 158}, como el de Gallach et al. (2005)¹⁴⁹, plantean una duración de fase de 300 μseg como la más óptima. Por último, cabe destacar que la mayoría de los equipos portátiles tienen prefijada la duración de fase en 300 μseg y no es posible su cambio. Por el contrario, en muchos equipos de sobremesa esta duración de fase es ajustable entre 50 y 400 μseg .

En el presente estudio planteamos una duración de fase de 300 μ seg, puesto que, por un lado está dentro del intervalo científicamente establecido y, por otro lado, es el que predomina en los equipos de electroterapia portátiles que suministran estas corrientes y que se emplean para el procedimiento de fortalecimiento muscular. El establecimiento de esta duración de fase nos permitirá la extrapolación de los resultados de este estudio a la mayoría de los equipos que se encuentran en el mercado, pues son principalmente equipos portátiles.

- b. La frecuencia de emisión de la corriente. La mayoría de los estudios^{62, 66, 159}, entre los que destaca el de Low y Reed (2001)⁶², proponen una frecuencia superior a 50 hercios (Hz) como la que provoca una contracción muscular más intensa y eficaz. Otros estudios como los llevados a cabo por Binder-Macleod y Guerin (1990)⁵⁹, Binder-Macleod y Zinder-Mackler (1993)⁶⁰ y Binder-Macleod y Mcdermond (1992)¹⁶⁰, describen que frecuencias más altas de 50 Hz provocan mayor fatiga en los músculos estimulados de los sujetos.

Por lo tanto es la frecuencia de 50 Hz la que proponemos en el presente estudio como la más ventajosa desde un punto de vista práctico y eficiente.

- c. La amplitud de la corriente. La intensidad de la corriente es un parámetro fundamental en los procedimientos de fortalecimiento muscular con corrientes eléctricas. En la mayoría de los estudios realizados con estas corrientes, la intensidad se eleva hasta el nivel de tolerancia de los sujetos. Sin embargo, como nos propone Bertoti

(2000)⁷, dependiendo del objetivo terapéutico perseguido, dicha intensidad se ajusta hasta el nivel de estimulación óptimo.

En estudios como los llevados a cabo por Gallach^{143, 149, 161} o Brasileiro¹⁶², se demuestra que las intensidades medias empleadas en los procedimientos de fortalecimiento muscular con corrientes eléctricas, son muy similares hacia la mitad del tratamiento tanto en la estimulación que se efectúa sobre músculos sanos y afectados.

Por tanto, en nuestro estudio utilizamos sujetos sanos y se eleva progresivamente la intensidad de la corriente para establecer dichos umbrales de percepción, a pesar de realizar sólo dos mediciones por sujeto, y no las diez que se realizan de media en este tipo de procedimientos de electroterapia.

- d. El músculo cuádriceps femoral. Es el músculo más estudiado y por ende el más estimulado eléctricamente en los procedimientos de fortalecimiento muscular con corrientes rectangulares bifásicas simétricas^{8- 12, 86, 143, 161, 163}. Estudios como el llevado a cabo por Linares et al. (2004)⁸⁶, o el de Gallach et al. (2006)¹⁴³ son un claro ejemplo de este hecho. La mayor incidencia de estudios sobre el músculo cuádriceps es atribuible a la gran exigencia o sollicitación que este músculo presenta en la reeducación y potenciación necesaria en multitud de patologías^{39, 79, 156} (de rodilla, en enfermos post-inmovilización en cama, etc.); así como en el ámbito deportivo con el fin de que el sujeto adquiriera un mayor rendimiento en su actividad física o gesto deportivo, como lo señala el estudio llevado a cabo por Vanderthommen y Criellaard (2001)¹².

En consecuencia, nos ha parecido oportuno centrar nuestro trabajo en el músculo cuádriceps femoral derecho de los sujetos.

- e. Los electrodos empleados. La elección del tamaño y naturaleza de los electrodos, como nos señalan diversos estudios^{10, 162, 164, 165}, como por ejemplo el realizado por Rioja et al. (1997)¹⁵⁶, puede ser decisiva para realizar una estimulación segura, eficaz y cómoda. Un buen contacto cutáneo y una buena conductividad son imprescindibles para una aplicación correcta. Los electrodos autoadhesivos de gel conductor se muestran idóneos, puesto que esta corriente no presenta efectos galvánicos. El tamaño de los electrodos también es importante, ya que con el objetivo de reducir la densidad de corriente (intensidad de corriente / unidad de superficie), cabría pensar que cuanto mayor sean mayor beneficio obtendremos. De hecho como nos apuntan algunos estudios^{24, 145, 166}, como por ejemplo el de Alon et al. (1994)¹⁴⁵, el tamaño de los electrodos es muy importante, ya que electrodos de gran tamaño contribuyen a conseguir mayor respuesta muscular con menor molestia para el sujeto. No obstante, esto tiene un límite, así, también este estudio nos señala que el tamaño óptimo del electrodo para la estimulación del músculo gemelo es de 20 a 25 cm². Otros autores, como Brasileiro et al. (2001)¹⁶², indican que se deben emplear electrodos de dimensiones acordes al músculo a estimular, en cuyo estudio utiliza dos electrodos de iguales dimensiones de 96 cm², para estimular al músculo cuádriceps. Por otro lado, Rioja et al. (1997)¹⁵⁶, en la estimulación del músculo cuádriceps emplea electrodos de entre 25 y 45 cm², dependiendo de si es el cátodo o el ánodo, respectivamente.

En nuestro estudio estimamos necesario emplear dos electrodos de igual tamaño de 9x5 cm (45 cm²), coincidiendo con las dimensiones anteriormente descritas por Rioja et al.¹⁵⁶, a fin de evitar diferencias de sensibilidad entre cada electrodo.

- f. El número y la colocación de los electrodos. En la mayoría de los estudios^{82, 86, 162}, se sigue un procedimiento bipolar, esto es, la colocación de dos electrodos sobre la superficie de la piel. Sin embargo, también existen estudios como el de Gallach et al. (2005)¹⁴⁹ y el de Lieber y Kelly (1991)¹⁰, que aplican tres electrodos sobre el músculo cuádriceps. La controversia entre el empleo de dos o tres electrodos para la estimulación del cuádriceps no representa un inconveniente para el presente trabajo. Consideramos que la aplicación bipolar está suficientemente contrastada y presenta una mayor facilidad de reproducción. Con respecto a la ubicación de los electrodos, algunos autores^{36, 167}, nos recomiendan que se sitúen en los puntos motores musculares, definidos como los puntos en la superficie de la piel, que permiten una contracción muscular con la menor intensidad de corriente. La localización de dichos puntos motores se suele encontrar en el vientre muscular, en su tercio superior o proximal. No obstante, la ubicación de los puntos motores no es exacta sino que se localizan a modo de guía y por ende la colocación de los electrodos debe realizarse siguiendo criterios de eficacia y comodidad del individuo. Además, como nos señala Patterson y Lockwood (1991, 1993)^{164, 165}, la localización de dichos puntos motores en el músculo cuádriceps femoral es muy variable. No obstante, con relación al estudio de los niveles de percepción con

corrientes rectangulares bifásicas simétricas, la colocación de los electrodos, como señala Bergman et al. (2001)¹⁶⁸, no es tan importante en la comodidad percibida por el sujeto, ya que son otros factores, descritos anteriormente, los que tienen mayor efecto en la percepción del individuo.

Por consiguiente, en nuestro trabajo se emplean dos electrodos que se colocan de forma longitudinal, uno situado en el tercio superior o proximal y otro en el tercio inferior o distal del vientre muscular del cuádriceps derecho; esto es, en la cara anterior del muslo derecho. Y más concretamente, a 10 y 25 cm del borde superior de la rótula. Esta ubicación permite la reproducción exacta del estudio, por cualquier investigador.

2.3 ASPECTOS ÉTICOS

2.3.1 EL CONSENTIMIENTO INFORMADO

La teoría del Consentimiento Informado se desarrolló en el contexto del movimiento de reivindicación de los derechos civiles que se inició a finales de la II Guerra Mundial y que tiene su auge en las décadas de los años sesenta y setenta¹⁶⁹. Esto, junto con el rápido desarrollo de la medicina, impulsa la reivindicación de las cartas de derechos de los enfermos, de los que el más importante, según Simón y Concheiro (1993)¹⁶⁹, es precisamente el derecho al *consentimiento informado*, que tiene su punto de partida más inmediato en el Código de Nüremberg¹⁷⁰.

Posteriormente y ante la necesidad de dotar a la bioética de unos principios se crea el Informe Belmont¹⁷¹, el cual fue redactado por la National Commission for the Protection of Human Subjects of Biomedical and Behavioral Research, creada en 1974 por el gobierno norteamericano¹⁷². Los principios que inicialmente establece el Informe Belmont en 1978 son tres: beneficencia, respeto por las personas y justicia¹⁷³. Beauchamp y Childress¹⁷⁴, en 1979, proponen cuatro principios: beneficencia, no maleficencia, autonomía y justicia. Los principios de beneficencia y no maleficencia configuran el ideal de favorecer, o al menos no perjudicar. El principio de autonomía, hace referencia a la capacidad del sujeto de tomar libremente sus decisiones. Y el principio de justicia, hace referencia a las obligaciones de no discriminación, trato igualitario, acceso equitativo a los recursos, etc¹⁷⁵.

En España, el artículo 10 de la Ley General de Sanidad¹⁷⁶ de 1986 establece una serie de derechos, entre los que se podrían destacar el derecho al respeto a la dignidad de las personas y el derecho a la información, que recogen las exigencias del principialismo bioético.

Las intervenciones sanitarias sujetas a la conformidad previa del individuo o paciente mediante consentimiento informado, no afectan sólo a actuaciones de diagnóstico y tratamiento, sino que incluyen también la investigación. Así queda recogido en la Declaración del Helsinki¹⁷⁷ de 1964, revisada por última vez en el año 2004. En dicha declaración de Helsinki aparece: *“Al obtener el consentimiento informado para el proyecto de investigación, el médico debe ser especialmente prudente cuando el participante está vinculado con él por una relación de dependencia o si se puede conseguir bajo coacción. En un caso así, el consentimiento informado debe ser obtenido por un médico bien informado, que no intervienga en la investigación y que carezca por completo de esta relación”* (Principio 23)¹⁷⁸. Si en el lugar de *médico* hacemos extensible todo lo anterior a cualquier investigador en el ámbito de las Ciencias de la Salud, encontramos que estamos obligados a respetar este principio.

Como defiende Simón (1999)¹⁷², el consentimiento informado es una obligación ético-jurídica correlativa al derecho de los pacientes a que se respete su autonomía, cuyo fundamento ético básico es el principio de no maleficencia. Por ello, en nuestro estudio, hemos tenido muy en cuenta el respeto a la voluntariedad de los sujetos a participar en el mismo. Sirva como ejemplo que el número de alumnos matriculados de la Diplomatura

en Fisioterapia de la Escuela Universitaria de Ciencias de la Salud, suman más de 300 por curso, y el número de sujetos de la muestra para el presente estudio es de tan sólo 208 a lo largo de tres cursos académicos.

Otros documentos relacionados con los aspectos éticos de la investigación, que hemos tenido en cuenta a la hora de redactar el Consentimiento Informado son:

- ⊕ El Convenio de Oviedo (4 de abril de 1997) sobre los Derechos Humanos y la Biomedicina, ratificado el 23 de julio de 1999 (BOE 251 de 20 de octubre de 1999), y adoptado por el Consejo de Europa. En su capítulo dos, dedicado al consentimiento libre e informado para participar en un experimento. Y en su capítulo tres, sobre el derecho al respeto y a la protección de la vida privada.

- ⊕ Ley Orgánica 15/1999 de Protección de Datos de Carácter Personal: En ella se desarrollan las normas para la adecuada protección de los datos personales, en especial los sensibles, como por ejemplo la edad, o los relativos al estado de salud.

- ⊕ Ley 41/2002, de 14 de noviembre, básica reguladora de la autonomía del paciente: En su artículo 8 habla del Consentimiento Informado.

- ⊕ Código Deontológico de la Fisioterapia del Ilustre Colegio Profesional de Fisioterapeutas de Andalucía¹⁷⁹; aprobado por la

Asamblea General de Colegiados en Sevilla a 15 de Diciembre del año 2001.

Por último, deseamos expresar que el presente estudio fue sometido a evaluación por parte del Comité Ético de Experimentación de la Universidad de Sevilla, con el fin de establecer si dicho trabajo se ajusta a las normativas vigentes en España y en la Unión Europea, así como a los principios éticos que deben regular cualquier investigación con seres humanos. Dicho Comité valoró favorablemente la presente investigación (anexo 10.1).

3 OBJETIVOS

3 OBJETIVOS DEL ESTUDIO

La obtención de medidas válidas y fiables de las reacciones psicofísicas inducidas por procedimientos de electroterapia sustenta la generación de un conocimiento exhaustivo y especializado en el tratamiento de patologías, así como en otras aplicaciones deportivas y estéticas. Con la obtención de dichas medidas, las prácticas y procedimientos de Fisioterapia apoyados en la electroterapia, presentan una mayor eficacia y seguridad, además de servir de base para otras investigaciones con estas corrientes. Con esta premisa nos planteamos los siguientes objetivos.

1. Construir una escala psicofísica que ponga en relación la intensidad del estímulo eléctrico de las corrientes rectangulares bifásicas simétricas en los procedimientos de fortalecimiento muscular con los niveles de percepción subjetiva que hemos denominado: nivel de sensibilidad, nivel de contracción y nivel de tolerancia.
2. Establecer los rangos óptimos de estimulación según los niveles perceptivos con las corrientes rectangulares bifásicas simétricas con la idea de ofrecer orientaciones para la práctica clínica y para la fabricación de aparatos suministradores de estas corrientes.

3. Fundamentar teórica y empíricamente una línea de investigación específica sobre las corrientes rectangulares bifásicas simétricas y su aplicación en la clínica.
4. Validar y proponer un procedimiento de actuación para la medición psicofísica en la investigación en Electroterapia.
5. Construir, validar y aplicar una escala de aprensión psicológica personal (EAPP) como un instrumento para medir la posible incidencia de la variable aprensión psicológica –neuroticismo- (factor N de Eynseck) de los sujetos muestrales.

4 MATERIAL Y MÉTODO

4 MATERIAL Y MÉTODO

4.1 TIPO DE DISEÑO

En este estudio, se aplica un diseño experimental de la medida (con corrientes rectangulares bifásicas simétricas), con el objeto de construir una escala psicofísica que nos permita identificar y describir la distribución de los niveles o umbrales de sensibilidad, contracción y tolerancia de los sujetos, caracterizado por la asignación aleatoria de los sujetos a las condiciones experimentales. Concretamente, se trata de un diseño de dos factores inter-intrasujetos con medidas repetidas cuyo orden de asignación se realiza al azar sistemático¹⁸⁰, según el orden de inclusión de los individuos en la muestra. Por lo tanto, se configuran dos grupos experimentales al azar sistemático, donde cada sujeto es examinado en dos ocasiones y por dos experimentadores diferentes, en primer y segundo lugar. El grupo experimental primero está conformado por los sujetos impares en el orden de entrada en la investigación y les corresponde el tratamiento experimental para la obtención de las medidas repetidas en el cual el experimentador 1 (M. Albornoz) realiza la primera exploración de los tres niveles de percepción (nivel de sensibilidad, contracción y tolerancia: X_1 , X_2 , X_3); y el experimentador 2 (J. Maya) la segunda exploración. El segundo grupo experimental, conformado por los sujetos pares en el orden de entrada en la muestra de la investigación, sigue el tratamiento experimental para la obtención de las medidas repetidas en el cual el experimentador 2 realiza la primera exploración de los tres niveles perceptivos y el experimentador 1 la segunda.

Como nos señala Arnal et al. (1994)¹⁸¹, en este tipo de diseños es importante el orden de exploración, pues los valores de la medición pueden depender de la secuencia seguida en la aplicación de dicha exploración. Estos autores recomiendan aleatorizar el orden de aplicación de la exploración o, como hemos hecho en nuestro estudio, emplear un contrabalanceo entre dos experimentadores. El diseño seguido puede observarse en el cuadro subsiguiente (cuadro 4.1).

GRUPO	Nº DE SUJETOS	EXPERIMENTADOR		EXPLORACIÓN	MEDICIÓN
		1º- M. Albornoz	2º- J. Maya		
1	n	1ª Exploración	2ª Expl.	a ₁ , a ₂ , a ₃	X ₁ , X ₂ , X ₃
2	n	2ª Exploración	1ª Expl.	a ₁ , a ₂ , a ₃	X ₁ , X ₂ , X ₃

Cuadro 4.1: Representación del tipo de diseño.

Fuente: Elaboración propia.

Este diseño experimental inter-intrasujetos con 2 medidas repetidas de cada nivel perceptivo (nivel de sensibilidad, contracción y tolerancia), permite estudiar la calidad de dichas medidas: validez y fiabilidad, descartando experimentalmente la posible influencia sistemática del procedimiento de medida o de los experimentadores en la obtención de las mismas.

Para llegar a desarrollar el objetivo principal de este estudio de investigación, previamente se realizan otros estudios de carácter técnico sobre los procedimientos de recogida y tratamiento de la información científica. Estos estudios metodológicos implican asegurar la validez y fiabilidad de los resultados de nuestra investigación principal¹⁸².

Añadido a este nivel experimental del estudio, se ha desarrollado una medida paralela de carácter psicológico, que hemos denominado aprensión psicológica personal (neuroticismo o factor N de Eysenck), sobre todos los sujetos experimentales con el fin de valorar la calidad y confiabilidad de sus autovaloraciones en el proceso experimental de obtención de medidas antes expuesto. Esta faceta del estudio tiene un diseño de carácter correlacional, en tanto se ha construido, validado y diagnosticado un cuestionario a modo de escala tipo Likert, de elaboración propia, denominado EAPP¹³⁸, con el que hemos constatado la idoneidad de los sujetos muestrales del estudio respecto de esta variable. Este control de variables extrañas a la investigación redundará en el reconocimiento de la calidad de las medidas obtenidas en el estudio.

Finalmente, el último paso de la investigación se plantea desde una perspectiva descriptiva de los niveles de medida obtenidos experimentalmente; es decir, que implica la descripción y exploración estadística de la escala psicofísica para su divulgación y aplicación en el ámbito asistencial de Fisioterapia.

4.2 VARIABLES DEL ESTUDIO

Según su naturaleza en la investigación, organizamos la descripción y el análisis de las variables de este estudio experimental en tres grupos: variables de intervención fisioterapéutica, variables de medición y variables extrañas.

4.2.1 VARIABLES DE INTERVENCIÓN FISIOTERAPÉUTICA

Constituyen un grupo de tres variables de medida cuantitativa, y de carácter psicofísico, pues relaciona el estímulo eléctrico y la percepción del sujeto.

Este grupo de variables se recogen mediante el Cuestionario de Percepción (C.P.), que se encuentra en toda su extensión en el anexo 10.5, para, tras su análisis estadístico y posterior discusión, construir una escala psicofísica de los niveles de percepción de las corrientes rectangulares bifásicas simétricas. La medición de estas variables, como muestra la foto 4.2.1, genera valores sobre los que podemos operar con cualquier tipo de estadístico paramétrico.

Las variables que componen este grupo son:

- 1) NIVEL DE SENSIBILIDAD.
- 2) NIVEL DE CONTRACCIÓN.
- 3) NIVEL DE TOLERANCIA.

Para obtener las variables nivel de sensibilidad y nivel de tolerancia combinamos un procedimiento de medición mediante el aparato de electroterapia ENDOMED 982, que nos ofrece el valor de la variable (intensidad de la corriente) en medida cuantitativa de razón; junto con la respuesta personal de los sujetos que determinan el valor de sensibilidad y de tolerancia, según su auto-percepción, cuando éstos perciben levemente la corriente y cuando no soportan la intensidad de la misma, respectivamente.

La variable nivel de contracción se obtiene combinando un procedimiento de medición mediante el aparato de electroterapia ENDOMED 982, junto con la observación, por parte del examinador, de la contracción del músculo cuádriceps derecho, evidenciándose en la retracción de la rótula de los sujetos.



Foto 4.2.1: Medición de los niveles de percepción.
Fuente: Elaboración propia.

4.2.2 VARIABLES DE MEDICIÓN

Este grupo de variables permite la descripción de la muestra y el conocimiento de posibles relaciones de las características de los sujetos muestrales con respecto a los umbrales de percepción con corrientes rectangulares bifásicas simétricas. Estas variables las recogemos mediante un cuestionario instrumentalizado “ad hoc” que hemos denominado Cuestionario de Afiliación (C. A.) (anexo 10.3), con el objeto de obtener los datos de cada sujeto experimental.

Las variables que integran este grupo son las siguientes:

- 1) EDAD.
- 2) SEXO.
- 3) PESO.
- 4) TALLA.
- 5) ÍNDICE DE MASA CORPORAL (IMC)
- 6) PERÍMETROS MUSCULARES.

Estas variables son cuantitativas de razón, salvo la variable sexo que es nominal dicotómica, y la variable índice de masa corporal (IMC) que es de intervalo continuo.

La variable ÍNDICE DE MASA CORPORAL (IMC) ó Índice de Quetelet, resulta de la operación de las variables peso (expresado en kilogramos) y talla (expresada en metros), y aplicando la siguiente fórmula:

$$IMC = \frac{PESO}{TALLA^2}$$

Esta variable, que por su naturaleza es de intervalo continuo, se acota en cuatro rangos para el estudio: delgados, normales, gordos y obesos, como muestra el cuadro 4.2.2. Los intervalos de los diferentes rangos son los siguientes: el intervalo de delgados es [$<18,5$ ó <20], según sean mujeres u hombres, el intervalo de normalidad se sitúa entre 18,5 y 25 para las mujeres, y entre 20 y 25 para los hombres, el intervalo de gordos o con sobrepeso [25-30], y finalmente, el intervalo de obesos (>30)¹⁸³. Estos intervalos generan datos de tipo ordinal sobre los que se

puede aplicar estadística no paramétrica. También son útiles para conocer el grado de normalidad de los sujetos, con respecto a su estado físico.

	DELGADOS	NORMALES	GORDOS	OBESOS
HOMBRES	< 20	20-25	25-30	> 30
MUJERES	< 18,5	18,5-25		

Cuadro 4.2.2: Intervalos del IMC.

4.2.3 VARIABLES EXTRAÑAS

Este conjunto de variables las recogemos con la perspectiva de señalar las características de los sujetos integrantes de la muestra, con el objeto de identificar individuos que no cumplan con los criterios de inclusión y los protocolos de medición de las variables de intervención fisioterapéutica, a fin de controlar las medidas obtenidas en cuanto a su validez y fiabilidad, para su posterior análisis estadístico y discusión con respecto a la escala psicofísica de los niveles o umbrales de percepción.

Las variables que forman este grupo son:

- 1) CONCORDANCIA INTER-EXAMINADOR.
- 2) GRADO DE APRENSIÓN PSICOLÓGICA.
- 3) FISIOTERAPIA ANTES.
- 4) TIPOS DE TRATAMIENTO FISIOTERAPÉUTICO.
- 5) LESIÓN ANTERIOR EN MUSLO DERECHO.
- 6) RECIBIR TRATAMIENTO ACTUALMENTE.
- 7) TIPO DE TRATAMIENTO RECIBIDO.
- 8) MOVILIDAD PERSONAL

Las variables grado de aprensión psicológica y movilidad personal son de carácter ordinal, siendo las restantes de tipo nominal.

La variable concordancia inter-examinador es una variable que se obtiene en base al orden de la exploración y el examinador que realiza el procedimiento de medición y que se recogen en el Cuestionario de Percepción (anexo 10.5), con el objeto de conocer el grado de concordancia del protocolo de medición seguido. Esta variable nos permite conocer la calidad del procedimiento experimental de toma de medidas en el Laboratorio de Electroterapia.

La variable grado de aprensión psicológica se registra mediante un cuestionario confeccionado y validado a tal efecto, que hemos denominado Escala de Aprensión Psicológica Personal (EAPP) (anexo 10.4), que se articula mediante una escala Likert o sumativa basada en el auto-posicionamiento de los sujetos.

El conjunto de variables: fisioterapia antes, tipo de tratamiento fisioterapéutico, lesión anterior en muslo derecho, recibir tratamiento actualmente y tipo de tratamiento recibido nos sirve para conocer el estado de salud y la experiencia del sujeto ante la aplicación de la corriente eléctrica.

La variable movilidad personal la hemos recogido para conocer el grado de movilidad y por ende de desarrollo de la musculatura de los sujetos.

4.3 POBLACIÓN Y MUESTREO DEL ESTUDIO

El empleo de equipos de electroterapia que suministran la corriente rectangular bifásica simétrica para el fortalecimiento muscular, por parte de profesionales de la salud, de otros ámbitos (deportivo, estético) y de usuarios en general, así como, los beneficiarios de estos procedimientos de electroterapia, hacen que el tamaño de la población diana a la cual se hace extensible este estudio de investigación sea difícilmente calculable. Nosotros nos circunscribimos a sujetos sanos y normales de ambos sexos y comprendidos en el intervalo de edad de 18 a 35 años. Consideramos este intervalo de edad el más representativo, ya que, por una parte, son los individuos más asiduos al uso de estos procedimientos de forma particular, como se determina en el estudio llevado a cabo por Bowman y Baker (1985)⁵⁷. Y por otra parte, representa al grupo de adultos jóvenes de ambos sexos que, como nos señala Linares et al. (2004)⁸⁶, coincide con el intervalo de edad de la mayoría de los grupos de población de los estudios llevados a cabo con estas corrientes.

Los sujetos muestrales proceden de dos fuentes. De un lado, individuos voluntarios sanos y normales de ambos sexos procedentes de estudiantes de la Diplomatura en Fisioterapia de la Universidad de Sevilla durante los cursos académicos 2003-2004, 2004-2005 y 2005-2006. Y de otro lado, todos los sujetos voluntarios que accedieron a participar en el presente estudio tras reunir los criterios de inclusión.

4.3.1 DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

La muestra de este trabajo está constituida por 900 mediciones de los niveles de percepción, obtenidas de 150 sujetos, de los cuales 93 son mujeres y 57 son hombres. La edad media es de 20,3 años con una desviación típica de 3,5.

Sin embargo, el montante de la muestra inicial fue de 1248 medidas, tomadas de 208 individuos, de los cuales 128 fueron mujeres y 80 hombres, con una edad media de 20,6 años y una desviación típica de 3,7. Los sujetos que tras el proceso de medida presentaban algún criterio de exclusión (58 casos) fueron eliminados del presente estudio; y con ellos, las medidas de percepción psicofísica que con ellos se elaboraron (348 medidas).

Por lo tanto, la configuración de la muestra es de 150 individuos sobre los que se pueden obtener todas las variables de estudio que se han previsto, en dos grupos de trabajo. Para el establecimiento de los diferentes niveles de percepción dividimos las 900 medidas en 450 medidas de primera exploración y 450 medidas de segunda exploración. Además se han creado tres subgrupos que corresponden a los niveles de sensibilidad, de contracción y de tolerancia. Cada subgrupo de percepción cuenta con 300 medidas, obtenidas de los 150 sujetos muestrales; pues, cada sujeto es explorado en dos ocasiones consecutivas por examinadores diferentes, alternando el orden de asignación a cada examinador.

Esta doble medición de los sujetos nos permite conocer la concordancia entre los dos examinadores en el procedimiento de medición y servir de control de la calidad de las medidas obtenidas.

4.3.2 CRITERIOS DE INCLUSIÓN Y EXCLUSIÓN

Los criterios de inclusión que hemos considerado apropiados son los siguientes:

- Tener una edad comprendida entre los 18 y los 35 años de edad.
- No padecer ninguna alteración morfológica ni funcional en el músculo cuádriceps derecho.
- No presentar ninguna contraindicación para el empleo de corrientes rectangulares bifásicas simétricas.
- No alcanzar una puntuación superior al valor 45 en la Escala de Aprensión Psicológica Personal (EAPP).

Por consiguiente, los criterios de exclusión son los siguientes:

- Tener edades inferiores a 18 años o superiores a 35 años.
- Padecer alguna alteración morfo-funcional del músculo cuádriceps derecho.
- Sufrir alguna enfermedad que contraindique el empleo de corrientes rectangulares bifásicas simétricas.
- Alcanzar una puntuación superior al valor 45 en la Escala de Aprensión Psicológica Personal (EAPP).

4.3.3 CÁLCULOS SOBRE EL TAMAÑO DE LA MUESTRA: EL ERROR MUESTRAL

El error muestral lo hemos calculado en base a las medidas de percepción. Desde una posición conservadora que implica situarse en la peor de las opciones muestrales, ésta corresponde con la mayor varianza observada de entre las variables que constituyen la clave del estudio. En nuestro caso, ello corresponde con la varianza de la variable: nivel de tolerancia, de la primera medición. Esta variable es cuantitativa de razón y se distribuye normalmente como se muestra en el cuadro 4.3.3.a.

NIVEL DE TOLERANCIA 1ª MEDICIÓN		
Parámetros normales	Media	42,440
	Varianza	52,330
Z de Kolmogorov-Smirnov		,950
Sig. asintót. (bilateral)		,327

Cuadro 4.3.3.a: Parámetros para el cálculo del tamaño de la muestra.

Fuente: Elaboración propia.

El cuadro 4.3.3.a expresa el resultado de la prueba de hipótesis realizada mediante el estadístico de Kolmogorov-Smirnov para una muestra y el caso de su comparación con la distribución teórica normal. En este caso la hipótesis nula (H_0) refleja la similitud de nuestros datos empíricos con la distribución teórica normal. Como se observa, no se puede rechazar la hipótesis con un nivel de significación de 0,327, para $p < 0,05$. En definitiva la distribución empírica puede considerarse normal, y su varianza (52,330) nos sirve de base para el cálculo del error muestral. Otros aspectos a considerar son el nivel de confianza de 2σ (σ (sigma) (igual al 95,5%) y distancia estandarizada de 1,96.

Aplicando la fórmula que nos propone Sierra Bravo¹⁸⁴, para el cálculo de la muestra (n):

$$n = \frac{Z^2 * s^2}{e^2}$$

Donde: **n**: es el tamaño de la muestra.

Z: es el nivel de significación que en nuestro caso es de 2σ ó **1,96**.

S²: es la desviación típica al cuadrado o la varianza.

e: es el error muestral. En el caso de un nivel de confianza de 2σ hay que multiplicar por 2 el resultado obtenido.

Al despejar el **error muestral (e)**, la fórmula queda de la siguiente forma:

$$e = \sqrt{\frac{s^2}{n}}$$

En nuestro estudio, encontramos que ha sido posible obtener un grupo muestral de 900 medidas válidas y fiables en el Laboratorio de Electroterapia, que corresponde con el tamaño de la muestra del estudio. Por otro lado, la estimación de la varianza en la peor de las situaciones es pequeña (52,33), como refleja el cuadro 4.3.3.a. En consecuencia nuestro **error de muestreo** también es muy pequeño: **0,48 mA**.

Con el fin de explicar más detalladamente el error muestral de cada nivel de percepción, aplicamos la anterior fórmula a las varianzas obtenidas en el proceso de medición para las 300 medidas recogidas. Como refleja el cuadro 4.3.3.b, los errores muestrales de cada nivel perceptivo, teniendo en cuenta un nivel de confianza del 95,5% y distancia

estandarizada de 1,96, son: para el nivel de sensibilidad de 0,27 mA, para el nivel de contracción de 0,66 mA y para el nivel de tolerancia de 0,80 mA.

ERRORES MUESTRALES			
	N. de Sensibilidad	N. de Contracción	N. de Tolerancia
VARIANZA	5,697	33,847	50,297
ERROR MUESTRAL	0,27	0,66	0,80

Cuadro 4.3.3.b: Errores muestrales de cada nivel de percepción.

Fuente: Elaboración propia.

4.4 TRABAJO DE CAMPO Y RECOGIDA DE DATOS: MATERIAL Y PROCESO

Al inicio de nuestro trabajo de campo, y como requisito previo indispensable para su inclusión en la muestra del estudio, presentamos a cada sujeto el modelo de Consentimiento Informado, ofreciéndole toda clase de explicaciones y solicitando su aceptación mediante la firma del documento.

Dicho documento, que puede verse en toda su extensión en el anexo 10.2, consta de dos partes bien diferenciadas. En la primera parte se hace referencia a la información general sobre el presente estudio. En la segunda parte, se consignan los datos del sujeto y su autorización para que se le practiquen los procedimientos anteriormente explicados por el investigador principal o por los ayudantes que se precisen. Igualmente se

deja constancia de que el sujeto se puede retirar del estudio en el instante que lo desee sin explicación previa.


4.4.1 INSTRUMENTOS DE RECOGIDA DE DATOS Y EQUIPAMIENTO

En el proceso de trabajo de laboratorio empleamos los siguientes instrumentos de recogida de datos: el Cuestionario de Afiliación, la Escala de Aprensión Psicológica Personal y el Cuestionario de Percepción. Con respecto al equipamiento de Fisioterapia, empleamos: un aparato de electroterapia, una camilla y unos electrodos auto-adhesivos.

Comenzamos, en primer lugar, con la descripción y el análisis de los diferentes instrumentos de recogida de datos, en el orden cronológico en el que los hemos presentado a los sujetos muestrales. En segundo lugar, describimos el equipamiento de Fisioterapia empleado en el procedimiento de medición.

4.4.1.1 CUESTIONARIO DE AFILIACIÓN

El Cuestionario de Afiliación puede observarse en toda su extensión en el anexo 10.3. El mismo lo rellenan los propios individuos que tras dar su Consentimiento Informado, nos aporta a modo de historia clínica, la información más relevante concerniente a:

 **Datos personales o de afiliación.** Los cuales serán junto con todos los demás cuestionarios mantenidos en el más absoluto proceso de

protección. Para ello se le asigna a cada sujeto un número de expediente que será el que figure en todos sus cuestionarios y por el cual se le identifique a lo largo de toda la investigación.

☀ **Datos físicos.** Los cuales contendrán información referente al peso y a la altura de cada individuo; para la posterior realización del cálculo de su índice de masa corporal (IMC). Además, se efectúa la medición de los dos perímetros musculares del muslo derecho de cada sujeto, mediante el procedimiento de medida que posteriormente describimos.

☀ **Datos clínicos.** Estos datos están referidos a posibles contraindicaciones de la aplicación de la corriente rectangular bifásica simétrica. También están relacionados con posibles actuaciones fisioterapéuticas anteriores; así como, de su experiencia previa, si la hubiese. Además preguntamos por posibles tratamientos que estén recibiendo en el momento de realización del estudio y que pudieran influir en la percepción normal de dichas corrientes.

☀ **Movilidad personal.** Estos datos nos permiten conocer el grado de movilidad y por ende de desarrollo de la musculatura de los sujetos.

4.4.1.2 ESCALA DE APRENSIÓN PSICOLÓGICA PERSONAL (EAPP)

El cuestionario completo de la Escala de Aprensión Psicológica Personal (EAPP)¹³⁸ se encuentra en el anexo 10.4. Esta escala persigue

conocer el grado de aprensión psicológica de los participantes. Dicho cuestionario o escala está compuesta de 15 ítems que los individuos deben responder desde un auto-posicionamiento. La escala está enmarcada dentro de las denominadas escalas tipo Likert¹³⁷ o sumativas. Este tipo de escalas presenta una serie de ventajas, como hemos comentado, entre las que destaca su facilidad de realización y su rapidez de corrección.

4.4.1.3 CUESTIONARIO DE PERCEPCIÓN

Este cuestionario se encuentra en toda su extensión en el anexo 10.5. En el cual, a modo de ficha de registro de cada sujeto, es donde recogemos las medidas de los niveles de percepción obtenidas de los individuos. En el mismo se recoge a su vez el nombre del examinador y el orden de la experimentación. Este cuestionario lo confecciona cada examinador, siguiendo el proceso detallado en el diseño del estudio, apartado 4.1.

4.4.1.4 EQUIPO DE ELECTROTERAPIA

Como hemos mencionado en varias ocasiones, en el estudio realizado por Lyons et al. (2005)¹⁵⁷, se compara la eficacia de los equipos portátiles frente a los de consola o sobremesa, concluyendo que no existen diferencias significativas entre la eficacia de unos y otros. Por ello, en el presente estudio hemos optado por el empleo de un equipo de sobremesa, ya que, por un lado nos aporta la corriente rectangular bifásica simétrica, con la posibilidad de variar los parámetros a, b, y c, descritos en el apartado 2.2.3; y, por otro lado, nos aporta un amperímetro digital que nos permite elevar la intensidad de la corriente de forma progresiva y con una

precisión de 0,5 miliamperios (mA). El aparato de electroterapia utilizado es el ENDOMED 982®, de la marca comercial ENRAF NONIUS, como se muestra en la figura 4.4.1.4. Este aparato es revisado anualmente por la unidad técnica de la propia compañía en su delegación de Sevilla, y cumple con la normativa internacional de seguridad: IEC 601-1 y IEC 601-2-10.



Figura 4.4.1.4: Aparato ENDOMED 982.
Fuente: <http://www.enraf.es/productos>¹⁸⁵

4.4.1.5 MATERIAL DE APOYO

El material de apoyo que hemos empleado es el que a continuación enunciamos:

□ Electrodos autoadhesivos, marca En-Trode® de 9x5 cm, fabricados a partir de goma de silicona, cargados eléctricamente con carbón negro conductor y gel autoadhesivo. Este tipo de electrodos presenta muy pocas irritaciones o reacciones alérgicas¹⁸⁶. Como puede observarse en la figura 4.4.1.5, las esquinas del electrodo son redondeadas para evitar el aumento de concentración de campo eléctrico y por tanto de

la densidad de la corriente en los bordes angulosos⁴¹. Una de las principales ventajas de emplear electrodos autoadhesivos es su fijación y la distribución homogénea del mismo sobre la piel del paciente, aunque no sea una zona plana. En nuestro estudio, la colocación de los electrodos sobre la cara anterior del muslo derecho hace que sean los electrodos autoadhesivos los más idóneos.



Figura 4.4.1.5: Forma de los electrodos autoadhesivos.

Fuente: Elaboración propia.

❑ Una cinta métrica inextensible marca Holtain® con una precisión de 1 mm.

❑ Una camilla hidráulica. Esta camilla la utilizamos a modo de mesa de tratamiento. Por las características que presenta: diferentes planos abatibles, posibilidad de regularse en altura, etc., nos parece idónea para realizar todos los procedimientos posteriormente descritos y que precisan colocar al sujeto en decúbito supino.

4.4.2 PROCESO DE OBTENCIÓN DE DATOS

El proceso de recogida de datos presenta una planificación previa de creación de técnicas e instrumentos que nos posibiliten tal fin. Para el empleo de alguno de los instrumentos de recogida de datos hemos

realizado un estudio piloto previo, como es el caso de la Escala de Aprensión Psicológica Personal, con el objeto de validar su contenido. En otros, hemos consultado la bibliografía al respecto y hemos recogido la experiencia de otros estudios, como es el Cuestionario de Afiliación. A continuación presentamos el proceso general de trabajo que hemos seguido.

4.4.2.1 RECOGIDA DE INFORMACIÓN

4.4.2.1.1 Implementación del Cuestionario de Afiliación.

El Cuestionario de Afiliación (C. A.) que se muestra en el anexo 10.3, es el documento que nos sirve a modo de historia clínica, para confeccionar el perfil de cada individuo experimental con respecto a su estado de salud y sus hábitos de vida. La explicación sobre la forma de implementar el Cuestionario de Afiliación, la hacemos en grupo, e insistimos en que toda la información será tratada con el mayor rigor y seriedad. La realización del mismo es individual. Les aclaramos todas las dudas que se les plantean en su elaboración. Algunos de los apartados, como por ejemplo el Índice de Masa Corporal (IMC) o la medición de los perímetros musculares, quedan sin responder a expensas de realizar la exploración física por parte de los experimentadores.

4.4.2.1.3 Aplicación de la EAPP.

La Escala de Aprensión Psicológica Personal (EAPP), que se encuentra en el anexo 10.4, es cumplimentada de forma individual y

privada, por cada sujeto. Para mantener la confidencialidad de los individuos la señalamos con el número de expediente a cada uno. Inicialmente le explicamos a cada participante el sentido de la escala y le pedimos la mayor colaboración y sinceridad en sus respuestas. En todo momento estamos atentos a cuantas aclaraciones precisen, con respecto a los ítems o lo que necesiten saber de la investigación.

4.4.2.2 SITUACIÓN EXPERIMENTAL

La fase de experimentación de esta investigación la desarrollamos entre los cursos académicos 2003-2004 y 2005-2006, diferenciándose en este periodo dos situaciones experimentales en cada sujeto, una correspondiente a la realizada por uno de los dos examinadores y la otra por parte del otro examinador. El desarrollo de esta etapa de la investigación se realiza en el Laboratorio de Electroterapia de la E. U. de Ciencias de la Salud de la Universidad de Sevilla, situado en el edificio del Centro Docente de Fisioterapia y Podología en la calle Avicena s/n de Sevilla. A continuación describimos los procedimientos de medición que hemos utilizado.

4.4.2.2.1 Medición de los Perímetros Musculares:

La medición de los perímetros musculares se realiza en el muslo derecho, mediante una cinta métrica inextensible marca Holtain®. Dicha medida la obtenemos en los puntos situados en la cara anterior del muslo derecho, a 10 y 25 centímetros del borde superior de la rótula, con el

miembro inferior en relajación y extensión completa, como se aprecia en la foto 4.4.2.2.1. Repetimos este procedimiento con cada individuo, registrando cada valor en el Cuestionario de Afiliación.



Foto 4.4.2.2.1: Colocación de los puntos para la medición de los perímetros musculares.

Fuente: Elaboración propia.

4.4.2.2.2 Medición de los Niveles de Percepción:

La medición de los niveles de percepción de los sujetos se efectúa en dos ocasiones por parte de dos examinadores de forma aleatoria en primer y segundo lugar. La exploración la realizamos en la cara anterior del muslo derecho, sobre el músculo cuádriceps femoral. Empleamos el equipo de electroterapia ENDOMED 982, con corriente de entrada de la red general, y de salida la corriente rectangular bifásica simétrica de 0,3 mseg de duración de fase, 50 Hz de frecuencia y en la técnica bipolar. Los dos electrodos utilizados son autoadhesivos de 9x5 cm (45 cm²) de

dimensión, cada uno. La colocación de los mismos, es en la cara anterior del muslo derecho, a 10 y 25 cm del borde superior de la rótula, respectivamente, como muestra la foto 4.4.2.2.2.



Foto 4.4.2.2.2: Colocación de electrodos.

Fuente: Elaboración propia.

Indicamos a cada individuo el procedimiento que vamos a realizar y pedimos su colaboración. Tanto el aumento como la disminución de la intensidad de la corriente, se realiza de forma lenta, para evitar sensaciones de incomodidad, principalmente en la apertura brusca del circuito o periodo de apertura. Cada nivel de percepción de la corriente lo exploramos por separado y dando tiempo entre cada uno de ellos, para que el sujeto descanse, con la intensidad de la corriente a cero, por un intervalo mínimo de un minuto. Los valores obtenidos los anotamos en el cuestionario de percepción (anexo 10.5).

El procedimiento de medición de los niveles de percepción lo efectuamos en un ambiente relajado, donde controlamos la posibilidad de interferencia de otros factores, a modo de ruido, como por ejemplo la temperatura de la sala, la intimidad, el pudor de los sujetos, etc.

La descripción de cada nivel perceptivo es la siguiente:

- Nivel de Sensibilidad: Es el primer nivel perceptivo y lo examinamos elevando progresivamente la intensidad de la corriente, expresada en miliamperios (mA), hasta que el sujeto refiere que percibe el paso de la corriente por su cuerpo.

- Nivel de Contracción: Es el segundo nivel perceptivo y lo obtenemos elevando la amplitud ó intensidad de la corriente hasta que aparece contracción muscular, evidenciada por la retracción rotuliana que se produce.

- Nivel de Tolerancia: Es el último nivel perceptivo estudiado y lo exploramos elevando de nuevo la amplitud de la corriente hasta que el sujeto refiere que no la soporta o tolera.

4.4.3 ALMACENAMIENTO Y ORGANIZACIÓN DE LOS DATOS

Los datos obtenidos mediante los diferentes instrumentos descritos con anterioridad son almacenados en forma de matrices de datos en el programa Statistical Package for the Social Sciences (SPSS), versión 12.0, para Windows. El tratamiento de análisis de dichos datos se expone en el apartado de resultados.

4.5 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS DATOS

El análisis estadístico de los datos se desarrolla con diversas técnicas, en función de los objetivos analíticos planteados en la investigación y el tipo de datos implicados en cada momento. Como resumen, señalamos algunas ideas de conjunto y exponemos los objetivos analíticos y las técnicas estadísticas concretas.

La calidad de las medidas obtenidas en la fase experimental, tanto en su vertiente de validez como de fiabilidad, se ha comprobado mediante el estudio del procedimiento de medición empleado por parte de los examinadores, y el análisis de la variable extraña grado de aprensión psicológica de los sujetos muestrales. Para comprobar si el procedimiento de medición que se ha llevado a cabo en este trabajo es válido, fiable y reproducible se ha analizado a través de la concordancia inter-examinador en la medición de los niveles de percepción. Con respecto a la variable extraña grado de aprensión psicológica, se ha estudiado la normalidad de los individuos inmersos en este trabajo, a través de una escala o cuestionario creado para tal fin.

La descripción y caracterización de la muestra se ha realizado mediante medidas de centralización y de dispersión, al objeto de presentar de forma concisa y clara los datos de las diferentes variables que presentan a los sujetos de la muestra como normales y homogéneos.

El estudio de los Niveles de Percepción, lo hemos realizado a través de la media, la desviación típica y el intervalo de confianza de todos los sujetos muestrales y por separado según el sexo.

La representación de la Escala Psicofísica de los Niveles de Percepción la hemos realizado mediante el estudio descriptivo de las medidas y su representación gráfica en: diagrama de cajas y bigotes,..., analizando el intervalo de confianza al 95% de cada nivel perceptivo y la variabilidad según el sexo.

4.5.1 OBJETIVOS ANALÍTICOS Y TÉCNICAS ESTADÍSTICAS APLICADAS

A. CÁLCULO DE INDICADORES DE VALIDEZ Y FIABILIDAD DE LAS MEDIDAS

A.1 Analizar la fiabilidad inter-examinador en el proceso de obtención de las medidas repetidas, aplicando las técnicas de análisis de la varianza (ANOVA) para medidas repetidas según el Modelo Lineal General (MLG) del programa SPSS, para diseño inter-intra sujeto, calculando:

A.1.1 La fiabilidad inter-examinador en la repetición de las medidas del nivel de sensibilidad.

A.1.2 La fiabilidad inter-examinador en la repetición de las medidas del nivel de contracción.

- A.1.3 La fiabilidad inter-examinador en la repetición de las medidas del nivel de tolerancia.
- A.2 Estudiar la Consistencia del procedimiento de medición repetido por ambos examinadores, aplicando un estudio estadístico de las correlaciones entre medidas y calculando el coeficiente Alpha de Cronbach en cada nivel perceptivo:
- A.2.1 Correlaciones y Alpha de Cronbach en la repetición de las medidas de sensibilidad.
- A.2.2 Correlaciones y Alpha de Cronbach en la repetición de las medidas de contracción.
- A.2.3 Correlaciones y Alpha de Cronbach en la repetición de las medidas de tolerancia.
- A.3 Desarrollar indicadores de validez de constructo de la Escala de Aprensión Psicológica Personal (EAPP), aplicando dos técnicas complementarias. En primer lugar, empleando el clásico análisis de componentes principales con el objeto de identificar un componente principal más significativo y con el cual saturan correctamente el conjunto de los ítems de la escala. Complementariamente, utilizando la moderna técnica de componentes principales para datos categóricos (CATPCA), que actualmente incorpora el programa SPSS, para el tratamiento de datos ordinales, tales como los de la EAPP.
- A.4 Estudiar la fiabilidad (consistencia interna) de la EAPP, aplicando el coeficiente Alpha de Cronbach; complementario al

obtenido anteriormente mediante la técnica CATPCA, y estudiando las intercorrelaciones de los ítems para obtener el valor / utilidad de la eliminación o mantenimiento de cada elemento o ítem.

B. DESCRIPCIÓN DE LAS VARIABLES DEL ESTUDIO

B.1 Describir y exponer los resultados derivados de las medidas de la EAPP, aplicando técnicas estadísticas de tendencia central: media, mediana y moda, y de dispersión, como la desviación típica; así como los valores máximos y mínimos.

B.2 Analizar y representar los resultados derivados de las diferentes variables del estudio con el fin de conocer la normalidad y homogeneidad de los sujetos muestrales, empleando técnicas estadísticas de tendencia central: media, mediana y moda, y de dispersión, como la desviación típica; así como los valores máximos y mínimos.

C. EXPLORACIÓN DE LOS NIVELES DE PERCEPCIÓN DE LAS CORRIENTES RECTANGULARES BIFÁSICAS SIMÉTRICAS

C.1 Examinar y describir las medidas repetidas de los niveles de percepción de forma general, según el orden de la medición, calculando:

- C.1.1 La media y el intervalo de confianza al 95%, así como la desviación típica y el rango en las medidas del nivel de sensibilidad.
 - C.1.2 La media y el intervalo de confianza al 95%, así como la desviación típica y el rango en las medidas del nivel de contracción.
 - C.1.3 La media y el intervalo de confianza al 95%, así como la desviación típica y el rango en las medidas del nivel de tolerancia.
- C.2 Estudiar de forma diferencial las medidas repetidas de los niveles de percepción según el sexo de los sujetos muestrales y el orden de la medición, aplicando:
- C.2.1 La media, la media recortada al 5% y el intervalo de confianza al 95%, así como la desviación típica y el rango en las medidas por sexos y orden de medición del nivel de sensibilidad.
 - C.2.2 La media, la media recortada al 5% y el intervalo de confianza al 95%, así como la desviación típica y el rango en las medidas por sexos y orden de medición del nivel de contracción.

C.2.3 La media, la media recortada al 5% y el intervalo de confianza al 95%, así como la desviación típica y el rango en las medidas por sexos y orden de medición del nivel de tolerancia.

D. CONSTRUCCIÓN DE LA ESCALA PSICOFÍSICA DE LOS NIVELES DE PERCEPCIÓN EN LA APLICACIÓN DE LAS CORRIENTES RECTANGULARES BIFÁSICAS SIMÉTRICAS

Confeccionar la Escala Psicofísica de los niveles de percepción de las corrientes rectangulares bifásicas simétricas mediante la descripción de los intervalos de intensidades y las diferencias en función del sexo, aplicando estadísticos de tendencia central y de dispersión. La representación gráfica de la escala la hemos desarrollado en varios diagramas, destacando el de cajas y bigotes.

5 RESULTADOS

5 RESULTADOS

5.1 VALIDEZ Y FIABILIDAD DE LAS MEDIDAS

La calidad de las medidas obtenidas en el proceso experimental de recogida de datos, en cuanto a su validez y fiabilidad, la investigamos en base a dos variables extrañas que pueden influir tanto en el proceso de recogida de datos como en las propias medidas en sí. Por un lado, analizamos el grado de concordancia de los dos examinadores en el proceso de medición de las corrientes rectangulares bifásicas simétricas. Y por otro lado, estudiamos la aprensión psicológica de los sujetos muestrales en las autovaloraciones de los niveles de percepción de dichas corrientes.

Comenzamos examinado el grado de concordancia entre los dos examinadores responsables de aplicar el procedimiento de medición de los niveles de percepción de estas corrientes, mediante el análisis de la fiabilidad de las medidas y la consistencia del procedimiento de medición.

Posteriormente, estudiamos la validez y fiabilidad de la Escala de Aprensión Psicológica Personal (EAPP), en su vertiente de análisis de validez de constructo, así como, de la fiabilidad de las medidas que aporta, y por último de las puntuaciones obtenidas de los sujetos de la muestra, con el fin de investigar sujetos que según el criterio de exclusión deban ser eliminados del estudio.

5.1.1 CONCORDANCIA INTER-EXAMINADOR EN LA MEDICIÓN DE LOS NIVELES DE PERCEPCIÓN

El grado de concordancia inter-examinador es un índice de calidad de las medidas obtenidas en el proceso experimental de recogida de datos. La misión de realizar este análisis es la de corroborar la consistencia y validación del procedimiento de medición empleado y la fiabilidad de las medidas obtenidas; todo ello explorado desde el estudio de concordancia de los dos examinadores. Este diseño sirve para formular un Modelo Lineal General (MLG) de ANOVA de dos factores con medidas repetidas en un factor¹⁸⁷. Los dos factores son los que hemos denominado como: factor intra-sujetos que corresponde a los tres niveles de percepción y factor inter-sujetos que es la medición alterna efectuada por los dos examinadores.

5.1.1.1 FIABILIDAD DE LAS MEDIDAS DE PERCEPCIÓN

El estudio de la fiabilidad de las medidas de percepción lo realizamos con el análisis del proceso de contraste de ANOVA de medidas repetidas, para cada uno de los tres niveles de percepción de las corrientes rectangulares bifásicas simétricas. En este análisis estadístico lo que pretendemos es corroborar la hipótesis de que los dos examinadores que realizan el procedimiento de medición (factor inter-sujeto), no influyen en la obtención de las diferentes medidas de los umbrales o niveles perceptivos de los sujetos (factor intra-sujeto).

Tras el análisis estadístico, como podemos observar en la tabla 5.1.1.1, encontramos que existen diferencias estadísticamente significativas para cada nivel perceptivo: nivel de sensibilidad 0,278, nivel de contracción 0,555 y nivel de tolerancia 0,774, para $p < 0,05$. En consecuencia, podemos afirmar que no hay influencia sistemática de los dos examinadores en la obtención de las medidas mediante el protocolo propuesto. Esto es, que tal aspecto no es significativo ni influyente respecto de la varianza de precisión de las medidas.

NIVEL DE SENSIBILIDAD					
Fuente	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Significación
Intersección	14468,642	1	14468,642	1222,271	,000
Examinador	14,008	1	14,008	1,183	,278
Error	1751,951	148	11,838		
NIVEL DE CONTRACCIÓN					
Fuente	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Significación
Intersección	168811,481	1	168811,481	2681,615	,000
examinador	22,017	1	22,017	,350	,555
Error	9316,812	148	62,951		
NIVEL DE TOLERANCIA					
Fuente	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Significación
Intersección	574061,888	1	574061,888	889,254	,000
examinador	53,622	1	53,622	,083	,774
Error	95542,096	148	645,555		

Tabla 5.1.1.1: ANOVA de los Niveles de Percepción.

5.1.1.2 CONSISTENCIA DEL PROCEDIMIENTO DE MEDICIÓN

La consistencia del procedimiento de medición, la analizamos en función de la concordancia existente entre los dos examinadores, con respecto a los valores obtenidos en cada nivel de percepción de la corriente. Dicho estudio lo realizamos mediante el estadístico del Alfa de Cronbach. Aunque en la mayoría de estos trabajos suele usarse como índice de concordancia el coeficiente Kappa, éste es aplicable en el supuesto de que las variables dependientes sean medidas en escala nominal; en nuestro caso, dadas las medidas en escala cuantitativa de razón, el coeficiente aplicable y de interpretación equivalente es el Alfa de Cronbach. El modelo de consistencia interna de Cronbach¹⁸⁸, asume que el procedimiento de medida está compuesto por elementos homogéneos que miden la misma característica. Según Pardo y Ruiz¹⁸⁷, valores de este estadístico por encima de 0,8 suelen considerarse meritorios y por encima de 0,9 excelentes,

◆ **Nivel de Sensibilidad:** Como podemos observar en la tabla 5.1.1.2.1, la correlación obtenida entre las medidas del nivel de sensibilidad de cada examinador en la primera y segunda medición, recopiladas en el procedimiento de recogida de datos es de 0,775; y la fiabilidad de dicho procedimiento, analizado a través del estadístico Alfa de Cronbach es de 0,866.

	Media	Desviación típica	Correlación	Alfa de Cronbach
NIVEL DE SENSIBILIDAD 1º	6,624	1,9747	,775	,866
NIVEL DE SENSIBILIDAD 2º	7,193	2,3508		

Tabla 5.1.1.2.1: Alfa de Cronbach y correlaciones del nivel de sensibilidad.

En la figura 5.1.1.2.1, se representa el gráfico de perfil de los niveles de sensibilidad obtenidos por los dos examinadores: M. Albornoz y J. Maya. Como podemos apreciar existe un paralelismo entre los dos examinadores y las dos mediciones realizadas, siendo superiores las del 1^{er} examinador. También es de destacar las mínimas diferencias de los valores medios obtenidos entre ambos examinadores: 6,74 y 6,49 mA, para el 1^{er} y 2^o examinador, respectivamente, en la primera medición, y 7,27 y 7,17 mA en la segunda medición, que son prácticamente idénticas, diferenciándose tan sólo 0,1 mA.

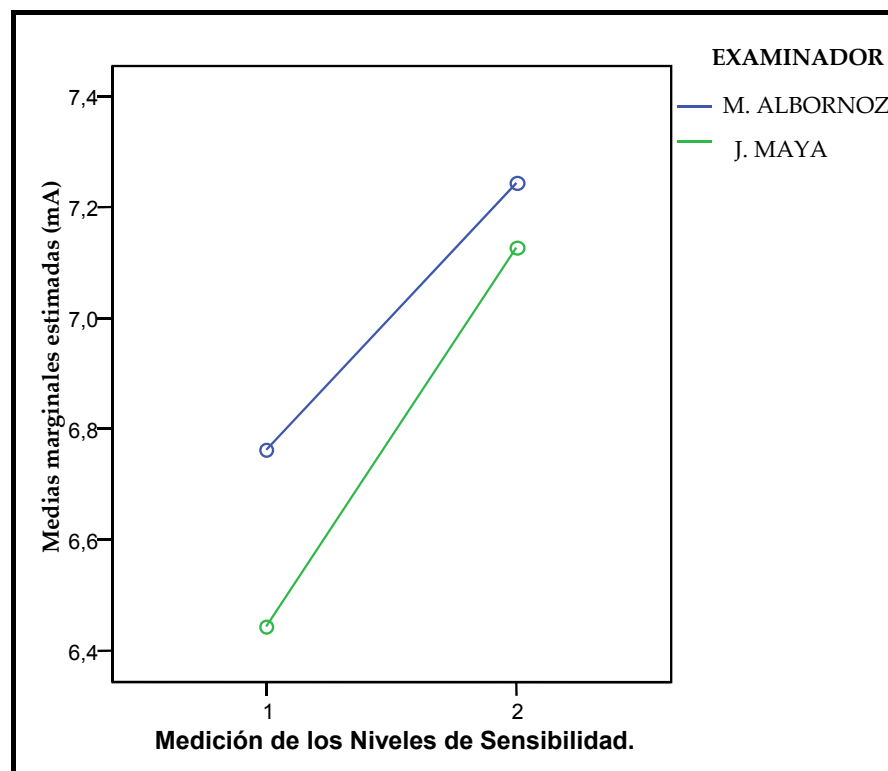


Figura 5.1.1.2.1: Gráfico de perfil del nivel de sensibilidad.

En consecuencia, podemos afirmar que existe una altísima concordancia entre ambos examinadores en el protocolo realizado con respecto a las medidas obtenidas para este nivel perceptivo.

◆ **Nivel de Contracción:** Como podemos ver en la tabla 5.1.1.2.2, la correlación obtenida entre las medidas del nivel de contracción por cada examinador, en la primera y segunda medición, recopiladas en el proceso de recogida de datos, es de 0,879; y la fiabilidad de dicho procedimiento, analizado a través del estadístico Alfa, es de 0,936.

	Media	Desviación típica.	Correlación	Alfa de Cronbach
NIVEL DE CONTRACCIÓN 1º	23,689	5,7366	,879	,936
NIVEL DE CONTRACCIÓN 2º	24,069	5,8237		

Tabla 5.1.1.2.2: Alfa de Cronbach y correlaciones del nivel de contracción.

En la figura 5.1.1.2.2, se representa el gráfico de perfil de los niveles de contracción obtenidos por los dos examinadores. Como podemos observar los valores del 2º examinador son superiores a los del 1º examinador, existiendo nuevamente una mayor concordancia entre ambos en la segunda medición. Así pues, las medias obtenidas en la primera medición entre ambos examinadores son: 23,54 y 24,24 mA para el 1º y 2º examinador respectivamente y de 24,15 y 24,25 mA en la segunda exploración.

Como podemos observar, nuevamente existe una mínima diferencia entre las medias de los dos examinadores (0,1 mA), evidenciando una gran concordancia en el procedimiento de medición aplicado entre los dos exploradores en este nivel de contracción.

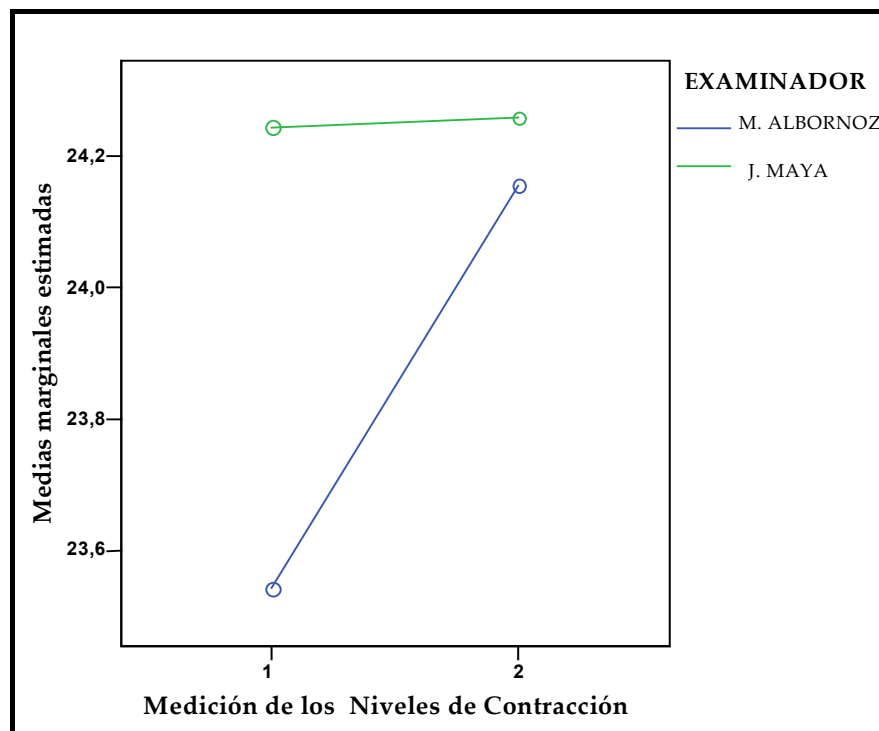


Figura 5.1.1.2.2: Gráfico de perfil del nivel de contracción.

◆ **Nivel de Tolerancia:** Como podemos ver en la tabla 5.1.1.2.3, la correlación obtenida entre las diferentes medidas del nivel de tolerancia de los sujetos, recopiladas por cada examinador, en la 1ª y 2ª medición, es de 0,727; y la fiabilidad del procedimiento de recogida de datos, analizado a través del estadístico Alfa es de 0,842.

	Media	Desviación típica.	Correlación	Alfa de Cronbach
NIVEL DE TOLERANCIA 1º	42,440	7,2348	,727	,842
NIVEL DE TOLERANCIA 2º	43,290	6,6734		

Tabla 5.1.1.2.3: Alfa de Cronbach y correlaciones del nivel de tolerancia.

Nuevamente, es en la segunda medición donde aparece una mayor exactitud de los valores entre los dos examinadores. Las diferencias de las medias obtenidas entre ambos son: 40,59 y 44,97 mA, para el 1º y 2º

examinador, respectivamente, en la primera medición y 43,98 y 42,45 mA en la segunda medición.

Aunque en este nivel perceptivo es donde aparece una mayor diferencia entre las medias obtenidas (1,53 mA), no son importantes para la creación de la escala de percepción, porque estas diferencias son mínimas en relación con el valor medio de dicho umbral (42,4 – 43,2 mA). Asimismo, la precisión del amperímetro del equipo de electroterapia que hemos empleado es de 0,5 mA, como ya hemos comentado en el apartado 4.4.1.4, lo que representa con relación a la anterior diferencia una precisión entre los examinadores muy alta.

Todos estos estadísticos reflejan una gran consistencia interna entre las medidas efectuadas por los dos examinadores que se traduce en una alta fiabilidad del procedimiento efectuado por los mismos. Es de destacar que en el nivel de contracción los valores, tanto de la correlación obtenida 0,879 como de la fiabilidad, a través del estadístico de Alpha de Cronbach 0,936, son los más altos de los tres niveles perceptivos. Detalle este que confirma la validez y la fiabilidad del procedimiento de medición y de los valores obtenidos, sobre todo porque este nivel de percepción es el que evidencian los examinadores con la contracción muscular (retracción de la rótula) y no está influenciado por la autovaloración de los sujetos.

Consideramos pues, que hemos demostrado que la realización de este procedimiento fisioterapéutico de recogida de datos no se ve influenciado por el profesional que lo desarrolla, con respecto a los valores obtenidos en las distintas mediciones. Aunque son diferentes dichas

medidas, para la primera y segunda medición, esta diferencia no es atribuible al examinador, puesto que las medias casi siempre son superiores en la segunda medición, salvo en el nivel de tolerancia por parte del 2º examinador. Por consiguiente, las diferencias entre las medidas obtenidas, no son atribuibles a los profesionales que llevan a cabo la aplicación de dicho procedimiento sino, entendemos, que al aprendizaje que los mismos sujetos experimentan, como se extrae del marco teórico y apuntan Gallach et al. (2006)¹⁴³ y otros estudios con similares tipos de estímulos y evaluaciones psicofísicas^{11, 68, 189}. Todo esto corrobora que el procedimiento de medición propuesto y estudiado es válido y fiable, no influyendo los examinadores en la obtención de los datos. Y, aunque existe alguna variación en las diferentes medidas obtenidas, sin embargo, no es en un grado significativo con respecto a la escala de dosificación de estas corrientes.

Por todo lo anteriormente expuesto hemos considerado que estamos ante dos medidas diferentes, obtenidas de cada sujeto muestral en dos ocasiones distintas y por dos examinadores, de forma aleatoria, según el diseño metodológico descrito con anterioridad. Por otro lado, señalamos cómo el análisis nos refleja que es la segunda medición la que presenta una mayor consistencia en cuanto al protocolo de medición por parte de los dos examinadores. Esta mayor consistencia no desvirtúa las primeras mediciones, sino al contrario, refleja la gran rigurosidad en el protocolo seguido y el aprendizaje de los sujetos que los convierte en más estables en cuanto a la variabilidad de su percepción ante dicha segunda medición.

En consecuencia, contamos con 900 medidas válidas y fiables, divididas en 300 medidas de cada uno de los tres niveles perceptivos.

5.1.2 VALIDEZ Y FIABILIDAD DE LA ESCALA DE APRENSIÓN PSICOLÓGICA PERSONAL (EAPP)

A continuación abordamos el reconocimiento de la incidencia de la Aprensión Psicológica Personal –neuroticismo-, en los sujetos inmersos en nuestro trabajo, al mismo tiempo que estudiamos la calidad de las medidas que conseguimos con la Escala de Aprensión Psicológica Personal (EAPP).

En un sentido más operativo nos proponemos abordar un estudio correlacional de carácter exploratorio¹⁹⁰ sobre la estructura dimensional de la escala (que se espera unidimensional) y sobre la consistencia de las distintas puntuaciones ofrecidas por los sujetos participantes en la presente investigación.

Para validar la EAPP empleamos el análisis factorial, pues nos permite reducir los datos y encontrar una dimensión, la aprensión psicológica –neuroticismo-, que agrupa y explica al máximo la información que nos brindan dichos datos.

5.1.2.1 VALIDEZ DE CONSTRUCTO DE LA EAPP

Para estudiar la validez de constructo aplicamos el análisis de componentes principales (PC), con el objeto de identificar un solo factor fuerte (Unidimensionalidad de la escala). Este factor debe estar bien

relacionado con el conjunto de los ítems (indicadores del constructo) y por tanto ser representativo del constructo teórico: aprensión psicológica.

El análisis factorial realizado sobre los 15 ítems de la EAPP, arroja indicadores estadísticos satisfactorios sobre la unidimensionalidad de la escala. Entre estos estadísticos destacan la medida de adecuación muestral de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO). Este estadístico varía entre 0 y 1, y se asume que valores inferiores a 0,5 indican que no debe utilizarse el análisis factorial con los datos muestrales que se están analizando. En nuestro estudio y como señala la tabla 5.1.2.1.a, el KMO es de 0,820; que como apunta Pardo y Ruiz¹⁸⁷, puede considerarse meritorio. Asimismo, la prueba de esfericidad de Bartlett contrasta la hipótesis nula de que la matriz de correlaciones es una matriz idéntica, en cuyo caso no existirían correlaciones significativas entre las variables, es decir, nos permite rechazar la hipótesis nula (esfericidad) con un nivel de significación, cercano a cero (0,000).

Medida de adecuación muestral De Kaiser-Meyer-Olkin.		,820
Prueba de esfericidad de Bartlett	Chi-cuadrado aproximado	616,961
	gl	105
	Sig.	,000

Tabla 5.1.2.1.a: KMO y prueba de Bartlett de la EAPP

Por otro lado, la distribución de la varianza explicada por los diversos factores extraídos nos arroja un primer factor más fuerte (32,096%), como puede verse en la tabla 5.1.2.1.b. Este factor se relaciona convenientemente con el conjunto de los ítems; demostrando la naturaleza común del constructo representado por ese factor y evidenciada con las correlaciones de cada ítem.

Componente	Varianza total explicada		
	Total	% de la varianza	% acumulado
1	4,814	32,096	32,096
2	1,319	8,794	40,890
3	1,261	8,404	49,294
4	1,141	7,605	56,899
5	,919	6,128	63,027
6	,843	5,618	68,644
7	,812	5,415	74,060
8	,672	4,480	78,540
9	,633	4,218	82,758
10	,596	3,972	86,730
11	,478	3,185	89,915
12	,467	3,117	93,032
13	,402	2,682	95,713
14	,345	2,303	98,016
15	,298	1,984	100,000

Tabla 5.1.2.1.b: Análisis de Componentes principales de la EAPP.

Para una visualización más clara aportamos el gráfico de Sedimentación, figura 5.1.2.1, también denominado prueba de sedimentación de Cattell¹⁹¹, que sirve para determinar el número óptimo de factores. En esencia, consiste en una representación de los autovalores, en la que, como puede observarse, destaca el primer valor (en rojo).

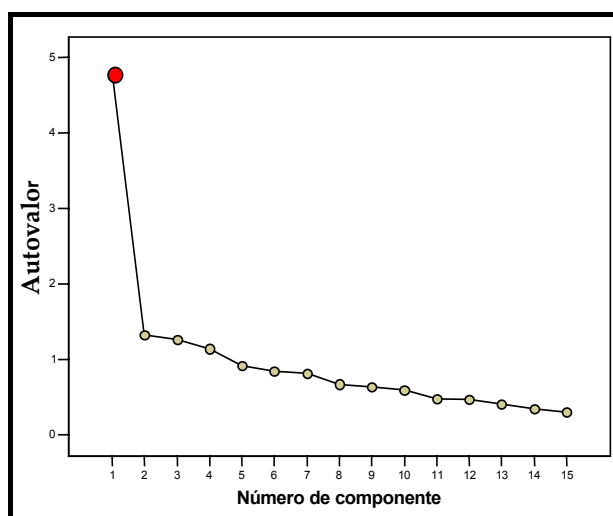


Figura 5.1.2.1: Gráfico de sedimentación de la EAPP.

Además y en virtud de los datos expresados en la tabla subsiguiente, tabla 5.1.2.1.c de la matriz de componentes, puede decirse que dichas correlaciones son altas llegando a un promedio de 0,57, y aproximándose en algunas de ellas a la puntuación de 0,7 (ítem 1).

	Componente			
	1	2	3	4
EAPP ITEM 1	,695	-,280	,133	,024
EAPP ITEM 2	,647	-,404	,241	-,319
EAPP ITEM 3	,492	-,068	-,033	,247
EAPP ITEM 4	,622	-,039	-,038	,018
EAPP ITEM 5	,546	-,021	,228	-,232
EAPP ITEM 6	,531	,351	-,549	-,135
EAPP ITEM 7	,654	-,091	-,089	,130
EAPP ITEM 8	,665	,271	-,358	-,106
EAPP ITEM 9	,591	-,271	,163	-,076
EAPP ITEM 10	,478	-,102	-,392	,546
EAPP ITEM 11	,579	-,155	-,299	-,565
EAPP ITEM 12	,564	-,206	,074	,414
EAPP ITEM 13	,487	,547	,464	-,029
EAPP ITEM 14	,420	,664	,133	-,010
EAPP ITEM 15	,588	,148	,331	,230

Tabla 5.1.2.1.c: Matriz de componentes de la EAPP

Como apuntábamos en el apartado 4.5.1, hemos aplicado la técnica de componentes principales para datos categóricos (CATPCA), que incorpora el programa SPSS. Esta técnica se emplea para el tratamiento de datos de tipo ordinal, como es el caso de los datos obtenidos de la medición de esta variable, la aprensión psicológica –neuroticismo-.

Como refleja la tabla 5.1.2.1.d, los valores de la varianza explicada mediante esta técnica (35,379%), son más robustos que los anteriormente

expresados. De igual manera, la tabla 5.1.2.1.e, nos muestra como la saturación de los diferentes ítems de la EAPP en un componente o dimensión es algo mayor al anterior análisis.

Dimensión	Alfa de Cronbach	Varianza explicada	
		Total (Autovalores)	% de la varianza
1	,870	5,307	35,379
Total	,870	5,307	35,379

Tabla 5.1.2.1.d: Alfa de Cronbach y varianza explicada de la EAPP, con CATPCA

ÍTEMS DE LA EAPP	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
DIMENSIÓN 1	,717	,677	,482	,661	,561	,572	,641	,664	,655	,489	,596	,587	,465	,409	,648

Tabla 5.1.2.1.e: Saturación de componentes con CATPCA

Por todo lo anteriormente expuesto queda suficientemente demostrada la validez de constructo de la EAPP, en relación con el presente estudio, para el análisis de la aprensión psicológica de los sujetos inmersos en la investigación.

5.1.2.2. FIABILIDAD DE LAS MEDIDAS QUE APORTA LA EAPP

Hemos estudiado la fiabilidad de las medidas de la EAPP bajo el modelo de consistencia interna, que es el que proporciona el análisis mediante la prueba de intercorrelaciones de los ítems y el estadístico Alpha de Cronbach. Este modelo asume que la escala está compuesta por

elementos homogéneos que miden la misma característica y que la consistencia interna de la escala puede evaluarse mediante la correlación existente entre todos sus elementos¹⁸⁸.

En la literatura metodológica², se asume que el coeficiente Alfa depende del número de elementos de la escala y de la muestra de sujetos aplicada en el estudio de la fiabilidad. Como se muestra en la tabla 5.1.2.2.a, tales indicadores aportan una visión muy positiva a cerca de la calidad, desde un punto de vista de la fiabilidad de la medida. Concretamente el estadístico Alfa es de 0.842. Además, como apuntábamos en la tabla 5.1.2.1.d, el coeficiente Alfa estudiado mediante la técnica CATPCA es de 0, 870, esto es algo mayor que el anteriormente expresado.

Alfa de Cronbach	Nº de elementos
,842	15

Tabla 5.1.2.2.a: Alfa de Cronbach de la EAPP.

Aunque el valor de Alfa nos indica suficiente fiabilidad aún es posible cuestionarse si dicha fiabilidad puede ser mejorada. La tabla 5.1.2.2.b, expone algunos indicadores estadísticos que ayudan a la decisión sobre la calidad final y composición última de los ítems de la escala. Si la eliminación de algún ítems aportase una mejoría sustantiva del valor de Alfa para el conjunto de la escala, sin menoscabo de la validez de contenido de la misma, correspondería su eliminación efectiva. Pero, al observar y analizar la tabla 5.1.2.2.b, encontramos que no se aprecian posibles mejoras. En consecuencia, no se justifica una transformación de la

estructura de los ítems que componen la escala EAPP, pues la fiabilidad de las medidas obtenidas es óptima en relación con el presente estudio.

	Media de la escala si se elimina el elemento	Varianza de la escala si se elimina el elemento	Correlación elemento-total corregida	Correlación múltiple al cuadrado	Alfa de Cronbach si se elimina el elemento
ITEM 1	24,60	32,121	,574	,506	,826
ITEM 2	25,49	34,037	,500	,422	,832
ITEM 3	25,07	33,934	,414	,216	,835
ITEM 4	24,80	32,685	,535	,339	,828
ITEM 5	25,19	33,468	,422	,317	,835
ITEM 6	24,54	31,982	,434	,391	,836
ITEM 7	25,07	31,961	,551	,325	,827
ITEM 8	24,80	31,302	,594	,464	,824
ITEM 9	24,93	32,847	,471	,346	,832
ITEM 10	24,77	32,690	,405	,337	,837
ITEM 11	25,47	33,485	,462	,395	,833
ITEM 12	25,25	33,194	,474	,340	,832
ITEM 13	24,93	33,223	,398	,372	,836
ITEM 14	24,96	33,529	,359	,290	,839
ITEM 15	24,41	32,768	,492	,397	,831

Tabla 5.1.2.2.b: Varianzas de los ítems de la EAPP.

Una vez validada la calidad de la medida de la EAPP, hemos aplicado la escala sobre el total de la muestra, constituida por 150 sujetos. Consideramos que no podemos terminar este análisis sobre la calidad de las medidas de la escala EAPP, sin mostrar los resultados obtenidos, lo que acometemos a continuación.

5.1.2.3 PUNTUACIONES OBTENIDAS DE LA EAPP

Con el objeto de conocer el grado de normalidad de los individuos de la muestra en relación con su aprensión psicológica personal hemos analizado las puntuaciones obtenidas en la EAPP. Dicha escala presenta

una amplitud de valores entre 15, que sería el valor mínimo (respuestas 1 en todos los ítems), y 60 que sería el valor máximo de la misma (contestar 4 en todos los ítems).

Los resultados obtenidos de los sujetos participantes en la investigación muestran un valor medio de 26,71 y una desviación típica de 6,047, así como una mediana de 26 y una moda de 23, como puede observarse en la tabla 5.1.2.3.a. Estos valores suponen un promedio bajo en tanto al valor central de la escala [15-60] que es 37,5.

Es decir, que se pone de manifiesto claramente que los sujetos de nuestro estudio no presentan una puntuación alta en la dimensión de aprensión psicológica.

Media	26,71
Mediana	26,00
Moda	23,00
Desviación típica	6,047
Mínimo	16,00
Máximo	44,00

Tabla 5.1.2.3.a: Descriptivos de la EAPP.

En consecuencia, consideramos que los resultados determinan la posibilidad de utilizar a los sujetos de la muestra en cualquier tipo de investigación en salud que implique manipulación psicofísica dependiente del auto-posicionamiento de los participantes, como es el caso de nuestro estudio de los niveles de percepción en la aplicación de las corrientes rectangulares bifásicas simétricas para el fortalecimiento muscular. En este

sentido podemos afirmar que la utilización como covariante de este valor, implica un control de la validez interna del estudio, que reduce las fuentes de contaminación de la investigación. El uso de esta escala para controlar esta fuente de contaminación puede ser útil para estudios científicos en el campo de la salud en los que se solicite auto-posicionamiento de los sujetos.

Por otro lado, como muestra la tabla 5.1.2.3.b, hay un número reducido de sujetos (<5% del total) que presentan puntuaciones por encima del valor central de la escala, lo que indica ya un cierto grado de aprensión psicológica que, aunque leve, debe ser tenido en cuenta para la investigación. En nuestro estudio establecimos como criterio de exclusión el puntuar con un valor 45 o superior en la EAPP. Esto es, que el sujeto puntúe como mínimo 3 en todos los ítems. Como expresamos en el apartado 2.1.4, la EAPP se ha fundamentado en el cuestionario EPQ-R de Eysenck, en el cual sólo hay dos opciones de respuesta (SI / NO). Por ello, el puntuar 3 o más está más cerca de la opción afirmativa del anterior cuestionario de personalidad.

Como podemos observar en la tabla de frecuencias 5.1.2.3.b, no existe ningún sujeto que obtenga este valor 45; siendo sólo cinco los sujetos que rebasan el valor 40, hasta el 42. Para el presente trabajo además, estudiamos los niveles de percepción de estos cinco sujetos, que puntuaban por encima del valor 40, evidenciando que no diferían del resto de la muestra.

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje acumulado
16,00	2	1,3	1,3
17,00	1	,7	2,0
18,00	6	4,0	6,0
19,00	3	2,0	8,0
20,00	8	5,3	13,3
21,00	7	4,7	18,0
22,00	10	6,7	24,7
23,00	15	10,0	34,7
24,00	14	9,3	44,0
25,00	7	4,7	48,7
26,00	11	7,3	56,0
27,00	7	4,7	60,7
28,00	11	7,3	68,0
29,00	8	5,3	73,3
30,00	5	3,3	76,7
31,00	3	2,0	78,7
32,00	6	4,0	82,7
33,00	3	2,0	84,7
34,00	5	3,3	88,0
35,00	2	1,3	89,3
36,00	5	3,3	92,7
37,00	3	2,0	94,7
38,00	2	1,3	96,0
39,00	1	,7	96,7
42,00	2	1,3	98,0
43,00	1	,7	98,7
44,00	2	1,3	100,0
Total	150	100,0	

Tabla 5.1.2.3.b: Tabla de frecuencias de la EAPP.

Con el fin de mostrar gráficamente los datos que arroja la EAPP, los mostramos en la figura 5.1.2.3, donde se representan los valores según su frecuencia. Hemos aplicado un color más intenso a los valores superiores a 37 porque está más cercano a la media de la escala EAPP (37,5). Como podemos observar, son una porción muy pequeña los que se sitúan por

encima de este valor medio. Además, también se aprecia muy bien que no existe ningún valor que supere el criterio de exclusión de ser mayor de 45.

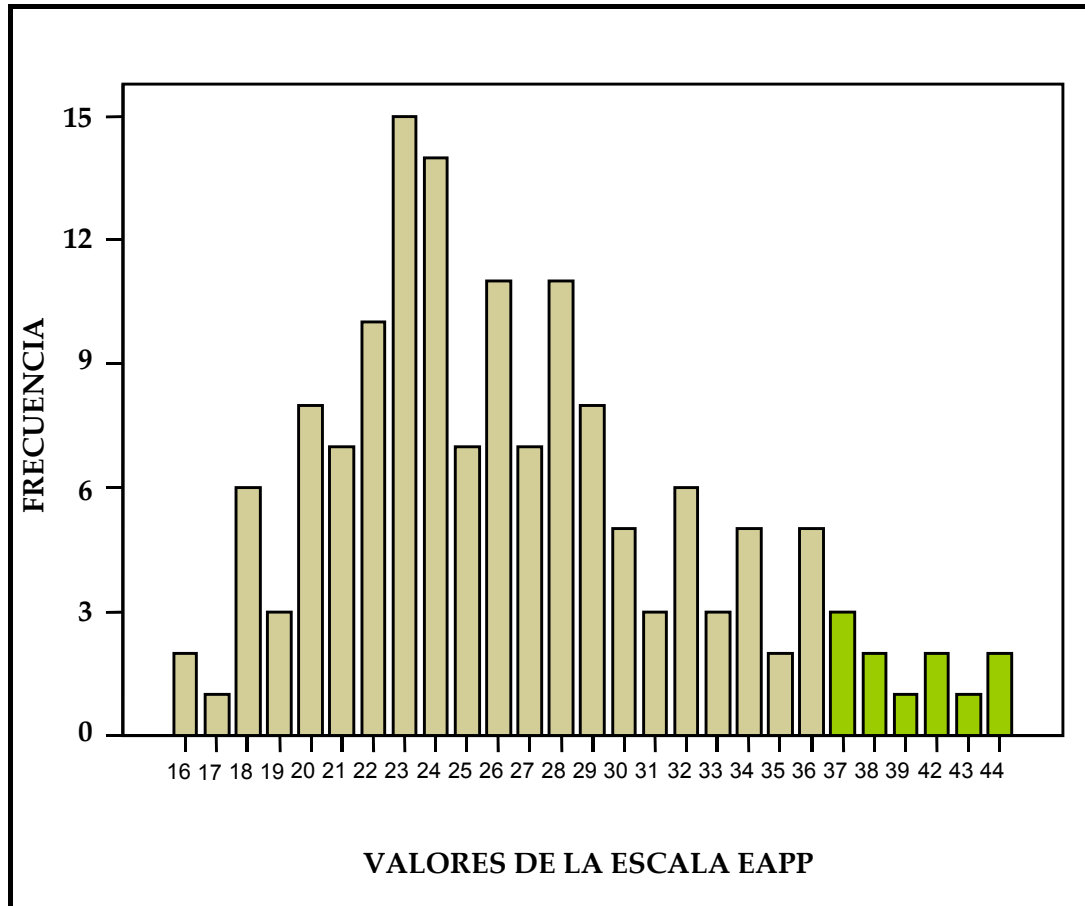


Figura 5.1.2.3: Histograma de frecuencias de la EAPP.

5.2 DESCRIPCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LA MUESTRA

En este apartado nos disponemos a describir y analizar las diferentes variables del estudio, con el objetivo principal de conocer la normalidad y homogeneidad de los sujetos muestrales, en cuanto a sus características físicas y hábitos de vida saludables. Para realizar el estudio de análisis estadístico empleamos medidas de centralización: media, mediana y moda; y medidas de dispersión como la desviación típica, y los valores máximos y mínimos.

5.2.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DE HOMOGENEIDAD DE LA MUESTRA

La muestra de este estudio se compone de 900 medidas de 150 sujetos, 93 mujeres y 57 hombres, de edades comprendidas entre los 18 y 35 años (media 20,3 y desviación típica de 3,5). Como ya hemos comentado, cada individuo es explorado por dos examinadores, en dos ocasiones distintas, de los tres niveles de percepción, obteniéndose seis mediciones diferentes.

Los datos estadísticos referidos a las variables peso, talla e índice de masa corporal de los sujetos del estudio, se encuentran recogidos de forma conjunta en la tabla 5.2.1.1. Podemos afirmar, por los resultados obtenidos,

que estamos ante individuos con medidas normales de la población general.

	PESO	TALLA	IMC
Media	63,97	1,69	22,01
Mediana	62,00	1.69	21,60
Moda	60,0	1.70	21,00
Desv. típ.	11,28	,088	2,47
Mínimo	41,5	1,91	16,70
Máximo	97,0	1,49	28,37

Tabla 5.2.1.1: Peso, talla e IMC.

El índice de masa corporal de los sujetos, clasificado según los rangos que establecimos en el apartado 4.2.2 y como refleja la tabla 5.2.1.2., es de un 22,7% de delgados; un 64% de normales, un 13,3% de gordos y ningún obeso. Como podemos observar, casi dos tercios de los sujetos muestrales están dentro del rango de normalidad del IMC, lo que se puede apreciar gráficamente en la Figura 5.2.1.2.

	Delgados	Normales	Gordos	Obesos	TOTAL
Frecuencia	34	96	20	0	150
Porcentaje	22,7	64	13,3	0	100

Tabla 5.2.1.2: IMC según: delgados, normales y gordos.

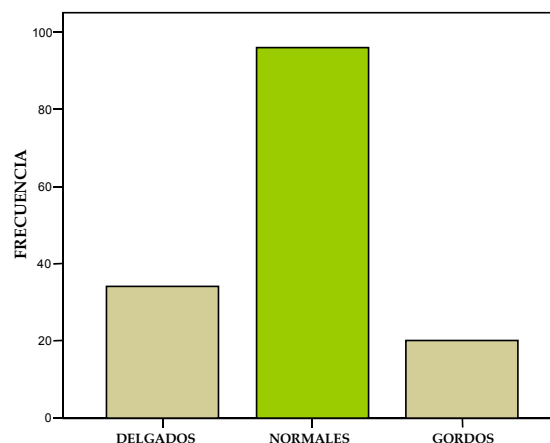


Figura 5.2.1.2: Representación de IMC por categorías.

Con respecto a los Perímetros Musculares, deseamos expresar que el análisis de estas variables, viene motivado por la necesidad de conocer la existencia de posibles alteraciones musculares a nivel del muslo derecho que pudieran sesgar nuestro estudio en algunos de los sujetos muestrales.

A continuación exponemos los resultados de las mediciones efectuadas a 10 y 25 cm del borde superior de la rótula

Obtenemos, como apunta la tabla 5.2.1.3, una media de 57,26 +/- 4,83 cm para los perímetros musculares realizados a 25 cm de la rótula y de 45,5 +/- 3,99 cm para los perímetros efectuados a 10 cm de la rótula. Como señalan los datos estamos ante perímetros musculares dentro de la normalidad, con respecto a la complejión media de los sujetos.

	A 25 cm	A 10 cm
Media	57,26	45,5
Desv. típ.	4,83	3,99
Mínimo	46	35,5
Máximo	82	55,0

Tabla 5.2.1.3: Perímetros musculares de muslo dcho. a 25 y 10 cm de la rótula.

En relación con la variable de haber recibido tratamiento de Fisioterapia con anterioridad a la exploración para este estudio, observamos que la mayoría de los sujetos, un 64,7%, no habían recibido tratamiento antes, frente a un 35,3% que sí lo habían recibido, como se muestra en la tabla 5.2.1.4. Estudiamos esta variable para conocer la experiencia previa de los individuos con los procedimientos de Fisioterapia y más concretamente con la electroterapia.

Frecuencia			Frecuencia			
		%		%	% válido	
SI	53	35,3	MASAJE	21	14	55,3
			CORRIENTES	8	5,3	21,1
			ESTIRAMIENTO	5	3,3	13,2
			MOVILIZACIONES	4	2,7	10,5
NO	97	64,7	Total	38	25,3	100,0
			Perdidos	112	74,7	
Total	150	100	Total	150	100,0	

Tabla 5.2.1.4: Tratamiento de Fisioterapia antes.

El tipo de tratamiento de Fisioterapia empleado, en los sujetos que responden haberlo recibido con anterioridad, es de 55,3% de masajes, 21,1% de corrientes eléctricas, 13,2% de estiramientos y 10,5% de movilizaciones, como refleja la tabla 5.2.1.4. Creemos que ese 21,1% no contamina nuestro estudio, porque supone que sólo 8 sujetos del total de la muestra (150 sujetos), han sido sometidos a tratamiento con electroterapia.

La figura 5.2.1.4 nos aporta una representación más clara de los diferentes tratamientos de Fisioterapia que se les han practicado a los sujetos muestrales (53 sujetos), con anterioridad.

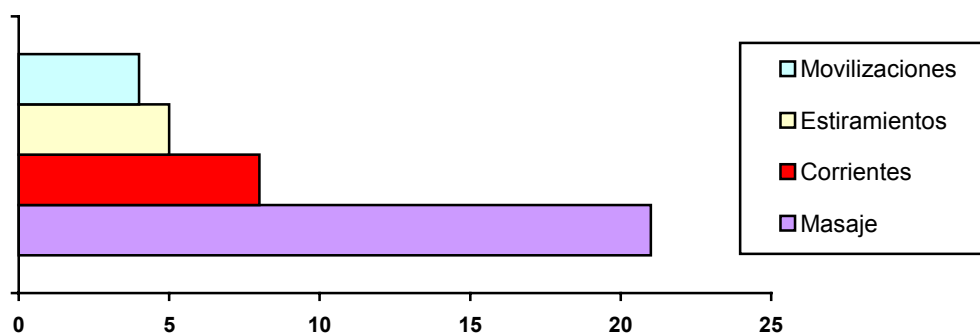


Figura 5.2.1.4: Diagrama de barras del tipo de Ttº de Fisioterapia.

La variable lesión anterior en muslo derecho, la recogemos para conocer los antecedentes de alguna patología previa en el muslo derecho. A tenor de los resultados expuestos en la tabla 5.2.1.5, verificamos que los individuos del estudio no han padecido una lesión previa en el muslo derecho en un 92% y sí en un 8%, lo que sin duda redundaría en que no presentan alteraciones ni contraindicaciones para el empleo de estas corrientes. Así mismo, el 87,3% no está recibiendo ningún tipo de tratamiento, en el momento de la exploración y sólo el 12% si lo está recibiendo, lo que supone 18 sujetos. De estos 18 individuos, como muestra la figura 5.2.1.5, el 83,3% es de tipo farmacológico, es decir, 15 individuos y el 16,7% es de tipo médico, esto es, 3 sujetos. Pero en ningún caso es un tratamiento que repercute en la percepción de los sujetos.

Lesión anterior muslo dcho.			Recibir Tratamiento actualmente			
	Frecuencia	%		Frecuencia	%	% válido
NO	138	92	NO	131	87,3	87,9
			SI	18	12	12,1
SI	12	8	Total	149	99,3	100,0
			Perdidos	1	0,7	
Total	150	100	Total	150	100,0	

Tabla 5.2.1.5: Lesión anterior en el muslo y recibir algún Ttº actualmente.

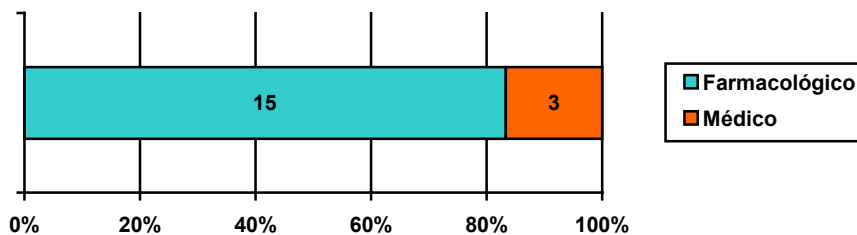


Figura 5.2.1.5: Gráfica del tipo de Ttº Recibido.

La variable movilidad personal de los sujetos la hemos analizado con el objeto de conocer el grado de movilidad y por ende, de forma indirecta, el del desarrollo muscular de los individuos integrantes del estudio. Como podemos observar en la tabla 5.2.1.6, los sujetos responden ante la cuestión de su movilidad personal de la siguiente forma: raramente (63), mensualmente (33), semanalmente (36) y, con respecto a la opción diariamente (18). Estos datos nos confirman que estamos ante sujetos normales es decir ante ciudadanos de a pie que en un gran porcentaje no realizan una actividad física muy intensa, es decir que no practican de forma asidua ningún deporte, pues sólo un 12% realizan actividad física a diario.

Movilidad personal		
	Frecuencia	%
RARAMENTE	63	42,0
MENSUALMENTE	33	22,0
SEMANALMENTE	36	24,0
DIARIAMENTE	18	12,0
Total	150	100,0

Tabla 5.2.1.6: Movilidad personal.

5.3 NIVELES DE PERCEPCIÓN DE LAS CORRIENTES RBS

En este apartado, nos centramos en el análisis y descripción de los niveles de percepción de las corrientes rectangulares bifásicas simétricas. En primer lugar, efectuamos una descripción general de cada nivel perceptivo: nivel de sensibilidad, nivel de contracción y nivel de tolerancia. Seguidamente, realizamos un estudio diferencial, según los grupos de sujetos creados, de los distintos niveles perceptivos. Estos análisis los realizamos con el fin último de confeccionar la Escala Psicofísica de los niveles de percepción en la aplicación de las corrientes rectangulares bifásicas simétricas.

5.3.1 NIVEL DE SENSIBILIDAD (N. S.)

Como hemos expresado en los planteamientos teóricos y en la metodología, el nivel de sensibilidad es el nivel inicial y se corresponde con el nivel sensorial de la corriente, es decir, cuando el individuo es consciente de la percepción de la misma. Este primer nivel perceptivo se acota de forma subjetiva, por parte del sujeto.

5.3.1.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL NIVEL DE SENSIBILIDAD

Los niveles de sensibilidad de los diferentes sujetos muestrales se describen en la tabla 5.3.1.1.a, en la que cabe destacar una media de 6,973

miliamperios (mA) y una desviación típica de 2,387 mA. Aunque, quizás sea más interesante la media recortada al 5%; esto es, la media aritmética calculada eliminando el 5% de los valores más pequeños o límite inferior y el 5% de los valores mayores ó límite superior, con el fin de obtener una media menos sensible a las puntuaciones extremas, con un valor de 6,758 mA.

El intervalo de confianza, como nos señala Silva (2000)¹³⁹, en los últimos años está tomando gran importancia en la interpretación de los datos en los estudios de la Salud. En nuestro trabajo, al 95% y para el nivel de sensibilidad es de (6,702, 7,244) mA. El cual se obtiene de sumar o restar el error muestral de dicho nivel perceptivo (0.27 mA) a la media.

Media		6,973
Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	6,702
	Límite superior	7,244
Media recortada al 5%		6,758
Mediana		6,600
Varianza		5,697
Desv. típ.		2,387
Mínimo		3,1
Máximo		21,0
Rango		17,9

Tabla 5.3.1.1.a: Descriptivos del n. de sensibilidad.

El rango de los valores de dicho nivel perceptivo es de 17,9 mA, porque el valor mínimo se sitúa en 3,1 mA y el valor máximo en 21 mA. Por otro lado, la mediana se sitúa prácticamente en el valor de la media recortada al 5%, en concreto en 6,7 mA.

Con el fin de hacer más comprensible la descripción de este nivel de sensibilidad de la corriente rectangular bifásica simétrica, aportamos la representación gráfica de un histograma, mediante la figura 5.3.1.1.a. Como podemos observar, según las frecuencias de los diferentes valores obtenidos, destacan los valores entorno al intervalo (6–7) mA.

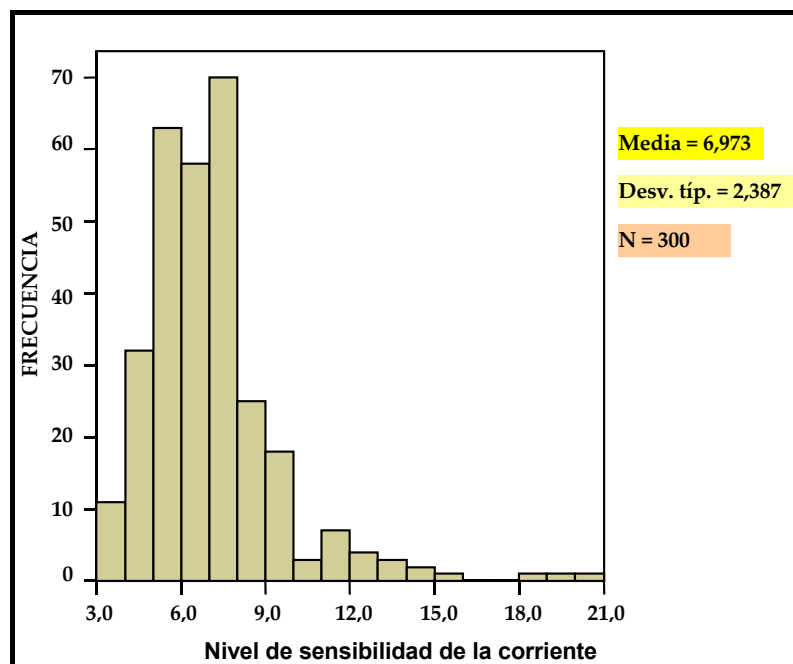


Figura 5.3.1.1.a: Histograma de frecuencias del n. de sensibilidad.

En la tabla 5.3.1.1.b aparecen definidos los 5 valores extremos inferiores y los 5 superiores. Los hemos dividido por el orden de la medición, porque el aprendizaje de los sujetos hace que éstos soporten una intensidad mayor en la segunda medición con respecto a la primera. Además, para una visualización más clara aportamos los histogramas de frecuencias de los valores de este nivel perceptivo en cada medición, en la figura 5.3.1.1.b

			Nº del caso	Valor
NIVEL DE SENSIBILIDAD 1ª medición	Mayores	1	6	14,0
		2	122	13,2
		3	148	13,2
		4	23	13,1
		5	65	11,0
	Menores	1	3	3,1
		2	79	3,2
		3	61	3,2
		4	32	3,2
		5	134	3,4
NIVEL DE SENSIBILIDAD 2ª medición	Mayores	1	6	21,0
		2	122	15,0
		3	121	14,2
		4	39	12,6
		5	23	12,5
	Menores	1	3	3,5
		2	60	3,8
		3	50	3,8
		4	79	4,0
		5	134	4,1

Tabla 5.3.1.1.b: Valores extremos del n. de sensibilidad.

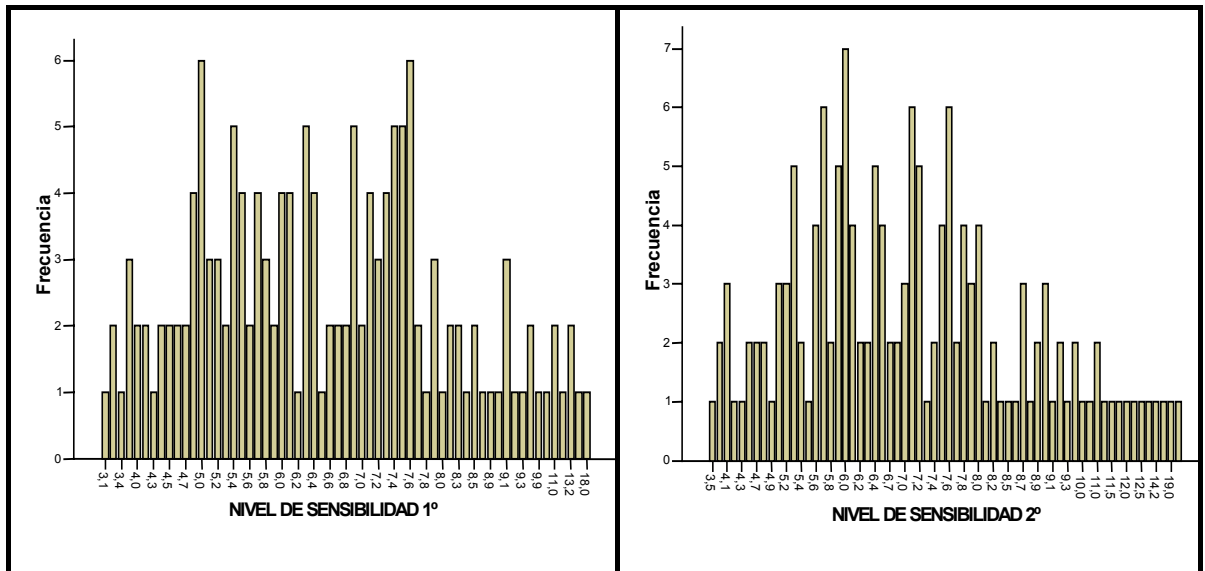


Figura 5.3.1.1.b: Histogramas de frecuencias del n. de sensibilidad, según el orden de la medición

Como podemos observar en la tabla 5.3.1.1.b, coinciden los sujetos que requieren bien una intensidad alta o baja para alcanzar el umbral o nivel de sensibilidad (sujetos nº: 6, 122, 23, ó 3, 79, 134). Es decir estamos ante valores extremos o mejor dicho ante sujetos que se desvían de la norma. No obstante creemos necesario el mantenimiento de estos valores porque aunque se desvían del valor central no es en muy alto grado y además hace más representativa la muestra del estudio.

5.3.1.2 ESTUDIO DIFERENCIAL DEL N. S. SEGÚN EL SEXO

El estudio diferencial del nivel de sensibilidad según el sexo de los sujetos muestrales y con respecto al orden de la realización del procedimiento de medida: primera o segunda medición, se expone en el cuadro 5.3.1.2. Como podemos apreciar en dicho cuadro, los sujetos masculinos necesitan de media 7,90 mA y 8,72 mA, en la 1ª y 2ª medición respectivamente, una mayor intensidad de corriente para alcanzar el nivel de sensibilidad, que las mujeres, cuyo valor medio se sitúa en 5,83 mA y 6,25 mA, para la 1ª y 2ª medición respectivamente.

Otro dato a reseñar es el rango de los valores extremos que se expone cuadro 5.3.1.2, y que es igual en hombres y en mujeres, en la primera medición (10 mA). No obstante, observamos que en el caso de las mujeres es más aproximado en la segunda medición (9 mA), que en el caso de los hombres (15,4 mA).

ESTADÍSTICOS		1ª Medición		2ª Medición	
		HOMBRE	MUJER	HOMBRE	MUJER
Media		7,905	5,839	8,723	6,256
Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	7,380	5,527	8,008	5,951
	Límite superior	8,431	6,150	9,438	6,561
Media recortada al 5%		7,776	5,527	8,435	6,189
Desv. típ.		1,981	1,511	2,694	1,481
Mínimo		4,0	3,1	5,6	3,5
Máximo		14,0	13,1	21,0	12,5
Rango		10,0	10,0	15,4	9,0

Cuadro 5.3.1.2: Estudio de los niveles de sensibilidad según el sexo.

De lo expuesto anteriormente se extrae que el nivel de sensibilidad de la corriente rectangular bifásica simétrica está comprendido en el intervalo de 6,7 y 7,2 mA, de intensidad. Encontrando que, como se aprecia en el cuadro 5.3.1.2, en el caso de las mujeres es de 1 mA menor, y en el caso de los hombres de 1 mA mayor. **En consecuencia, podemos establecer que el nivel de sensibilidad de la corriente rectangular bifásica simétrica se sitúa en el intervalo de intensidad [6,7 y 7,2] +/- 1 mA, para sujetos de ambos sexos.**

5.3.2 NIVEL DE CONTRACCIÓN (N. C.)

Nos parece oportuno recordar que el nivel de contracción es el segundo nivel perceptivo y se evidencia de forma objetiva por el examinador mediante la contracción del músculo cuádriceps femoral y la retracción de la rótula derecha aparejada.

5.3.2.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL NIVEL DE CONTRACCIÓN

Los niveles de contracción de los diferentes sujetos muestrales se describen en la tabla 5.3.2.1.a, en la que aparece una intensidad media de 23,945 mA, y una desviación típica de 5,817 mA. La media recortada al 5% es de 23,741 mA. El rango de los valores de dicho nivel perceptivo es de 31,9 mA, porque la medida mínima se sitúa en 12,1 mA y la máxima en 44 mA. Estos valores máximos y mínimos representan casi el doble y la mitad respectivamente de la mediana, confirmándonos categóricamente que estamos ante una distribución muy centrada en los valores medios. El intervalo de confianza al 95% es de [23,284, 24,606] mA, esto es, la suma o la resta del error muestral (0.66 mA) de este nivel perceptivo a la media.

Media		23,945
Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	23,284
	Límite superior	24,606
Media recortada al 5%		23,741
Mediana		23,000
Varianza		33,847
Desv. típ.		5,817
Mínimo		12,1
Máximo		44,0
Rango		31,9

Tabla 5.3.2.1.a: Descriptivos del n. de contracción.

Para hacer más comprensible la descripción de este nivel de contracción, aportamos la representación de un histograma (figura 5.3.2.1), en el que como podemos observar, según las frecuencias de los diferentes valores obtenidos, destacan los valores en torno al intervalo (20-25 mA), aunque de forma menos evidente que en el anterior nivel (n. de sensibilidad).

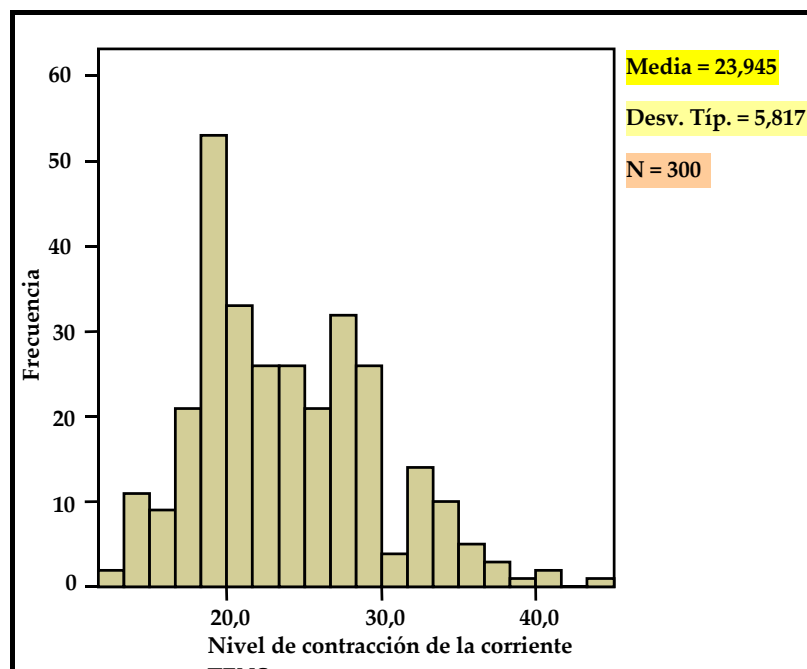


Figura 5.3.2.1: Histograma de frecuencias del n. de contracción.

Los valores extremos del nivel de contracción se encuentran contenidos en la tabla 5.3.2.1.b, donde aparecen definidos los 5 valores inferiores y superiores. Como en el caso anterior los hemos dividido por el orden de la medición, a causa del aprendizaje de los sujetos. Conjuntamente, aportamos los histogramas de frecuencias (figura 5.3.2.1.b), de los valores obtenidos de este nivel perceptivo en cada medición.

			Nº del caso	Valor
NIVEL DE CONTRACCIÓN 1ª medición	Mayores	1	41	41,0
		2	8	40,0
		3	29	39,0
		4	40	37,0
		5	73	36,0
	Menores	1	86	12,5
		2	27	13,6
		3	93	14,0
		4	129	14,2
		5	10	14,6
NIVEL DE CONTRACCIÓN 2ª medición	Mayores	1	41	44,0
		2	30	37,0
		3	40	37,0
		4	6	36,0
		5	22	36,0
	Menores	1	86	12,1
		2	93	13,5
		3	129	14,0
		4	98	14,0
		5	91	14,4

Tabla 5.3.2.1.b: Valores extremos del n. de contracción.

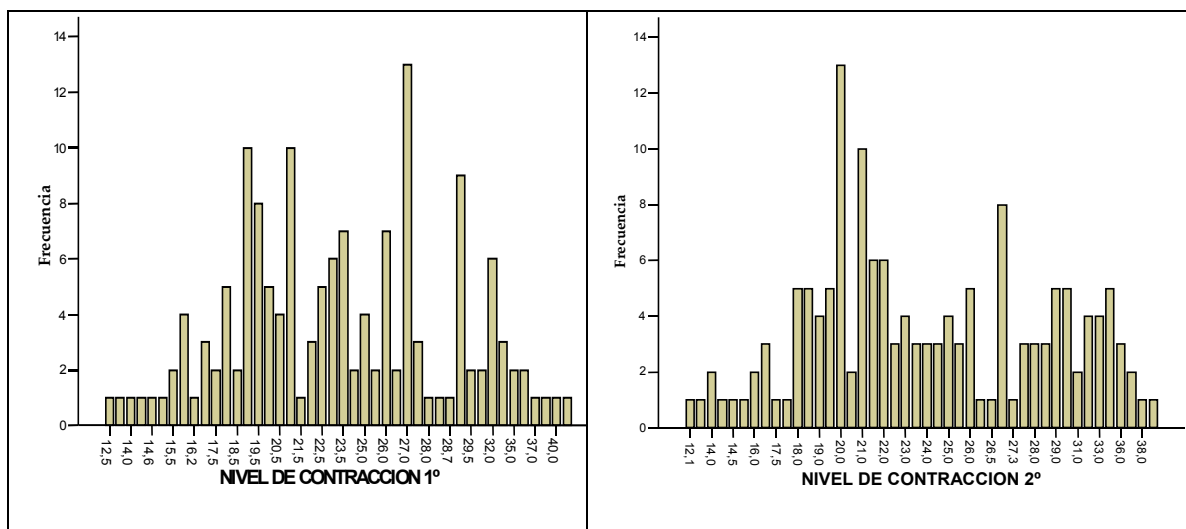


Figura 5.3.2.1.b: Histogramas de frecuencias del n. de contracción, según el orden de medición.

Como podemos observar en la tabla 5.3.2.1.b, los sujetos que requieren una intensidad alta para alcanzar el nivel de contracción (41, 40), son los mismos tanto en la 1ª como en la 2ª medición. De la misma forma ocurre con los sujetos que requieren una intensidad baja (86, 93, 129). Es decir, no estamos ante valores extremos sino ante sujetos que se desvían de la norma. No obstante, creemos necesario el mantenimiento de estos valores porque aunque se desvían del valor central no es en muy alto grado y además hace más representativa la muestra del estudio.

5.3.2.2 ESTUDIO DIFERENCIAL DEL N.C. SEGÚN EL SEXO

El estudio diferencial del nivel de contracción según el sexo de los sujetos y en relación con el orden de la medición, se expone en el cuadro 5.3.2.2. Como podemos observar, no existen prácticamente diferencias entre los hombres (23,64 y 24,06) y las mujeres (23,71 y 24,07), en la 1ª y 2ª medición respectivamente, con respecto a la media de la intensidad de corriente para alcanzar el nivel de contracción. Sin embargo, tanto en la primera como en la segunda medición es ligeramente superior en el caso de las mujeres.

Otro dato a reseñar es que el rango de los valores extremos es bastante similar en hombres (27 y 30,5) y en mujeres (27,5 y 24,9), tanto en la primera como en la segunda medición. No obstante, observamos que en el caso de las mujeres, el rango de los valores extremos es inferior en la segunda medición con respecto a la primera.

ESTADÍSTICOS		1ª Medición		2ª Medición	
		HOMBRE	MUJER	HOMBRE	MUJER
Media		23,644	23,716	24,067	24,070
Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	22,219	22,485	22,385	22,933
	Límite superior	25,068	24,947	25,748	25,207
Media recortada al 5%		23,334	23,515	23,756	23,983
Desv. típ.		5,369	5,979	6,3380	5,5206
Mínimo		14,0	12,5	13,5	12,1
Máximo		41,0	40,0	44,0	37,0
Rango		27,0	27,5	30,5	24,9

Cuadro 5.3.2.2: Estudio de los niveles de contracción según el sexo.

En definitiva, podemos afirmar que **el nivel de contracción de la corriente rectangular bifásica simétrica está comprendido en el intervalo de intensidades de 23,2 y 24,6 mA, para ambos sexos.**

5.3.3 NIVEL DE TOLERANCIA (N. T.)

Como se recoge en capítulos anteriores, se trata del último nivel perceptivo y corresponde con el momento en el que la corriente ya no es soportada por la persona, es decir, que el individuo no tolera la percepción de la misma. Este tercer nivel perceptivo se acota de forma subjetiva por parte del sujeto.

5.3.3.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL NIVEL DE TOLERANCIA

Los niveles de tolerancia de los diferentes sujetos muestrales se describen en la tabla 5.3.3.1.a, en la que cabe destacar la media con un valor de 42,968 mA, y una desviación típica de 7,092 mA. La media recortada al 5% es de 42,898 mA, que prácticamente coincide con la mediana, 43,00 mA. El intervalo de confianza al 95% es de [42,163 , 43,774] mA, resultado de la suma y la resta del error muestral de este nivel de percepción (0,80 mA) a la media. El rango de los valores de dicho nivel perceptivo que es de 35 mA, ya que el valor mínimo se sitúa en 26 mA y el valor máximo en 61 mA.

Media		42,968
Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	42,163
	Límite superior	43,774
Media recortada al 5%		42,898
Mediana		43,000
Varianza		50,297
Desv. típ.		7,092
Mínimo		26,0
Máximo		61,0
Rango		35,0

Tabla 5.3.3.1.a: Descriptivos del n. de tolerancia.

La descripción de este nivel de tolerancia a nivel gráfico, la aportamos mediante un histograma de frecuencias (figura 5.3.3.1.a), en el que observamos cómo la parte central del mismo comprendida en el intervalo (40-45 mA) es donde se sitúan los valores medios. Dentro de este intervalo se encuentra contenido el valor de la mediana, 43 mA, como ya se ha comentado anteriormente.

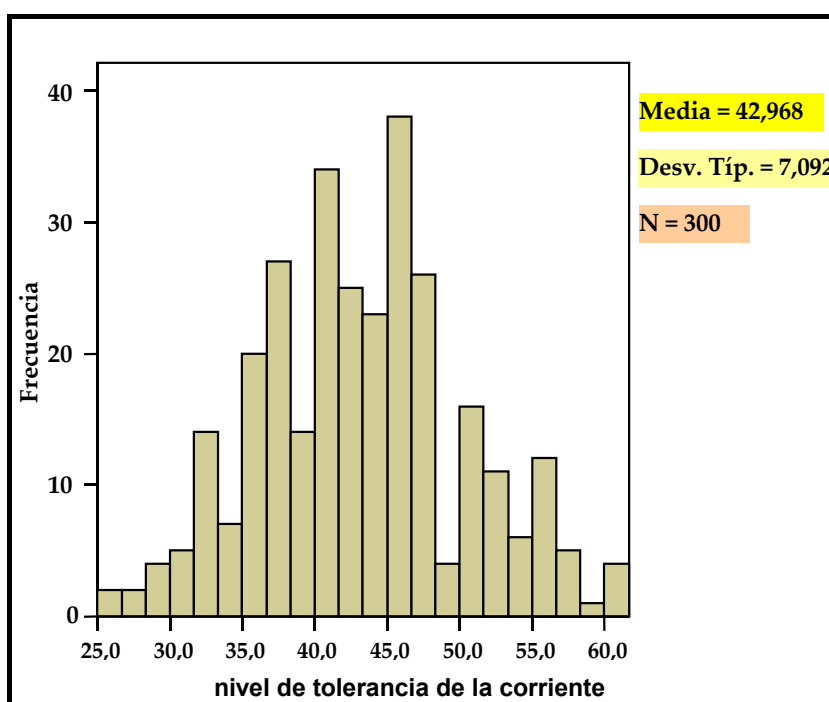


Figura 5.3.3.1.a: Histograma de frecuencias del n. de tolerancia.

Los valores extremos de este nivel perceptivo, se encuentran contenidos en la tabla 5.3.3.1.b. Hemos dividido dichos valores según el orden de la medición, porque a causa del aprendizaje, los sujetos soportan una intensidad mayor, de forma sistemática, en la segunda medición. Asimismo, para una visualización más clara de los resultados, aportamos los histogramas de frecuencias de los valores obtenidos de este nivel perceptivo en cada medición, en la figura 5.3.3.1.b.

			Nº del caso	Valor
NIVEL DE TOLERANCIA 1ª medición	Mayores	1	49	61,0
		2	145	60,0
		3	51	59,0
		4	147	59,0
		5	45	56,0
	Menores	1	36	26,5
		2	101	29,0
		3	134	29,5
		4	90	29,5
		5	19	29,5
NIVEL DE TOLERANCIA 2ª medición	Mayores	1	83	61,0
		2	47	58,0
		3	39	57,0
		4	113	57,0
		5	55	56,0
	Menores	1	86	26,0
		2	90	27,0
		3	36	27,0
		4	100	30,0
		5	123	32,0

Tabla 5.3.3.1.b: Valores extremos del n. de tolerancia

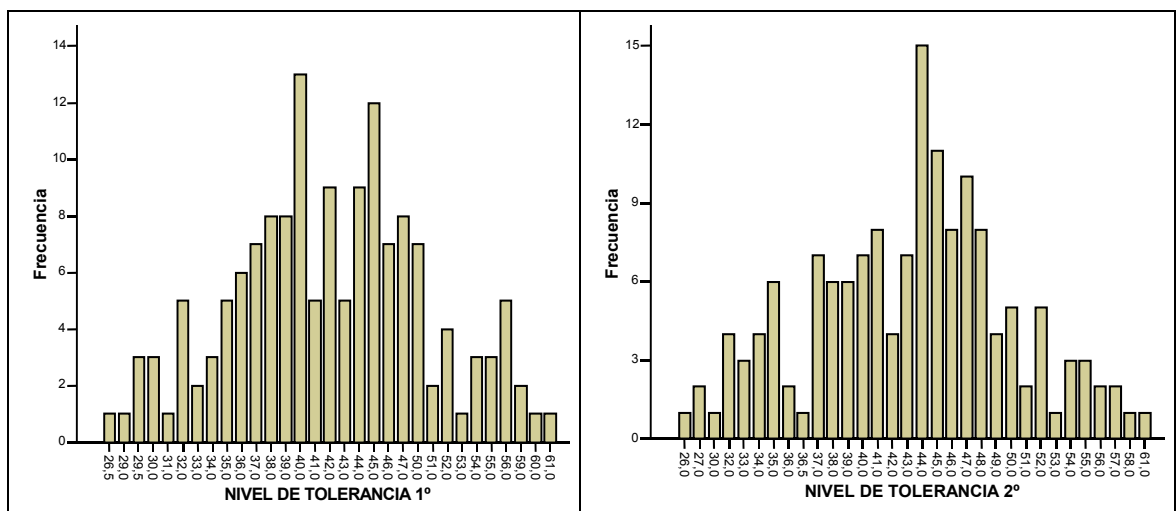


Figura 5.3.3.1.b: Histogramas de frecuencias del n. de tolerancia, según el orden de medición.

5.3.3.2 ESTUDIO DIFERENCIAL DEL N.T. SEGÚN EL SEXO

El estudio diferencial del nivel de tolerancia según el sexo de los individuos y con respecto al orden de la realización del procedimiento de medida: primera o segunda medición, se expone en el cuadro 5.3.3.2. Como podemos valorar, los hombres necesitan de media (45,64 y 46,46) en 1ª y 2ª medición respectivamente, una mayor intensidad de corriente para alcanzar el nivel de tolerancia, que las mujeres (40,47 y 41,34), tanto en la primera como en la segunda medición.

Otro dato a reseñar es el rango de los valores extremos que es bastante similar en hombres (34,5 34,0) y en mujeres (30,0, 28,0), tanto en la primera como en la segunda medición. No obstante, observamos que en el caso de las mujeres es más aproximado que en el caso de los hombres.

ESTADÍSTICOS		1ª Medición		2ª Medición	
		HOMBRE	MUJER	HOMBRE	MUJER
Media		45,640	40,478	46,465	41,344
Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	43,725	39,131	44,625	40,165
	Límite superior	47,556	41,826	48,305	42,523
Media recortada al 5%		45,638	40,259	46,648	41,450
Desv. típ.		7,2184	6,5437	6,9333	5,7265
Mínimo		26,5	29,0	27,0	26,0
Máximo		61,0	59,0	61,0	54,0
Rango		34,5	30,0	34,0	28,0

Cuadro 5.3.3.2: Estudio de los niveles de tolerancia según el sexo.

A tenor de todo lo anteriormente expuesto podemos afirmar que el nivel de tolerancia de la corriente rectangular bifásica simétrica está comprendido en el intervalo de 42,1 y 43,7 mA, de intensidad. Encontramos que, como podemos observar en el cuadro 5.3.3.2, en el caso de las mujeres es de 2 mA menos y en el caso de los hombres de 3 mA más, con respecto al anterior intervalo de intensidad. **Por lo tanto, podemos establecer que el nivel de tolerancia de la corriente rectangular bifásica simétrica se sitúa en el intervalo de intensidad [42,1 y 43,7] +/- 2,5 mA, para individuos de ambos sexos.**

5.4 ESCALA PSICOFÍSICA DE LOS NIVELES DE PERCEPCIÓN EN LA APLICACIÓN DE LAS CORRIENTES RBS

La construcción de la escala psicofísica de los niveles de percepción de las corrientes rectangulares bifásicas simétricas la vamos a afrontar, en primer lugar, mediante la representación gráfica de un diagrama de cajas y bigotes (figura 5.4), de las diferentes medidas obtenidas en el procedimiento de recogida de datos, que aparece a continuación.

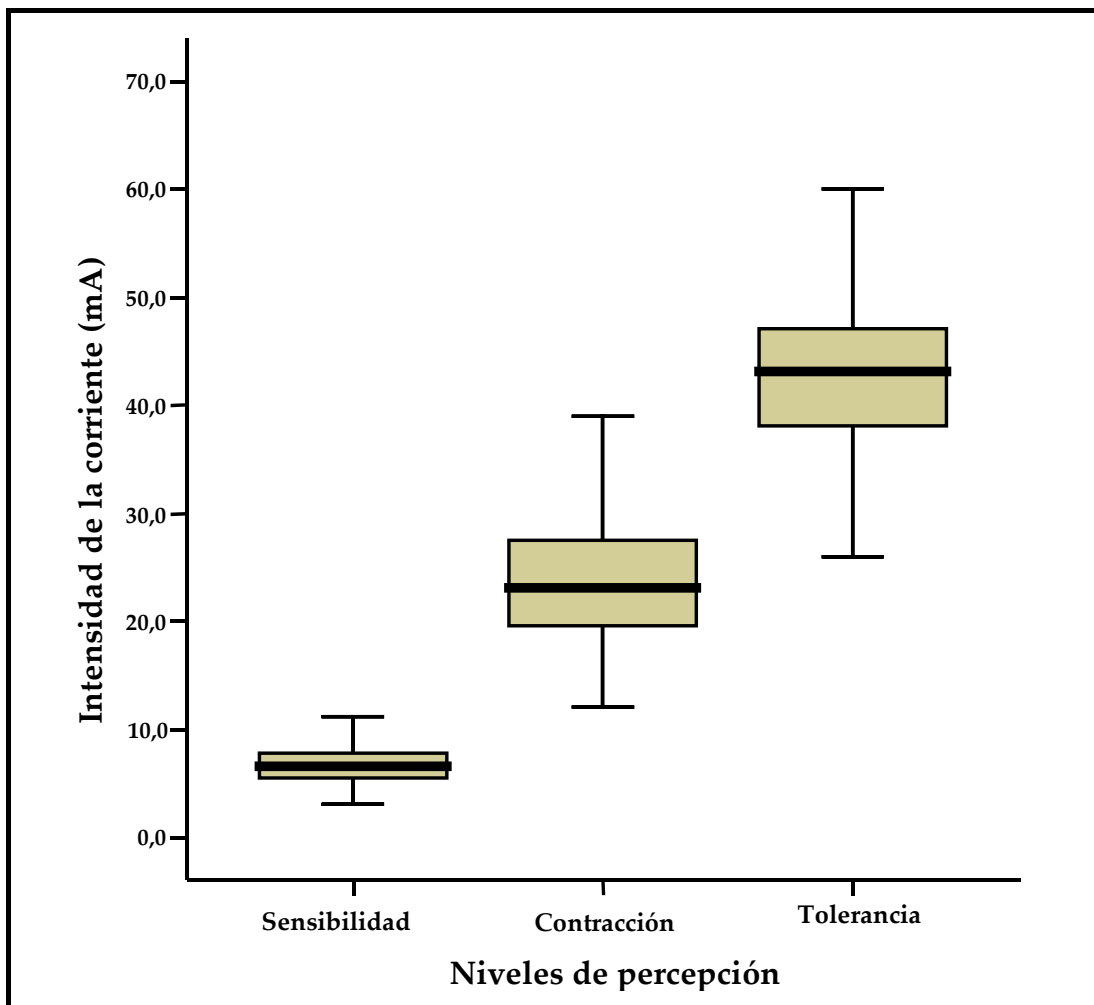


Figura 5.4: Gráfico de cajas y bigotes de los niveles de percepción.

La forma de interpretar el gráfico de cajas y bigotes es la siguiente: como podemos observar cada nivel perceptivo se encuentra representado por una caja, sombreada en verde, que corresponde con el 50% de las mediciones centrales de dicho nivel perceptivo. En dicha caja aparece una línea, más gruesa, que corresponde con la mediana. Los extremos de la caja son, en la parte inferior, el percentil 25 o 1ª bisagra de Tukey¹⁹², y la parte superior, el percentil 75 o 3ª bisagra de Tukey. Los bigotes son las líneas superior e inferior y corresponden con el valor o medida más alta y más baja, respectivamente, sin llegar a ser atípica.

Una vez descrita la gráfica de cajas y bigotes es interesante analizar los niveles perceptivos de forma conjunta. Como muestra la figura 5.4, la gráfica se presenta de forma escalonada donde el nivel de sensibilidad es el primero seguido por el nivel de contracción y por último el nivel de tolerancia. Esta sucesión es similar a la descrita por Robertson et al. (2006)²¹, Plaja (2003)²² y Linares et al. (2004)⁸⁶. También es de destacar que los bigotes de los diferentes niveles perceptivos presentan cierta interacción entre sí, sobre todo entre los del nivel de contracción y el nivel de tolerancia.

La figura 5.4 y los valores contenidos en la tabla 5.4 reflejan que los niveles de percepción resultantes del presente estudio de investigación son muy homogéneos y centrados, sobre todo porque la mediana está en el centro de la caja y la amplitud intercuartil es de 2,3 para el nivel de sensibilidad, 8 para el nivel de contracción y 9 para el nivel de tolerancia.

NIVEL DE PERCEPCIÓN			ESTADÍSTICO
SENSIBILIDAD	Media		6,973
	Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	6,702
		Límite superior	7,244
	Mediana		6,600
	Desv. típ.		2,3878
	Amplitud intercuartil		2,3
CONTRACCIÓN	Media		23,945
	Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	23,284
		Límite superior	24,606
	Mediana		23,000
	Desv. típ.		5,8178
	Amplitud intercuartil		8,0
TOLERANCIA	Media		42,968
	Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	42,163
		Límite superior	43,774
	Mediana		43,000
	Desv. típ.		7,0921
	Amplitud intercuartil		9,0

Tabla 5.4: Descriptivos de los Niveles de Percepción.

Con respecto a la escala de los niveles de percepción de las corrientes rectangulares bifásicas simétricas vemos que existe una relación donde cada nivel se sitúa escalonadamente, según nos ofrece la tabla 5.4. Por ello, podemos definir cada nivel perceptivo con los valores que el presente estudio nos plantea:

■ **NIVEL DE SENSIBILIDAD:**

- Media: 6,97 mA
- Mediana: 6,60 mA
- Intervalo de confianza al 95%: (6,7 - 7,2) mA

■ **NIVEL DE CONTRACCIÓN:**

- Media: 23,94 mA
- Mediana: 23,00 mA
- Intervalo de confianza al 95%: (23,2 – 24,6) mA

■ **NIVEL DE TOLERANCIA:**

- Media: 42,9 mA
- Mediana: 43,00 mA
- Intervalo de confianza al 95%: (42,1 – 43,7) mA

Como podemos comprobar la media del nivel de sensibilidad es de casi 7 mA, por lo que intensidades inferiores a ésta o bien no son percibidas por parte del sujeto, o lo son de forma muy leve.

Con respecto al nivel de contracción es de algo menos de 3,5 veces la media del anterior nivel, concretamente de casi 24 mA. Es decir, que en torno a esta intensidad se observa una contracción muscular.

Finalmente, la media del nivel de tolerancia es de algo más de 6 veces la del primer nivel de sensibilidad, casi 43 mA. Esta intensidad es percibida, por parte de los individuos, como el máximo grado capaz de resistir el paso de la corriente, correspondiendo al límite de seguridad que debemos marcarnos en una aplicación mediante estas corrientes.

Así pues, y a modo de resumen mostramos en el cuadro 5.4 los diferentes intervalos de intensidades de los niveles de percepción de las corrientes rectangulares bifásicas simétricas, acotados en nuestro estudio, presentando las diferencias encontradas entre ambos sexos en los niveles

de sensibilidad y de tolerancia, ya que en el de contracción, como ya se ha comentado, no existen diferencias entre los valores obtenidos en los sujetos masculinos y femeninos. En la columna denominada GENERAL, aparecen los intervalos de cada nivel perceptivo, con su correspondiente grado de variabilidad, expresado en miliamperios (mA).

NIVELES DE PERCEPCIÓN	INTENSIDAD DE LA CORRIENTE (mA)		
	Hombres	Mujeres	GENERAL
Nivel de Sensibilidad	7,7 – 8,2	5,7 – 6,2	6,7-7,2 +/- 1
Nivel de Contracción	23.2 – 24.6		23.2 – 24.6
Nivel de Tolerancia	45,1 – 46,7	40,1 – 41,7	42,1 – 43,7 +/- 2,5

Cuadro 5.4: Resumen de los Niveles de Percepción de las corrientes Rectangulares Bifásicas Simétricas.

En la figura 5.4.1, podemos observar de forma más gráfica los datos que corresponden a los niveles perceptivos de la corriente, en el intervalo más representativo de medidas obtenidas del procedimiento de evaluación de los sujetos inmersos en el estudio. Estos intervalos nos permiten concretar los niveles de percepción: nivel de sensibilidad, nivel de contracción y nivel de tolerancia, de las corrientes rectangulares bifásicas simétricas.

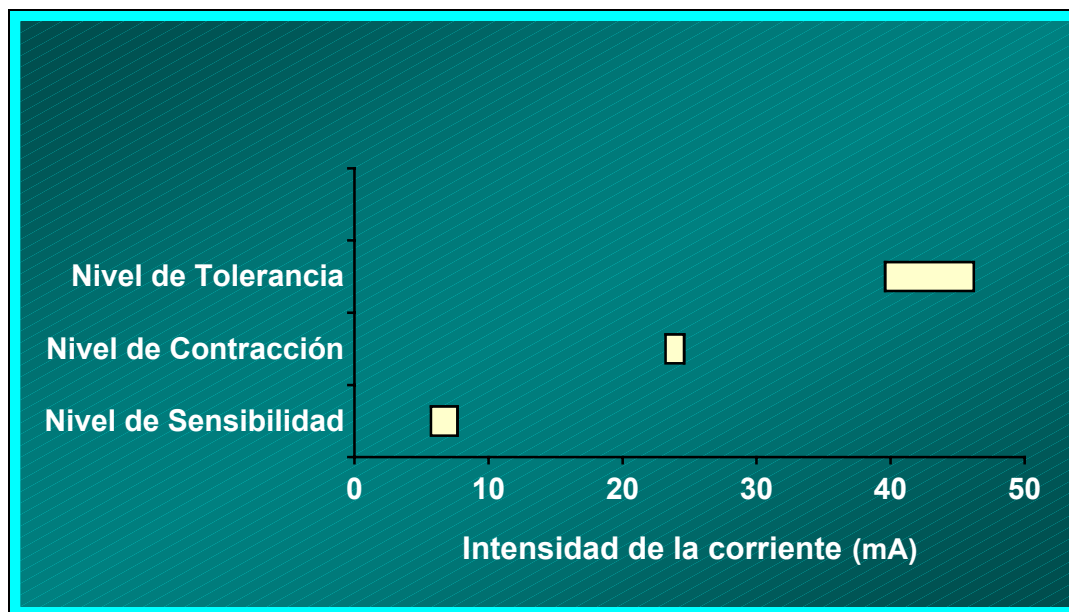


Figura 5.4.1: Representación de los Niveles de Percepción de las corrientes RBS.

Como podemos ver en la figura 5.4.1, los tres niveles perceptivos se encuentran bien agrupados, destacando el nivel de contracción con una variabilidad de sólo 1,4 mA (diferencia entre los valores extremos del intervalo de confianza al 95%), según los datos del presente trabajo. Por su parte, el nivel de sensibilidad posee una variabilidad intermedia de 2,5 mA [diferencia entre los valores extremos del intervalo de confianza 0,5, más el coeficiente de la variable sexo (+/-1), que resulta 2]. Para finalizar, el nivel de tolerancia tiene la mayor variabilidad de todos los niveles perceptivos con 6,6 mA, como consecuencia nuevamente de la diferencia entre los valores extremos del intervalo de confianza 1,6, más el coeficiente del sexo (+/-2,5), que equivale a 5.

6 DISCUSIÓN

6 DISCUSIÓN

Los resultados del presente trabajo evidencian la creación de una escala psicofísica que nos permite medir distintos niveles de percepción de los sujetos ante la aplicación de corrientes rectangulares bifásicas simétricas, con el objetivo de provocar un fortalecimiento muscular. El establecimiento de dicha escala ha supuesto: la utilización de diferentes prácticas metodológicas complementarias entre las que destaca el estudio de concordancia inter-examinador en el proceso de medición; la confección de un instrumento específico, como la Escala de Aprensión Psicológica Personal (EAPP), para controlar la validez y fiabilidad de las medidas de percepción obtenidas; el control de una serie de variables dirigido a conocer la normalidad y homogeneidad de los sujetos muestrales; y el establecimiento de unos procedimientos de medición conducentes a la recogida de datos e informaciones, así como a su validación y aplicabilidad. El desenlace final de todas estas cuestiones, junto al del proceso metodológico específico, nos ha llevado a la elaboración de una escala útil y aplicable en la dosificación de las corrientes rectangulares bifásicas simétricas, que consideramos apropiada para utilizar en las actuaciones fisioterapéuticas de fortalecimiento muscular.

A continuación abordamos los aspectos que consideramos más controvertidos de nuestro estudio, así como el análisis de los resultados, agrupados en diferentes apartados, a fin de proceder de manera ordenada a la discusión de los resultados obtenidos, de modo que, al relacionarlos

con los estudios efectuados por otros autores, podemos deducir los principios básicos comprobables en los hechos observados¹⁹³.

6.1 NIVELES PERCEPTIVOS

En este apartado acometemos la discusión de los resultados obtenidos en nuestro estudio, referidos a dos aspectos derivados de los niveles de percepción de las corrientes rectangulares bifásicas simétricas, con el objetivo del fortalecimiento muscular. Tales aspectos se refieren a la controversia sobre el número y tipo de los niveles de percepción y a la variabilidad que presentan dichos niveles.

6.1.1 NÚMERO Y TIPO DE LOS NIVELES DE PERCEPCIÓN

En el apartado 2.2.1 dejamos constancia de que clásicamente se habían establecido, a nivel funcional, cuatro umbrales de percepción^{9, 10, 12, 15,16-20, 23, 24, 143- 146} que se producen de forma secuencial en el siguiente orden: estimulación sensorial, motórica, dolorosa y de tolerancia. Por otro lado, mencionamos que más recientemente, otros autores^{21, 22} proponen que la percepción de los sujetos se circunscribe a tres umbrales: nivel de sensibilidad, de contracción y de tolerancia, uniendo en este último el tercero y cuarto de la nomenclatura clásica. Pues bien, los resultados de nuestro estudio corroboran la idea de aquellos autores que manifiestan la idoneidad de utilizar solamente tres niveles perceptivos según la duración de fase, ya que de lo señalado en el apartado 5.1.1.2, sobre la concordancia

entre los dos examinadores, y el rango tan pequeño del intervalo de cada nivel perceptivo, como refleja la figura 5.4.1, se deduce que los sujetos muestrales aprecian y describen el nivel de tolerancia con facilidad, como estipula Robertson et al.²¹ y otros. En este sentido, nos manifestamos de acuerdo con este autor y con Delito y Rose¹⁹, cuando mencionan la confusión posible a la hora de diferenciar entre los niveles de dolor y de tolerancia, razón por la que nos decantamos por utilizar un solo nivel que agrupara estos dos conceptos.

6.1.2. VARIABILIDAD DE LOS NIVELES DE PERCEPCIÓN

En nuestro estudio hemos encontrado que se produce una variabilidad significativa entre las dos mediciones efectuadas, pues se constata, mediante el diseño metodológico que recoge la cuantificación por parte de dos examinadores de cada sujeto muestral con el mismo protocolo de medición, que se obtiene un incremento de la intensidad en la segunda medición para cada nivel perceptivo. Ello corrobora lo expresado por Miller y Thepuat-Mathieu¹⁵⁵, Currier y Mann¹⁹⁴ y otros autores^{57, 143, 149, 161, 162} que han descrito la gran variabilidad que puede aparecer en la apreciación de los niveles de percepción de las corrientes rectangulares bifásicas simétricas. Estos autores fundamentan dicha variabilidad en la adaptación y el aprendizaje de los sujetos ante la aplicación de las corrientes. Los resultados de nuestro estudio corroboran esta idea, porque el incremento de la intensidad observado en cada nivel perceptivo, no es atribuible al procedimiento de medición ni a la influencia de los examinadores, como ha quedado demostrado en el apartado 5.1.1.2.

Por otra parte, este fenómeno de variabilidad de las mediciones confirma la teoría de García-Albea⁹⁹, en el sentido de que no existen dos experiencias perceptivas idénticas, ya que, en todos los casos, los examinadores, los aparatos y las condiciones de medición, han sido las mismas, sin embargo los resultados han sido diferentes. Consideramos que ello es debido a que en la segunda medición, los resultados se han producido también en función de la incorporación de la experiencia previa constituida por la primera medición.

6.2 CALIDAD DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

Consideramos que la calidad de los resultados obtenidos en nuestro trabajo viene marcada, entre otros condicionantes, por el control de determinados factores intrínsecos y extrínsecos, así como por el de los aspectos procedimentales. A continuación abordamos el significado de esos controles, señalando el papel que juegan a la hora de ayudarnos a situar e interpretar los resultados expuestos en el capítulo anterior.

6.2.1 EN FUNCIÓN DEL CONTROL DE FACTORES INTRÍNSECOS

Hemos pretendido controlar algunos de los factores intrínsecos que pudieran sesgar los resultados de nuestro estudio, al utilizar como muestra un grupo de estudiantes. Con ello nos situamos junto a autores

que desarrollan sus trabajos en el ámbito de la Educación Física^{81, 148, 195}, quienes consideran que, siendo esta muestra representativa, el estudio se desarrolla de manera más cómoda y rentable. Los resultados del presente trabajo corroboran esta idea al confirmar la idoneidad de los sujetos muestrales en función de los valores que presentan determinadas variables, como son, entre otras, la edad y el Índice de Masa Corporal.

En relación con la edad de los sujetos, Matlin y Foley¹⁰⁷ y Rioja et al.¹⁵⁶, señalan que los umbrales de percepción no son constantes para todas las personas, ni siquiera para una misma persona a lo largo del tiempo, pues encuentran que se produce una pérdida de capacidad en la percepción a medida que envejecemos. Ello nos ha llevado a una doble consideración, por una parte, a obtener una muestra lo más homogénea posible con relación a la edad, situando el intervalo de ésta entre los 18 y los 35 años, ya que las capacidades físicas y sensoriales permanecen prácticamente constantes en este periodo, pues algunos autores⁵³ han encontrado que es a partir de los 30-35 años cuando comienzan a deteriorarse las capacidades fisiológicas de los seres humanos. Por otra parte, confirma la necesidad de establecer rangos en los niveles de percepción, pues los umbrales no son constantes en todas las personas. La determinación de estos rangos nos llevará a encontrar la dosificación adecuada para las primeras sesiones y nos ayudarán a evitar problemas por sobredosificación inicial.

En relación con el índice de masa corporal (IMC) encontramos que en nuestra muestra es intermedio o normal, en la mayoría de los sujetos (64%), sin existir ningún individuo en el grupo de los obesos (IMC >30). Es

especialmente significativo este hecho porque, como nos apunta Montes y Martín (1995)⁵⁴, este factor de obesidad conlleva la existencia de un gran panículo adiposo que hace necesaria una mayor intensidad de corriente, lo cual hubiera podido alterar los resultados del estudio. Esta idea se corrobora por el hecho de que no se producen grandes picos o diferencias en los valores que alcanzan los distintos niveles perceptivos entre los sujetos muestrales, tanto en el grupo de hombres como en el de mujeres.

En consecuencia, podemos decir que estamos ante una muestra representativa de individuos sanos, que se desenvuelven dentro de los cánones de normalidad que establece la sociedad, lo que, como señala Linares (2004)⁸⁶, es una condición habitual en la mayoría de los estudios con estas corrientes.

Nos manifestamos de acuerdo con Delito et al.¹⁶, cuando afirman que la personalidad puede influir en los procedimientos de fortalecimiento muscular con corrientes eléctricas. Por esta razón hemos elaborado y validado un instrumento, al que hemos denominado Escala de Aprensión Psicológica Personal (EAPP), que nos ha permitido controlar la variable aprensión psicológica –neuroticismo– al evidenciar el grado de este factor de la personalidad que pudiera estar presente en los sujetos muestrales. La EAPP ha sido especialmente diseñada para la investigación y el diagnóstico de este factor de la personalidad en el ámbito de la Fisioterapia, pero consideramos que es también extensible a los restantes campos de las Ciencias de la Salud. El análisis de la validez de constructo de la EAPP lo hemos efectuado mediante el procedimiento de Componentes Principales, en su versión clásica y más actual para datos

categoricos, denominada CATPCA. Los resultados de nuestro estudio nos ofrecen un factor fuerte que explica y corresponde a la aprensión psicológica –neuroticismo-, mediante la varianza explicada de 32,096% y 35,379% respectivamente para ambos procedimientos. En cuanto al estudio de la fiabilidad de la EAPP lo hemos realizado mediante el estadístico Alpha de Cronbach, para cada uno de los procedimientos anteriores, arrojando unos valores de 0,842 y 0,870, para $p < 0,05$, respectivamente. Por lo tanto, dicha escala se muestra útil, válida y fiable en el proceso de recoger y valorar cuantitativamente la dimensión “aprensión psicológica-neuroticismo-”, para el uso de estas medidas en relación con la investigación de los procesos asistenciales y de intervención psicofísica con los sujetos susceptibles de estas actuaciones en el campo de la salud.

6.2.2 EN FUNCIÓN DE ASPECTOS PROCEDIMENTALES

Como nos señala Brasileiro et al. (2001)¹⁶², la intensidad de la corriente es uno de los parámetros clave en los procedimientos de fortalecimiento muscular con corrientes eléctricas. La mayoría de los estudios sobre esta temática investigan únicamente la intensidad máxima soportada o el nivel de tolerancia de los sujetos, como la más óptima para el fortalecimiento muscular. Por ello, el nivel de tolerancia es el más estudiado y es muy similar en todos los trabajos científicos realizados^{26, 39, 93, 148}. En este sentido, diversos autores indican que la dosificación de las corrientes que venimos estudiando para los procedimientos de fortalecimiento muscular, está en función de la aplicación de la máxima intensidad soportable por parte del sujeto^{25, 72, 93, 148}. En cambio, otros

autores^{6, 7, 26, 82} señalan que la intensidad de la corriente debe establecerse en función de los fines que se persigan. Habida cuenta de la idoneidad que ha mostrado el procedimiento que hemos seguido, creemos más acertada la consideración que manifiestan el segundo grupo de autores, pues elevar la corriente en función de los objetivos terapéuticos que se persigan, permite organizar la estimulación con estas corrientes, en relación con los tres niveles perceptivos que hemos venido manejando; lo que puede ser utilizado a modo de guía.

Con relación al tipo de impulso empleado en los procedimientos de fortalecimiento muscular con corrientes eléctricas, existen autores^{154, 196}, que señalan al impulso bifásico simétrico como el más confortable y eficaz, de todos los analizados. Si bien no hemos contrastado este impulso con otras corrientes, parece que el trabajo de campo realizado en nuestro estudio apunta en esa misma dirección, pues de las 900 mediciones válidas y fiables que hemos efectuado, hemos constatado la comodidad de los sujetos y la clara apreciación de los mismos ante cada nivel o umbral perceptivo. Además, los resultados de nuestro estudio están en concordancia con los anteriores autores pues dicho impulso ha sido idóneo para establecer los niveles perceptivos de las corrientes rectangulares bifásicas simétricas.

Con respecto a la duración de fase o duración del impulso, el intervalo señalado por numerosos autores es de 200 a 400 μseg ó (0,2 – 0,4 mseg)^{26, 54, 55, 57}. Los resultados del presente trabajo nos confirman que una duración de fase de 300 μseg es adecuada para realizar los procedimientos de fortalecimiento muscular con corrientes rectangulares bifásicas

simétricas y acotar los niveles de percepción de las mismas. Como quiera que es la duración de fase que predomina en los equipos de electroterapia portátiles que suministran estas corrientes que se emplean para el procedimiento de fortalecimiento muscular, y dado que la mayoría de los equipos que se encuentran en el mercado son principalmente equipos portátiles, podemos afirmar que resultan útiles para conseguir este objetivo.

En cuanto a la frecuencia de emisión de la corriente, los trabajos publicados y la práctica clínica, señalan que una frecuencia de 50 Hz es la más utilizada en el trabajo de fortalecimiento muscular con corrientes rectangulares bifásicas simétricas, sobre el músculo cuádriceps femoral porque provoca una contracción tetánica o completa y agradable^{6, 11, 22, 56, 58-60}. En el transcurso de nuestro trabajo hemos podido comprobar que con esa frecuencia se consiguen evidenciar los niveles perceptivos para su estudio y establecimiento, mostrándose idónea para su empleo.

La elección del músculo cuádriceps femoral derecho para el presente trabajo es consecuencia de ser el músculo más estudiado y por ende más estimulado eléctricamente en los procedimientos de fortalecimiento muscular con corrientes rectangulares bifásicas simétricas, como nos apunta Gallach et al. (2006)¹⁴³, Linares et al. (2004)⁸⁶, Basas (2001)¹⁹⁷ y Lieber y Kelly (1991)¹⁹⁸. Este hecho es atribuible a la gran exigencia o solicitud que este músculo presenta en la reeducación y potenciación necesaria en multitud de patologías^{79, 143, 156} y en el ámbito deportivo⁹². Por otra parte, como nos indica Baker et al.¹⁵⁴ y Delito y Rose¹⁹, el tipo de impulso rectangular bifásico simétrico es el más recomendado

para músculos grandes, como el cuádriceps femoral. Los resultados del presente estudio nos reflejan la idoneidad de emplear el músculo cuádriceps femoral para establecer los niveles perceptivos de las corrientes rectangulares bifásicas simétricas porque nos permite establecer una ubicación fácilmente accesible y comprobable, así como comparable con otros sujetos o músculos contralaterales, lo que representa una gran facilidad para su reproducción en futuras investigaciones.

El empleo de electrodos autoadhesivos en la aplicación de estas corrientes en los procedimientos de fortalecimiento muscular se realiza porque esta corriente no presenta efectos galvánicos. El tamaño de los electrodos también es importante como nos apuntan Alon (1985)¹⁶⁶ y Brasileiro et al. (2001)¹⁶². Los resultados de nuestro estudio confirman la idoneidad de utilizar una técnica bipolar, mediante dos electrodos de igual tamaño de 9x5 cm (45 cm²), con el fin de evitar diferencias de sensibilidad entre cada electrodo, que no se produjeron por parte de los sujetos. No creemos recomendable emplear la técnica con tres electrodos, descrita por algunos autores^{148, 149}, donde se coloca un electrodo en el tercio superior de la cara anterior del muslo y dos electrodos bifurcados en el tercio inferior del muslo, esto es, en el vientre muscular del músculo recto anterior del cuádriceps y en el músculo vasto externo. Este procedimiento presenta el inconveniente de producir un reclutamiento simultáneo de los dos músculos anteriormente señalados, que requiere un incremento de la intensidad de la corriente, por lo que contamina el estudio. Así mismo, la contracción muscular de ambos músculos provoca la lesión de las fascias inter-musculares de forma más o menos evidente.

Por lo tanto, con respecto a la colocación de los electrodos, algunos autores^{36, 167}, nos recomiendan la ubicación de uno de ellos en el punto motor muscular. Sin embargo, Patterson y Lockwood (1991, 1993)^{164, 165}, nos señalan que la localización de dicho punto motor en el cuádriceps es muy variable. Nos manifestamos en concordancia con Bergman et al. (2001)¹⁶⁸ que plantean que la colocación de los electrodos no es tan importante en la comodidad percibida por el sujeto. Los resultados del presente estudio nos confirman esta idea, pues plantean la idoneidad de emplear dos electrodos que se colocan de forma longitudinal, en la cara anterior del muslo, esto es en el vientre del músculo cuádriceps derecho. Y más concretamente, a 10 y 25 cm del borde superior de la rótula. Esta disposición y ubicación de los electrodos resulta eficaz y permite la reproducción de la investigación, de forma fácil y cómoda, con otros grupos de sujetos muestrales.

6.3 A PROPÓSITO DE LA METODOLOGÍA

El expresar dentro de la discusión este apartado es como consecuencia del gran control metodológico empleado en el presente trabajo, con el fin de garantizar la confianza en las medidas obtenidas y el plantear las estrategias y diseños utilizados como válidos y que han sido útiles para la creación de la escala psicofísica de los niveles de percepción de las corrientes rectangulares bifásicas simétricas. La cuantificación de los niveles perceptivos se podría haber realizado de forma más laxa pero el empleo de un procedimiento de medición validado y que se ha mostrado fiable, así como, la creación de diferentes instrumentos nos han asegurado

una serie de medidas con las suficientes garantías como para poder confeccionar la escala psicofísica de los niveles de percepción.

Como todo proceso de medición, el presente estudio ha requerido la puesta en marcha de una serie de actividades y tareas, con su correspondiente toma de decisiones, similares a las que se pueden apreciar en la figura 6.3, donde se refleja la complicación que representa dicho proceso. Como puede observarse ha sido necesario definir una serie de apartados, como por ejemplo el instrumento a emplear, que en nuestro caso no se encontraba bien delimitado, por parte de los estudios científicos al respecto, necesitando su creación y validación para su posterior empleo en la toma de mediciones psicofísicas.

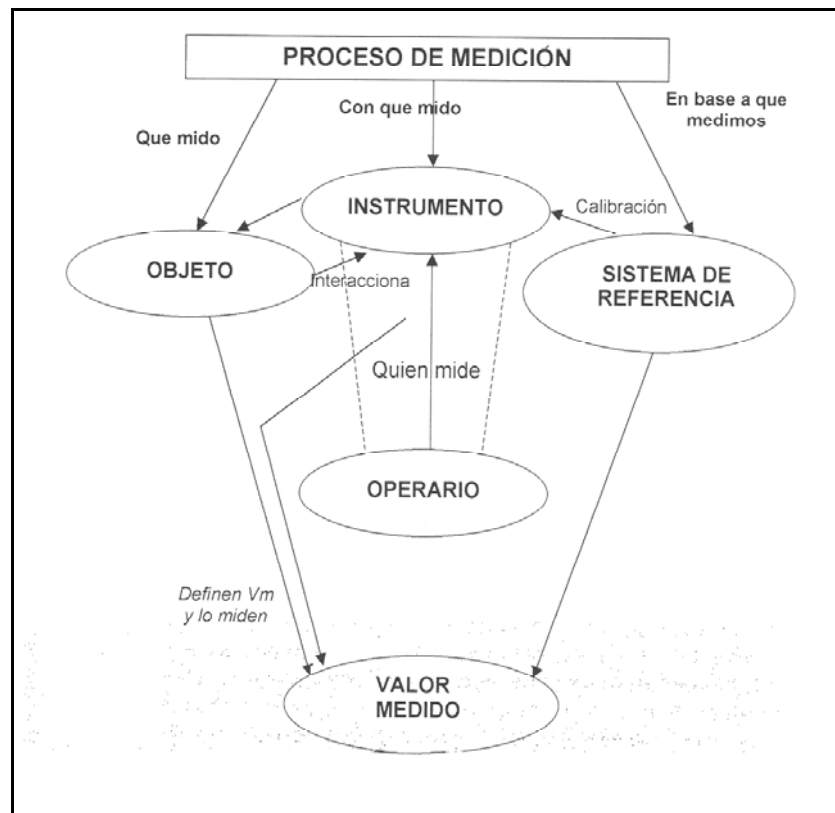


Figura 6.3: Proceso de medición.

Fuente: Seco J. (2004)¹⁹⁹.

Además el operario o la persona que mide, en nuestro trabajo ha estado constituido por dos examinadores diferentes que han sido estudiados para comprobar su concordancia en el proceso de medición, alcanzando un alto grado de correlación en el valor medido.

El procedimiento de recogida de datos o de medición destaca por el gran control metodológico empleado según el diseño experimental de dos factores inter-intrasujetos de medidas repetidas en un factor, llevado a cabo por dos examinadores, como ya se ha mencionado. Según los resultados obtenidos queda demostrada la consistencia del procedimiento de medición y cabe destacar que las diferencias de las medidas obtenidas son consecuencia del aprendizaje de los sujetos, como nos señala Gallach et al. (2006)¹⁴³ y otros estudios con similares tipos de estímulos y evaluaciones psicofísicas^{11, 68, 189}.

En relación con los instrumentos elaborados y validados cabe destacar la Escala de Aprensión Psicológica Personal (EAPP), que ha sido especialmente diseñada para esta investigación, así como, la propia escala psicofísica de los niveles de percepción de las corrientes rectangulares bifásicas simétricas, siendo el fin último de la presente investigación.

6.4 LA ESCALA PSICOFÍSICA DE LOS NIVELES DE PERCEPCIÓN DE LA CORRIENTE R. B. S.

Conforme a nuestro objetivo principal, hemos abordado la confección de una escala psicofísica de los niveles de percepción de la

corriente rectangular bifásica simétrica, con el objetivo del fortalecimiento muscular sobre el músculo cuádriceps, relacionando el estímulo físico que supone la intensidad de la corriente con la percepción que los sujetos tienen de la misma a distintos niveles.

Deseamos destacar que el valor de nuestra escala radica en su utilidad para servir de guía en el establecimiento del rango inicial de estimulación con las corrientes objeto de nuestro estudio, ya que ello evitará los riesgos de aplicar una dosificación excesiva en las primeras sesiones.

Según se desprende del resultado de nuestro estudio, cada nivel perceptivo viene definido por un intervalo de confianza y una variabilidad en función del sexo, como se puede apreciar en el cuadro 5.4. (página 166). En función de estos parámetros, la escala ha quedado configurada como sigue:

✘ El nivel de sensibilidad se sitúa en el intervalo de confianza al 95% en [6,7 - 7,2 mA] de intensidad de corriente. Este nivel perceptivo presenta una variabilidad de -1 mA para los individuos de sexo femenino y de +1mA para los sujetos masculinos. En consecuencia, el nivel de sensibilidad se encuentra comprendido en el intervalo de 5,7-6,2 mA para las mujeres y 7,7-8,2 mA para los hombres, o bien en **[6,7-7,2 mA +/- 1 mA] para ambos sexos.**

✘ El nivel de contracción se encuentra definido por el intervalo de confianza al 95% en **[23,2-24,6 mA], para ambos sexos.**

✘ El nivel de tolerancia está acotado en el intervalo de confianza al 95% en [42,1-43,7 mA] de intensidad de corriente. La variabilidad de este nivel perceptivo, en función del sexo es de -2 mA para las mujeres y +3 mA para los hombres. Es decir, el nivel de tolerancia para las mujeres es de 40,1-41,7 mA y de 45,1-46,7 mA para los hombres o también de **[42,1-43,7 mA +/- 2,5 mA] para ambos sexos.**

Establecidos los niveles perceptivos que configuran nuestra escala, pasamos, seguidamente, a analizar aquellos aspectos que consideramos más significativos en función de los estudios previos concernientes a esta temática, que hemos comentado en apartados anteriores:

Linares y otros (2004)⁸⁶, en un estudio de revisión bibliográfica realizado para conocer cuáles son las corrientes y los parámetros más efectivos en la electroestimulación del cuádriceps, consideran demostrado que la estimulación eléctrica sigue un orden secuencial que es el siguiente: en primer lugar se alcanza la estimulación sensorial, en segundo lugar la estimulación motora, y por último, en tercer lugar, se llega a la estimulación dolorosa. Esta gradación es similar a la propuesta por otros autores como Robertson et al. (2006)²¹ y Plaja (2003)²², y así mismo observada en otros estudios como el de Miller y Thepaut-Mathieu (1990)¹⁵⁵ y el de Currier y Mann (1983)¹⁹⁴. Los resultados de nuestro estudio, como podemos ver gráficamente en el diagrama de cajas y bigotes que representamos en la figura 5.4 (página 162), confirman lo expresado por los anteriores autores, pues hemos comprobado cómo es necesario elevar la intensidad de la corriente de manera progresiva, para alcanzar

sucesivamente y de forma escalonada cada uno de los niveles perceptivos: el nivel de sensibilidad, el nivel de contracción y el nivel de tolerancia.

Por otra parte, es de destacar que en el mencionado diagrama, los bigotes de los diferentes niveles perceptivos presentan cierta interacción entre sí, sobre todo entre los de los niveles de contracción y de tolerancia. Ello significa que existen sujetos que alcanzan el umbral o nivel de contracción a intensidades donde otros refieren que no toleran la corriente. Sin embargo y a tenor de los resultados, es en un muy pequeño porcentaje y suelen coincidir que son los mismos sujetos los que presentan elevados o reducidos valores para cada nivel perceptivo.

Con respecto a la delimitación nítida y precisa de los niveles de percepción, en nuestro estudio, hemos observado que la mayoría de las medidas se encuentran agrupadas en unos intervalos de intensidad de la corriente bien definidos, como se puede apreciar de forma visible en la figura 5.4.1 (página 167). Esta circunstancia nos permite predecir, con cierta garantía y un mínimo error, la intensidad de dicha corriente necesaria para alcanzar cada uno de los niveles de sensibilidad, de contracción y de tolerancia, siendo mayor la exactitud de dicha predicción en el caso del nivel de contracción, donde no se aprecian diferencias entre hombres y mujeres. Todo ello proporciona a los usuarios la disponibilidad de una dosimetría clara, fiable y práctica ante las aplicaciones clínicas de las corrientes rectangulares bifásicas simétricas. Consideramos que el establecimiento de estos límites en la dosimetría es muy útil, especialmente en el abordaje de las primeras sesiones, para facilitar la labor de los profesionales de la salud, pero sobre todo nos parece muy

necesario a la hora de orientar el trabajo de otros profesionales y de los usuarios en general, dado que, como apuntábamos en la justificación del estudio, el empleo de este tipo de corrientes presenta una amplia divulgación.

Las diferencias de los niveles de percepción con respecto al género encontradas en los resultados, nos ponen de manifiesto que las mujeres perciben (nivel de sensibilidad) y toleran (nivel de tolerancia) la corriente rectangular bifásica simétrica a menos intensidad que los hombres. Por el contrario, la contracción muscular (nivel de contracción), se produce a similares intensidades, tanto en los hombres como en las mujeres. Estos resultados coinciden con los manifestados en el estudio realizado por Alon et al. (1999)¹⁷, quienes encuentran que el factor género debe tenerse en consideración cuando se persigue el fortalecimiento muscular con corrientes eléctricas y a intensidades elevadas (nivel de tolerancia).

En contraposición al estudio realizado por Coarasa et al. (2001)⁸², donde se concluye que existe una amplia variabilidad interindividual de la intensidad de las contracciones electro-inducidas, en nuestro estudio se pone de manifiesto que tal variabilidad es susceptible de ser acotada y encuadrada en un intervalo de confianza no tan dispar.

Por otra parte, en estudios como el llevado a cabo por Miranda-Filloo et al. (2005)³⁹, se pone de manifiesto que la intensidad de la corriente se debe regular en función de la tolerancia de los sujetos, sin superar los 60 mA. Aunque este estudio se realiza con sujetos afectados de artrosis de rodilla, según nuestra escala psicofísica de percepción el nivel de

tolerancia es de [42,1-43,7 mA +/- 2,5 mA], y sólo tres valores atípicos superaron esa cifra de 60 mA, coincidiendo con dicho estudio.

En función de todas estas coordenadas y a tenor de los resultados del presente trabajo, podemos programar los equipos de electroterapia con una mayor garantía de eficacia y de seguridad, tanto para los pacientes y usuarios susceptibles de recibir esta terapéutica en los diferentes procedimientos de fortalecimiento muscular con corrientes rectangulares bifásicas simétricas, como para quienes hayan de aplicarla.

6.5. LIMITACIONES DEL ESTUDIO REALIZADO

Somos conscientes de que nuestro trabajo de investigación presenta una serie de limitaciones que, por una parte, han condicionado su desarrollo, y por otra, dificultan la más amplia extrapolación de sus resultados. A continuación exponemos las que, en uno y otro sentido, hemos encontrado.

El hecho de que hayamos conformado la muestra con sujetos sanos y normales, en edades comprendidas entre los 18 y 35 años, al mismo tiempo que ha supuesto las ventajas que ya hemos comentado, plantea también algunas limitaciones importantes. Por una parte, restringe la generalización de los resultados a otras edades, pues como señalan Matlin y Foley¹⁰⁷ y Rioja et al.¹⁵⁶, los umbrales de percepción no son constantes, pues se produce una pérdida de la percepción, tanto en calidad como en cantidad, a medida que avanzamos en edad. Por otra parte, tampoco

podemos generalizar los resultados a los sujetos que padezcan alguna afección, pues nuestra muestra está conformada exclusivamente por individuos sanos. Del mismo modo, la muestra seleccionada plantea serios problemas en la generalización de los resultados a otros colectivos más específicos o de diferentes características, como pueden ser: deportistas de élite, amas de casa, etc.

Otro aspecto limitante de nuestro trabajo, se deriva del estricto control metodológico llevado a cabo en cuanto a los criterios de inclusión y exclusión, así como de las variables extrañas y de la medición. De hecho, la muestra inicial conformada por 208 sujetos, se redujo hasta los 150. En este sentido, con relación a la aprensión psicológica personal, deseamos destacar que, aunque para el estudio se puedan descartar a los sujetos que manifiesten tendencia al neuroticismo, en la práctica clínica no es posible eliminar a los sujetos que presentan elevadas puntuaciones en este factor de la personalidad.

Hemos elaborado la escala psicofísica de los niveles de percepción de las corrientes rectangulares bifásicas simétricas en función de sólo dos mediciones, por consiguiente consideramos que es válida y fiable en la dosificación de estas corrientes para las primeras sesiones de aplicación, pues, como hemos visto, los resultados del estudio nos ofrecen un incremento sistemático entre los valores de la primera a la segunda medición. Ello coincide con el trabajo desarrollado por Gallach et al (2006)¹⁴³ sobre sujetos enfermos, en el cual se observa que la intensidad de la corriente se incrementa progresivamente en sesiones sucesivas, a medida que los sujetos se habitúan al efecto de la misma. Tales autores

afirman que el nivel de tolerancia puede llegar a incrementarse hasta en un 251% entre la primera y la decimoctava sesión. No sabemos si estos mismos incrementos se producirían también en sujetos sanos, aunque, fundamentándonos en el estudio realizado por Coarasa et al. (2001)⁸² parece que bien pudiera ser ya que este autor encuentra que, de entre cinco tipos de corrientes diferentes, las que permiten elevar en mayor grado la intensidad de la corriente hasta alcanzar el nivel de tolerancia, es precisamente la corriente rectangular bifásica simétrica.

6.6.- NUEVAS PROPUESTAS DE ESTUDIO

Una de las consecuencias lógicas que deducimos del devenir de nuestro trabajo y de sus resultados, es la necesidad de encontrar respuesta a las nuevas interrogantes que han surgido en el transcurso del mismo. En este sentido consideramos la necesidad de crear una línea de investigación en torno a las corrientes rectangulares bifásicas simétricas para conocer sus posibilidades de desarrollo en función a las limitaciones que hemos mencionado en el aparatado anterior.

En relación con los posibles trabajos de investigación que se pueden desarrollar sobre la base del presente estudio, queremos destacar aquellos que se centren en poblaciones más específicas, como por ejemplo de sujetos enfermos, con diferentes rangos de edad, etc.

Por otro lado, el presente trabajo se circunscribe a las primeras aplicaciones de estas corrientes eléctricas, sin entrar en el estudio de las diferencias de intensidad producidas, como consecuencia del aprendizaje

de los sujetos, a lo largo de un mayor número de sesiones con el objeto de conocer los rangos de intensidad de los niveles de percepción de estas corrientes. Así como, identificar el número de sesiones donde las intensidades máximas se estabilizan en cada uno de los niveles de percepción.

Con respecto al impulso de la corriente empleado, el rectangular bifásico simétrico, si bien es el más extendido y divulgado, como ya se ha dicho, no es el único que se emplea en Fisioterapia para los procedimientos fortalecimiento muscular con corrientes eléctricas. Por ello, sería oportuno promover estudios que basándose en la metodología aquí empleada acotaran los niveles perceptivos de cada corriente utilizada en estos procedimientos de fortalecimiento muscular y los comparara con los establecidos en el presente estudio.

Todo ello redundará sin duda en el desarrollo científico de la Fisioterapia en España. Desarrollo que, como refleja el reciente estudio llevado a cabo por Gustavo Rodríguez y otros (2006)²⁰⁰, de la Universidad de Vigo, en el que abordan la totalidad de las Universidades españolas donde se imparte esta titulación, está todavía en sus inicios. Ello nos anima a emprender nuevas investigaciones que ayuden a resolver los problemas que son propios de nuestra disciplina científica.

7 CONCLUSIONES

7 CONCLUSIONES

1. La escala psicofísica de los niveles de percepción de las corrientes rectangulares bifásicas simétricas presenta una forma escalonada y bien definida de cada nivel perceptivo: nivel de sensibilidad, nivel de contracción y nivel de tolerancia.
2. Los niveles de percepción de las corrientes rectangulares bifásicas simétricas se definen, con respecto a sujetos de ambos sexos, de la forma siguiente:
 - ▶ Nivel de sensibilidad [6,7-7,2 mA +/- 1 mA]
 - ▶ Nivel de contracción [23,2-24,6 mA]
 - ▶ Nivel de tolerancia [42,1-43,7 mA +/- 2,5 mA].
3. La escala psicofísica de los niveles de percepción de las corrientes rectangulares bifásicas simétricas es un instrumento válido y fiable para su utilización en las primeras sesiones de los procedimientos de actuación con esta corrientes.
4. La escala psicofísica de los niveles de percepción aporta criterios científicos para orientar a los fabricantes de los equipos de electroterapia, que suministran estas corrientes, para una confección más acorde con las exigencias de los usuarios y una mayor seguridad en cuanto a los dosificadores o amperímetros.

5. La Escala de Aprensión Psicológica Personal (EAPP) que hemos elaborado, constituye un instrumento válido y fiable para la cuantificación de la covariante de aprensión psicológica -neuroticismo- que pueden presentar las personas. Por sus reducidas dimensiones (15 items), es muy operativa y fácil de emplear.

6. La aplicabilidad de la EAPP es tanto dentro de los procesos de investigación, para lo que ha sido creada, principalmente aquellos que implican sistemas de recogida de información sobre los sujetos en los que éstos deben auto-posicionarse; como en el ámbito asistencial clínico, donde se puede emplear para conocer el estado de los pacientes antes de administrar determinados procedimientos de Fisioterapia que requieran de la percepción de los mismos.

8 RESUMEN

8 RESUMEN

El presente estudio se circunscribe en lo que podemos denominar un proceso de escalamiento psicofísico. Esto es, la creación de una escala de los niveles de percepción que se obtienen mediante la aplicación de las corrientes rectangulares bifásicas simétricas, con el objeto del fortalecimiento muscular. Los niveles perceptivos estudiados y acotados son: nivel de sensibilidad, nivel de contracción y nivel de tolerancia. La muestra ha estado constituida por 900 medidas, 300 para cada nivel de percepción, obtenidas de 150 sujetos sanos y normales, 93 mujeres y 57 hombres, con edades comprendidas entre los 18 y 35 años. Para cuantificar dichos niveles perceptivos hemos desarrollado un diseño de dos factores inter-intrasujetos con medidas repetidas en un factor. Por lo tanto, cada sujeto ha sido examinado en dos ocasiones distintas por dos experimentadores diferentes, en primer y segundo lugar. Este diseño nos permite estudiar la calidad de las medidas obtenidas: validez y fiabilidad. Conjuntamente, hemos elaborado una serie de instrumentos, destacando la escala de aprensión psicológica personal (EAPP), que nos ha permitido cuantificar el grado de este factor de la personalidad en los individuos. Los resultados han revelado que estamos ante una muestra de sujetos sanos y dentro de los rangos de normalidad de la población general. Las diferencias encontradas en las mediciones de los dos experimentadores son atribuibles al auto-aprendizaje de los sujetos y no a la influencia sistemática de los examinadores. Además, se ha confirmado que los individuos no presentan una puntuación elevada en la EAPP, por lo que

dicha muestra ha sido válida para la confección de la escala psicofísica. Los niveles de perceptivos se encuentran bien definidos en los siguientes intervalos: nivel de sensibilidad [6,7-7,2] +/- 1 mA, nivel de contracción [23,2-24,6] mA y nivel de tolerancia [42,1-43,7] +/- 2,5 mA. Finalmente, la escala psicofísica tiene forma escalonada y progresiva en los intervalos anteriormente descritos, para una población adulta joven, de ambos sexos, sana y normal, cuyo análisis ha sido el objetivo de esta tesis.

9 BIBLIOGRAFÍA

9 **BIBLIOGRAFÍA.**

1. Rebollo J. ¿Investigar? ¿Para qué? [Editorial]. *Fisioterapia*. 2003; 25 (2): 57-58.
2. Rebollo J, García R. La investigación en Fisioterapia. Consideraciones preliminares. [En prensa].
3. Albornoz M, Maya J, Yáñez A, García P. Percepción & Psicofísica, modelo de una Fisioterapia más cuantificable. *Cuestiones de Fisioterapia*. 2004; 25: 1-14.
4. Argimon J M, Jiménez J. Métodos de investigación clínica y epidemiológica. 3ª ed. Madrid: Elsevier. 2004.
5. Bax L, Staes F, Verhagen A. Does neuromuscular electrical stimulation strengthen the quadriceps femoris? A systematic review of randomised controled trial. *Sport Med*. 2005; 35 (3): 191-212.
6. Coarasa A, Moros T, Marco C, et al. Variación de parámetros de electroestimulación con corrientes bifásicas de baja frecuencia y fuerzas evocadas. *Rehabilitación*. 2001; 35: 287-294.
7. Bertoti DB. Electrical stimulation; a reflection on current Clinical practices. *Assit. Technol*. 2000; 12: 21-32.
8. Delitto A, Rose SJ, McKowen JM, et al. Electrical stimulation versus voluntary exercise in strengthening thigh musculature after anterior cruciate ligament surgery. *Phys. Ther*. 1988; 68: 660-663.
9. Delitto A, Brown M, Strube MJ, Rose SJ, And Lehman RC. Electrical stimulation of quadriceps femoris in an elite weight lifter: a single subject experiment. *Int. J. Sports. Med*. 1989; 10 (3): 187-191.

10. Lieber RL, Kelly MJ. Factors influencing quadriceps femoris muscle torque using transcutaneous neuromuscular electrical stimulation. *Phys. Ther.* 1991; 71 (10): 715-723.
11. Selkovitz DM. Improvement in isometric strength of the quadriceps femoris muscle after training with electrical stimulation. *Phys. Ther.* 1985; 65 (2): 186-196.
12. Vanderthommen M, Criellaard JM. Muscle electrical stimulation in sport medicine. *Rev. Med. Liege.* 2001; 56 (5): 391-395.
13. Michels E. Measurement in Physical Therapy. *Phys. Ther.* 1983; 63 (2): 209-215.
14. Baker K, Robertson V, Duck F. A review of therapeutic ultrasound: effectiveness studies. *Phys. Ther.* 2001; 81 (7): 1339-1350.
15. McMeeKen J. Tissue temperature and blood flow: a research based overview of electrophysical modalities. *Aust. J. Physiother.* 1994; 40: 49-57.
16. Delitto A, Strube MJ, Schulman AD, Minor SD. A study of discomfort with electrical stimulation. *Phys. Ther.* 1992; 72 (6): 410-421.
17. Alon G, Kantor G, Smith GV. Peripheral nerve excitation and plantar flexion force elicited by electrical stimulation in males and females. *J. Orthop. Phys. Ther.* 1999; 29 (4): 218-224.
18. Brooks ME, Smith EM, Carrier DP. Effect of longitudinal versus transverse electrode placement on torque production by the quadriceps femoris muscle during neuromuscular electrical stimulation. *J Orthop. Sports Phys. Ther.* 1990;11: 530-534.

19. Delitto A, Rose SJ. Comparative comfort of three waveforms used in electrically eliciting quadriceps femoris muscle contractions. *Phys. Ther.* 1986; 66 (11): 1704-1707.
20. Nelson RM, Hayes KW, Carrier DP. *Clinical Electrotherapy*. 3ª ed. Norwalk: Appleton & Lange. 1999.
21. Robertson V, Ward A, Low J, Reed A. *Electrotherapy Explained. Principles and Practice*. 4ª ed. Philadelphia: Elsevier Ltd. 2006.
22. Plaja J. *Analgesia por medios físicos*. Madrid: McGraw-Hill/Interamericana de España, S.A.U. 2003.
23. Adel RV, Luykx RHJ. *Electroterapia de frecuencia baja y media*. Netherlands: Enraf-Nonius. 1991.
24. Alon G, Allin J, Ingar GF. Optimization of pulse duration and pulse charge during transcutaneous electrical nerve stimulation. *Aust. J. Physiother.* 1983; 29: 195-201.
25. Parker MG, Bennett M, Hieb MA, Hollar AC, Roe AA. Strength response in human quadriceps femoris muscle. *Sports Phys. Ther.* 2003; 33 (12): 719-726.
26. Lake DA. Neuromuscular electrical stimulation. An overview and its application in the treatment of sport injuries. *Sport Med.* 1992; 13 (5): 320-336.
27. Goldstein B. *Sensación y Percepción*. Madrid: Debate. 1992.
28. Zabalegui L. *La medida de la personalidad por cuestionarios*. Madrid: UPCM. 1990.
29. Maya J, Rebollo J, Iglesias. *Electroterapia: datos para una historia (I)*. *Cuestiones de Fisioterapia*. 1998; 8: 1-14.

30. Maya J. Fisioterapeuta de centros asistenciales. Oposiciones al Servicio Andaluz de Salud. Volumen II; Temas 40-43. Sevilla: Kronos. 1998.
31. Hüter-Becker A, Schewe H, Heipertz W. Terapia Física. Barcelona: Paidotribo. 2005.
32. Khan J. Principios y práctica de electroterapia. Barcelona: JIMS, SA. 1991.
33. Melzack R, and Wall PD. Pain mechanisms: A new theory. Science. 1965; 150: 971-979.
34. Boschetti, G. ¿Qué es la electroestimulación? Teoría, práctica y metodología del entrenamiento. Barcelona: Paidotribo. 2002.
35. Low J, Reed A. Physical Principles explained. Oxford: Butterworth Heinemann. 1997.
36. Kitchen S, Bazin S. Electrotherapy: Evidence-Based Practice (Clayton's Electrotherapy 11E). Edinburgh: Churchill Livingstone. 2002.
37. Callaghan MJ, Oldham JA. Electric muscle stimulation of the quadriceps in the treatment of patellofemoral pain. Arch. Phys. Med Rehabil. 2004; 85: 956-962.
38. Behrens BJ, Michlovitz SL. Physical Agents: Theory and Practice for the Physical Therapist Assistant. Philadelphia: F. A. Davis Company. 1996.
39. Miranda-Fillooy JA, Barbazán C, Monteaguado B, Graña J, Galdo F. Efectos de la estimulación eléctrica transcutánea del cuádriceps en la sintomatología de la articulación de la rodilla. Rehabilitación. 2005; 39 (4); 167-170.

40. Wall PD, Sweet WH. Temporary abolition of pain in man. *Science*. 1967; 155: 108-109.
41. Walsh DM. *TENS: Clinical Applications and Related Theory*. Edinburgh: Churchill Livingstone. 1997.
42. Long DM, Hagfors N. Electrical stimulation in the nervous system: The current status of electrical stimulation of the nervous system for relief of pain. *Pain*. 1975; 1: 109-112.
43. Pombo M, Rodríguez J, Brunet X, Requena B. *La electroestimulación entrenamiento y periodización*. Barcelona: Paidotribo. 2004.
44. Pandyan AD, Granat MH, Stott DJ. Effects of electrical stimulation on flexion contractures in hemiplegic wrist. *Clinical Rehabilitation*. 1997; 11: 123-130.
45. Powell J, Pandyan AD, Granat MH et al. Electrical stimulation of wrist extensors in poststroke hemiplegia. *Stroke*. 1999; 30: 1384-1389.
46. Atwater SW, Tatarka ME, Katherin JE, et al. Electromyography-triggered electrical stimulation for children with cerebral palsy: a pilot study. *Pediatric Phys. Ther*. 1991; 3: 190-199.
47. Hömberg V. Is rehabilitation effective in spastic syndromes? En: Thilmann F, et al. eds. *Spasticity Mecanisms and Management*. Berlín: Springe-Verlag. 1997.
48. Beck S. Use of sensory level electrical stimulation in the physical therapy management of a child with cerebral palsy. *Pediatric Phys. Ther*. 1997; 9: 137-138.
49. Pape K. Therapeutic electrical stimulation (TES) for the treatment of disuse muscle atrophy in cerebral palsy. *Pediatric Phys. Ther*. 1997; 9: 110-112.

50. Bisschop de G, Dumoulin J. Neurostimulation électrique transcutanée: antalgique et excito-motrice. Paris: Masson. 1991.
51. Manual de empleo del equipo TensMed 931. Madrid: ENRAF NONIUS. 2006.
52. Howson DC. Peripheral nerve excitability: implications for transcutaneous electrical nerve stimulation. *Phys. Ther.* 1978; 12 (58): 1467-1473.
53. Ganong W F. Fisiología Médica. 19ª ed. México (DF): El Manual Moderno. 2004.
54. Montes R, Martín M. Potenciación muscular mediante electroestimulación del nervio o del músculo: estudio comparativo. *Fisioterapia.* 1995; 17 (2): 71-80.
55. Holcomb WR. A practical guide to electrical therapy. *J Sport Rehab.* 1997; 6 (3): 272-282.
56. Van Gheluwe C, Duchateau J. Effects de la superposition de l'électrostimulation à l'activité volontaire au cours d'un renforcement musculaire en mode isocinétique. *Am. Kinésithér.* 1997; 24 (6): 267-274.
57. Bowman BR, Baker LL. Effects of waveform on comfort during transcutaneous neuromuscular electrical stimulation. *An. Biomed. Eng.* 1985; 13 (1): 59-74.
58. Venable MP, Collins MA, O'Bryant HS, Denegar CR, Sedivec MJ, Alon G. Effect of supplemental electrical stimulation on the development of strength, vertical jump performance and power. *J. Appl. Sport. Sci. Res.* 1991; 5 (3):139-143.

59. Binder-Macleod SA, Guerin T. Preservation of force output though progressive reduction of stimulation frequency in human quadriceps femoris muscle. *Phys. Ther.* 1990; 70: 619-625.
60. Binder-Macleod SA, Zinder-Mackler L. Muscle fatigue: Clinical implication for fatigue assessment and neuromuscular electrical stimulation. *Phys. Ther.* 1993; 73: 902-910.
61. Basas A, Fernandez C, Martín JA. Tratamiento fisioterápico de la rodilla. Madrid: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA DE ESPAÑA, S.A.U. 2003.
62. Low J, Reed A. *Electrotherapy Explained. Principles and practice.* 3ª Ed. Oxford: Butterworth Heinemann. 2001.
63. Coarasa A, Moros T, Marco C, Mantilla C. Beneficio potencial de la electroestimulación neuromuscular del cuadriceps femoral para el fortalecimiento. *Archivos de Medicina del Deporte.* 2000; 17 (79): 405-412.
64. Dooley P, McDonagh JN, White MJ. Training using involuntary electrically evoked contractions does not increase voluntary strength. *J. Physiol.* 1983; 346 (61).
65. Piti P. Lo último en ejercicio físico, la electroestimulación. Aplicaciones útiles para todas las personas y amplia documentación para expertos. *PubliCE Standard.* 27/01/2003. Pid: 111.
66. Rich NC. Strength training via high frequency electrical stimulation. *J. Sports Med. Phys. Fit.* 1992; 32 (1): 19-25.
67. Hortobagyi T, Lambert NJ, Tracy C, Shinebarger M. Voluntary and electromiostimulation forces in trained and untrained men. *Med. Sci. Sports Exer.* 1991; 24 (6): 702-707.

68. Miller C, Thépaut-Mathieu C. Strength training by electrostimulation conditions for Efficacy. *Int. J. Sports. Med.* 1993; 14 (1): 20-28.
69. Draper V, Ballard L. Electrical stimulation versus electromyographic biofeedback in the recovery of quadriceps femoris muscle function following anterior cruciate ligament surgery: Research report. *Phys. Ther.* 1991; 71 (6): 455-464.
70. Eriksson E, Haggamark T, Kiessling K, Karlsson J. Effect of electrical stimulation on human skeletal muscle. *Int. J. Sports Med.* 1981; 4: 18-22.
71. Westing SH, Seger JY, Thorstensson A. Effects of electrical stimulation on eccentric and concentric torque-velocity relationships during knee extension in man. *Acta Physiol. Scand.* 1990; 140 (1): 17-22.
72. Poumarat G, Squire P, Lawani M. Effect of electrical stimulation superimposed with isokinetic contractions. *J. Sports Med. Phys. Fit.* 1992; 32 (3): 227-233.
73. Strojnik V. Muscle activation level during maximal voluntary effort. *Eur. J. Appl. Physiol.* 1995; 72 (1/2): 144-149.
74. Taillerfer F. Évolution de L'impulsion verticale à cours de différents types d'entraînement par électrostimulation. [Tesis doctoral]. Montréal: Département d'éducation physique, Université de Montreal. 1996.
75. Lainey C, Walmsley R, Andrew G. Effectiveness of exercise alone versus exercise plus electrical stimulation in strengthening the quadriceps muscle. *Physiotherapy Canada.* 1983; 35: 5-11.

76. Soo C, Currier D, Threlkeld J. Augmenting voluntary torque of healthy muscle by optimization of electrical stimulation. *Phys. Ther.* 1988; 68 (3): 333-337.
77. Eriksson E, Haggamark T. Comparison of isometric muscle training and electrical stimulation supplementing isometric muscle training in the recovery after major knee ligament surgery: A preliminary report. *Am. J. Sports Med.* 1979; 7: 169-171.
78. Godfrey C, Jayawardena H, Quance T. Comparasion of electrostimulation and isometric exercise in strengthening the quadriceps muscle. *Physioterapy Canada.* 1979; 5: 265-267.
79. Synder-Mackler L, Delitto A, Svalka SW, Bailey SL. Use of electrical stimulation to enhance recovery of quadriceps femoris muscle force production in patients following anterior cruciate ligament reconstruction. *Phys. Ther.* 1994; 74: 901-907.
80. Vanderthommen M, Constant T, Criellaard JM. Intérêt de l'électromyostimulation de basse fréquence après arthroscopie du genou. *Kinésither. Scien.* 1992; 308: 21-22.
81. Herrero JA, García-López J. Análisis y valoración de los efectos del entrenamiento con estimulación eléctrica neuromuscular. *RendimientoDeportivo [Revista digital]*. 2002 [fecha de acceso 18/04/2005]; 3 (13). Disponible en: <http://www.RendimientoDeportivo.com>.
82. Coarasa A, Morós T, Marco C, Comín M. Fuerza muscular inducida y tolerancia en diferentes corrientes excitomotoras. *Rehabilitación.* 2001; 35 (5): 279-286.
83. Coarasa A, Ros R, Morós T, Villarroya A. Fracaso electromecánico inducido por el ejercicio dinámico. *Biomecánica.* 1995; 5: 99-106.

84. González JJ, Ribas J. Bases de la programación del entrenamiento de fuerza. Barcelona: Inde Publicaciones. 2002.
85. Kin CK, Tácala TE, Seger J, Karpakka J. Training of electrically induce dynamic contractions in human quadriceps muscle. *Aviat Space Environ Med.* 1995; 66: 251-255.
86. Linares M, Escalante K, La Touche R. Revisión bibliográfica de las corrientes y parámetros más efectivos en la electroestimulación del cuadriceps. *Fisioterapia.* 2004; 26 (4): 235-244.
87. Thepaut-Mathieu Ch, Van Hoecke J, Maton B. Myoelectrical and mechanical changes linked to length specificity during isometric training. *J. Physiol.* 1988; 64: 1500-1505.
88. Duchateau J, Hainaut K. Training effects of sub-maximal electrostimulation in a human muscle. *Med. Sci. Sports Exer.* 1988; 20 (1): 99-104.
89. Colson S, Martin A, Cometti G, Van Hoecke J. Re-examination of training by electrostimulation in human elbow musculoskeletal system. *Int. J. Sports Med.* 2000; 21 (4): 281-288.
90. Henneman E, Somjen G, Carpenter D. Functional significance of cell size in spinal motoneurons. *J. Neurophysiol.* 1965; 28: 560-580.
91. Gregory C, Scott C. Recruitment patterns in human skeletal muscle during electrical stimulation. *Phys. Ther.* 2005; 85 (4): 358-365.
92. Kubiak RJ, Whitman KM, Johnston RM. Changes in quadriceps femoris muscle strength using isometric exercise versus electrical stimulation. *J. Orthop. Sports Phys. Ther.* 1987; 8: 537-541.
93. Laufer Y, Ries JD, Leininger PM, Alon G. Quadriceps femoris muscle torques and fatigue generated by neuromuscular electrical

- stimulation with three different waveforms. *Phys. Ther.* 2001; 81: 1307-1316.
94. Moreau D, Dubots P, Boggio V, Guillard JC, Cometti G. Effects of electromyostimulation and strength sympathetic activation. *J. Sports Sci.* 1995; 13: 95-100.
95. <http://www.rae.es/> Página web del diccionario de la Real Academia Española de la Lengua.
96. Barbero MI. *Psicometría II. Métodos de elaboración de escalas.* Madrid: UNED. 1993.
97. Del Rincón D, y Otros. *Técnicas de investigación en Ciencias Sociales.* Madrid: Dykinson. 1995.
98. García Sevilla J. *Psicología de la atención.* Madrid: Síntesis. 1997.
99. García-Albea JE. *Algunas notas introductorias al estudio de la Percepción.* Barcelona: Uriach. 1999.
100. Legrenzi P. *Historia de la psicología.* Barcelona: Herder. 1987.
101. Norman D, Rumelhart D. *Explorations in cognition.* San Francisco: W.H. Freeman and Company. 1975.
102. Fechner GT. *Elements of psychophysics.* New York: Holt. 1860, 1966.
103. Norman D. *El procesamiento de la información.* Buenos Aires: Piados. 1969.
104. Lillo J. *Psicología de la Percepción.* Madrid: Debate. 1993.
105. Neisser U. *Psicología cognoscitiva.* México (DF): Trillas. 1976.
106. Colmenero J.M. *Percepción, Atención y Memoria.* Jaén: Servicio de publicaciones e intercambio científico. 1997.
107. Matlin MW, Foley HJ. *Sensación y Percepción.* México (DF): Prentice. 1996.

108. Neisser U, Boodoo G, Bouchard T, Boykin A, Brody N, Ceci S et al. Intelligence: Knows and Unknowns. *American Psychologist*. 1996; 51: 77-101.
109. Bayo J. Percepción, desarrollo cognitivo y artes visuales. Barcelona: Anthropos. 1987.
110. Montserrat J. La percepción visual. Madrid: Biblioteca Nueva. 1998.
111. Palmer ST, Martin DJ, Steedman WM, Ravey J. C- and A δ -fibre mediated thermal perception: response to rate of temperature change using method of limits. *Somatosensory & motor research*. 2000; 17 (4): 325-333.
112. O'Sullivan SB. Perceived exertion. A review. *Phys. Ther.* 1984; 64 (3): 343-346.
113. Fernández Trespalacios JL, y Tudela P. Atención y Percepción. Madrid: Alambra Universidad. 1992.
114. Wolman, B. Teorías y sistemas contemporáneos en psicología. Barcelona: Martínez Roca. 1975.
115. Coren S, Ward LM, Enns J. Sensation and Perception. 5ª Ed. (Traducción al Castellano: Sensación y Percepción). México (DF): Mc Graw-Hill. 2001.
116. Meliá, J.L. Métodos de Escalamiento Unidimensional. Valencia: Cristóbal Serrano. 1990.
117. Hernández Pina F. Pedagogía Experimental. [Proyecto docente e investigador]. Murcia: Universidad de Murcia. 1993.
118. García Pérez R. Construcción y Validación de los Escalogramas Guttman. [Lección Magistral]. Sevilla: Universidad de Sevilla. 2003.
119. Murphy B, Dawson N, Irwin RJ. Intramuscular sensation in conscious human subjects: a qualitative and quantitative study

- utilizing signal detection theory methodology. *Somatosens Mot. Res.* 2002; 19 (3): 181-190.
120. Palmer S, Martín DJ, Steedman WM, Ravey J. Effects of electric stimulation on C and A Delta fiber Mediated thermal perception thresholds. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* 2004; 85: 119-28.
121. Kong J, Fufa Aj, Rosman IS, Vangel MG, Gracely RH, Gollub RL. Psychophysical outcomes from a randomized pilot study of manual, electro, and sham acupuncture treatment on experimentally induced thermal pain. *J. Pain.* 2005; 6(1):55-64.
122. Eysenck HJ. *The scientific study of personality.* Londres: Routledge & Kegan Paul. 1952.
123. Eysenck HJ. *Personality and experimental psychology: the unification of psychology and the possibility of a paradigm.* *Journal of Personality and Social Psychology.* 1997; 6: 1124-1137.
124. Eysenck HJ, y Eysenck SBG. *Cuestionario de personalidad EPI. Manual.* Madrid: TEA Ediciones. 1990.
125. Eysenck SBG, Eysenck HJ, y Claridge GS. Dimensions of personality, psychiatric psych syndromes and mathematic models. *J. ment. Science.* 1960; 106: 581-589.
126. Eysenck HJ. Biological dimensions of personality. En L A. Pervin (Ed.), *Handbook of personality: theory and research.* Nueva York: Guilford. 1990.
127. Eysenck HJ, Eysenck MW. *Personality and individual differences. A natural science approach.* Nueva York: Plenum. 1985.
128. Labrador EJ. *Los modelos factorial-biológicos en el estudio de la personalidad.* Bilbao: Desclee de Brouwer. 1984.

129. Eysenck HJ, y Eysenck SBG. EPQ-R Cuestionario revisado de personalidad de Eysenck. Manual. Madrid: TEA Ediciones. 2001.
130. Eysenck HJ. Manual of the Maudsley Personality Inventory. Londres: London University. 1959.
131. Eysenck HJ, y Eysenck SBG. Manual of the Eysenck Personality Inventory. Londres: London University. 1964.
132. Eysenck HJ. A dimensional system of psychodiagnostics. En A.R. Mahrer (Ed.), New approaches to personality classification. Londres: Columbia University Press. 1970.
133. Eysenck HJ, y Eysenck SBG. Manual of the Eysenck Personality Questionnaire (Junior & Adult). Londres: Hodder & Stoughton. 1975.
134. Eysenck HJ. Fundamentos biológicos de la personalidad. Barcelona: Fontanella. 1982.
135. Cattell RB, y Scheier IH. The meaning and measurement of neuroticism and anxiety. New York: Ronald. 1961.
136. Likert RA. A technique for the measurement of attitudes. Archives of Psychology. 1932; 140: 1-55.
137. Likert RA. A technique for the development of attitude scales. Educational and Psychological Measurement. 1952; 12: 313-315.
138. Albornoz M, Rebollo J, García R. Escala de Aprensión Psicológica Personal (EAPP) en Fisioterapia. Revista Iberoamericana de Fisioterapia y Kinesiología. 2005; 8 (2): 77-87.
139. Silva Ayçaguer LC. Diseño razonado de muestras y captación de datos para la investigación sanitaria. Madrid: Ediciones Díaz de Santos, S.A.. 2000.

140. García Cueto E, Lozano LM, Muñiz J. Efecto de la reducción de Alternativas en las escalas tipo Likert desde la perspectiva de la TRI. Ponencia. IX Conferencia Española de Biometría. La Coruña (España), 28-30 de Mayo, 2003.
141. Chang LA psychometric evaluation of 4-point and 6-point Likert – type scale in relation to reliability and validity. *Applied psychological measurement*. 1994; 18 (3): 205-215.
142. Muñiz J. Introducción a la Teoría de respuesta a los Items. Madrid: Ediciones Pirámide. 1997.
143. Gallach JE, Querol F, González LM. Mejoras inmediatas de la fuerza isométrica máxima isométrica tras estimulación eléctrica neuromuscular unilateral del cuadriceps femoral. *Rehabilitación*. 2006; 40 (1): 25-29.
144. Knaflitz M, Merletti R, De Luca CJ. Inference of motor unit recruitment order in voluntary and electrically elicited contractions. *J. Appl. Physiol*. 1990; 68: 1657-1667.
145. Alon G, Kantor G, Ho HS. Effects of electrode size on basic excitatory responses and on selected stimulus parameters. *J. OSPT*. 1994; 20: 29-35.
146. Irwin RJ, Whitehead PR. Towards an objective psychophysics of pain. *Psychol. Sci*. 1991; 2: 230-235.
147. American Physical Therapy Association. *Electrotherapeutic Terminology in Physical Therapy*. Section on Clinical Electrophysiology. 1990; Alexandria, VA.: 29.
148. Herrero JA, García D, García J. Influencia de la estimulación eléctrica neuromuscular sobre diferentes manifestaciones de la fuerza en estudiantes de educación física. [Revista digital]. 2003

- [fecha de acceso 16/02/2005]; 8 (58). Disponible en:
<http://www.efdeportes.com>
149. Gallach JE, Querol F, González LM, Gomis M. Hipertrofia muscular en sujetos hemofílicos tras estimulación eléctrica muscular. *Revista Iberoamericana de Fisiatría y Kinesiología*. 2005; 8 (2): 70-76.
 150. Gaines JM, Metter EJ, Talbot LA. The effect of NMES an arthritis knee. *Applied Nursing Research*. 2004; 17 (3): 201-206.
 151. Quittan M, Sochor A, Wiesinger GF, Kollmitzer J, Sturm B, Pacher R and Mayr W. Strength improvement of knee extensor muscles in patients with chronic heart failure by neuromuscular electrical stimulation. *Artificial Organs*. 1999; 23 (5): 432-435.
 152. Synder-Mackler L, Ladin Z, Schepsis A. Electrical stimulation of the thigh muscles after reconstruction of the anterior cruciate ligament: effects of electrically elicited contractions of the quadriceps femoris and hamstring muscles on gait and strength of the thigh muscles. *J. Bone Joint Surg. (Am)* 1991; 73: 1025-1036.
 153. Synder-Mackler L. Commentary on "Electrical stimulation versus electromyographic biofeedback in the recovery of quadriceps femoris muscle function following anterior cruciate ligament surgery". *Phys. Ther.* 1991; 71: 461-463.
 154. Baker LL, Bowman BR, McNeal DR. Effects of waveform on comfort during neuromuscular electrical stimulation. *Clin. Orthop.* 1988; 233: 75-85.
 155. Miller C, Thepuat-Mathieu C. Facteurs conditionnant l'efficacité de l'entraînement par l'électro-stimulation. *Cinésiologie*. 1990; 29: 147-155.

156. Rioja J, García I, De Prada J, García ML, Arroyo F. Estimulación eléctrica neuromuscular en el tratamiento de 34 pacientes con prótesis total de rodilla. *Rehabilitación*. 1997; 31 (3): 205-210.
157. Lyons CL, Robb JB, Irrgang JJ, Fitzgerald GK. Differences in quadriceps femoris muscle torque when using a clinical electrical stimulator versus a portable electrical stimulator. *Phys. Ther.* 2005; 85 (1): 44-51.
158. Aramburu C, Muñoz E, Igual C. *Electroterapia, Termoterapia e Hidroterapia*. Madrid: Síntesis. 2003.
159. Lieber RL, Kelly MJ. Torque history of electrically stimulated human quadriceps: implications for stimulation therapy. *J. Orthop. Res.* 1993; 11 (1): 131-141.
160. Binder-Macleod SA, Mcdermond LR. Changes in the forces-frequency relationship of the human quadriceps femoris muscle following electrically and voluntarily induced fatigue. *Pys. Ther.* 1992; 72: 95-104.
161. Gallach JE, González LM, Gomis M, Aguado S. Relación entre la intensidad soportada durante electroestimulación muscular y la fuerza máxima isométrica del cuadriceps femoral. *Archivos de Medicina del Deporte*. 2004; 103: 28-29.
162. Brasileiro JS, Castro CES, Parizotto NA, Sandoval MC. Estudio comparativo entre la capacidad de generación de torque y la incomodidad sensorial producidos por dos formas de estimulación eléctrica neuromuscular en sujetos sanos. *Revista Iberoamericana de Fisioterapia y Kinesiología*. 2001; 4: 56-65.
163. Bircan C, Senocak O, Peker O, Kaya A, Akgol S, Gulbahar S, Akalin E. Efficacy of tow forms of electrical stimulation in increasing

- quadriceps strength: a randomized controlled trial. *Cinical Rehabil.* 2002; 16: 194-199.
164. Patterson RP, Lockwood JS. The current requirements and the pain responses for various sizes stimulation electrodes. *Proceedings IEEE-EMB.* 1991; 13: 1809-1810.
165. Patterson RP, Lockwood JS. The influence of electrode size and type on surface stimulation of the quadriceps. *IEEE Trans. Rehabil. Eng.* 1993; 1: 59-62.
166. Alon G. High voltage stimulation: effects of electrode size on basic excitatory responses. *Phys. Ther.* 1985; 65: 890-895.
167. Dumoulin J, Bisschop de G. *Electrothérapie.* 5ª Ed. Paris: Maloine. 1987.
168. Bergman BC, Martín DT, Wilkinson JG. Knee extensor torque and perceived discomfort during symmetrical biphasic electromyostimulation. *J. Strength Cond Res.* 2001; 15 (1): 1-5.
169. Simón P, Concheiro L. El Consentimiento Informado: Teoría y Práctica (I). *Medicina Clínica* 1993; 100(17): 659-663.
170. Tribunal Internacional de Nüremberg. Código de Nüremberg. 1946.
171. Comisión Nacional para la Protección de Personas Objeto de Experimentación Biomédica y de la Conducta. Informe Belmont. Principios Éticos y Recomendaciones para la Protección de las Personas Objeto de Experimentación. 1978.
172. Simón P. La Fundamentación Ética de la Teoría del Consentimiento Informado. *Rev. Cal. Asis* 1999; 14: 100-109.
173. Gracia D. *Fundamentos de Bioética.* Madrid: Eudema; 1989.
174. Beauchamp TL, Childress JF. *Principios de Ética Biomédica.* Barcelona: Masson; 1997.

175. Feito L. Panorama Histórico de la Bioética. *Moralia* 1997; 20: 465-494.
176. Ley 14/1986 de 25 de abril, General de Sanidad. (BOE nº 101, de 29 abril de 1986).
177. 18ª Asamblea Médica Mundial. Declaración de Helsinki de la Asamblea Médica Mundial. Principios Éticos para la investigaciones Médicas en Seres Humanos. Helsinki: World Medical Association; 1964.
178. Índice de Masa Corporal. Council For International Organizations Of Medical Sciences [fecha de acceso 16/10/2005]. Disponible en: www.cioms.ch
179. Código Deontológico. Ilustre Colegio Profesional de Fisioterapeutas de Andalucía. [fecha de acceso 1/4/2005]. Disponible en: <http://www.colfisio.org>
180. Polit D, Hungler B. Investigación Científica en Ciencias de la Salud. 6ª Ed. México (DF): McGraw-Hill Interamericana. 2003.
181. Arnal J, Del Rincón D, Latorre A. Investigación educativa. Fundamentos y metodología. Barcelona: Labor. 1994.
182. Hernández R, Fernández C, Baptista P. Metodología de la Investigación. 2ª Ed. México (DF): McGraw-Hill Interamericana. 2000.
183. OMS. Obesity: preventing and managing the global epidemic. Report of a WHO consultation on obesity. Geneva, Suiza. 1998: 98.
184. Sierra Bravo R. Técnicas de investigación social. Teoría y ejercicios. 7ª Ed. Madrid: Paraninfo. 1991.
185. <http://www.enraf.es/productos/productos.html>

186. Mannheimer JS, Lampe GN. Clinical transcutaneous electrical nerve stimulation. Philadelphia: F A Davis. 1984.
187. Pardo A, y Ruiz MA. SPSS 11. Guía para el análisis de datos. Madrid: McGRAW-HILL. 2002.
188. Cronbach LJ. Coefficient alpha and the internal structure of tests. *Psychometrika*. 1951; 16: 297-334.
189. Miller C, Thepuat-Mathieu C. Comparaison entre entraînement par contraction volontaire et entraînement par contraction électro-induite chez le sportif, in Pelissier J, Roques CF Ed.; *Electrostimulation des nerfs et des muscles*. Paris: Masson. 1992.
190. Colás P, Buendía M. Investigación Educativa. 2ª ed. Sevilla: Alfar SA. 1994.
191. Cattell RB. The scree test for the number of factors. *Multivariate Behavioral Research*. 1966; 1: 245-276.
192. Tukey JW. *Exploratory data analysis*. Addison-Wesley: Reading MA. 1977.
193. Rojas M. *Manual de investigación y redacción científica*. 3ª Ed. Lima: Book Xx press; 2002.
194. Currier DP, Mann R. Muscular strength development by electrical stimulation in healthy individuals. *Phys. Ther.* 1983; 63: 915-921.
195. Perelló I. Estudio de la musculatura de la región posterior del muslo tras programa de estiramientos. [Tesis Doctoral]. Valencia: Servicio de publicaciones de la Universidad de Valencia. 2004.
196. Kantor G, Alon G, Ho HS. The effects of selected stimulus waveforms on pulse and phase characteristics at sensory and motor thresholds. *Phys. Ther.* 1994; 74 (10): 951-962.

197. Basas A. Metodología de la electroestimulación e el deporte. *Fisioterapia*. 2001; 23 (2): 36-47.
198. Lieber R, Kelly M. Factors influencing quadriceps femoris muscle torque using transcutaneous neuromuscular electrical stimulation. *Phys. Ther.* 1991; 71 (10): 715-723.
199. Seco J. Física aplicada en Fisioterapia. Salamanca: Gráficas Varona, S.A. 2004.
200. Rodríguez G, Gutiérrez M, Lantarón EM, González A. Estado actual de la investigación en fisioterapia en los centros universitarios españoles. *Fisioterapia*. 2006; 28 (2): 65-74.

10 ANEXOS

10.1.- INFORME FAVORABLE DEL COMITÉ ÉTICO DE EXPERIMENTACIÓN DE LA UNIVERSIDAD DE SEVILLA.



A quien pueda interesar:

El Comité Ético de Experimentación de la Universidad de Sevilla, habiendo examinado el Proyecto "NIVELES DE PERCEPCIÓN EN EL FORTALECIMIENTO MUSCULAR CON CORRIENTES BIFÁSICAS SIMÉTRICAS" presentado por D. Jesús Rebollo Roldán, profesor de la Universidad de Sevilla, emite el siguiente informe,

El proyecto cumple los requisitos exigidos para experimentación en sujetos humanos y en animales, y se ajusta a las normativas vigentes en España y en la Unión Europea.

Sevilla, a 31 de marzo de 2006.

EL PRESIDENTE DEL COMITE,



Fdo.: Prof. Dr. Javier Vitorica Ferrández.

10.2.- MODELO DE CONSENTIMIENTO INFORMADO.

DOCUMENTO DE CONSENTIMIENTO INFORMADO



Nº de expediente _____

E. U. DE CIENCIAS DE LA SALUD.- DEPARTAMENTO DE FISIOTERAPIA

NIVELES DE PERCEPCIÓN EN EL FORTALECIMIENTO MUSCULAR CON CORRIENTES RECTANGULARES BIFÁSICAS SIMÉTRICAS.

I. INFORMACIÓN:

El presente estudio de los NIVELES DE PERCEPCIÓN EN EL FORTALECIMIENTO MUSCULAR CON CORRIENTES RECTANGULARES BIFÁSICAS SIMÉTRICAS, es pertinente por la repercusión que estas corrientes están teniendo en la sociedad debido a su utilización para el fortalecimiento muscular a través de la mal llamada “gimnasia pasiva”. Dicho estudio consiste en evaluar los distintos niveles de percepción: *nivel de sensibilidad, nivel de contracción y nivel de tolerancia*; utilizando corrientes rectangulares bifásicas simétricas, que son corrientes alternas con un valor de corriente continua igual a cero. Estas corrientes son suaves, no producen quemaduras en la piel, de forma que no provocan un aumento del dolor después de la aplicación de las mismas. El procedimiento es el siguiente: los electrodos se colocan a lo largo del músculo cuádriceps derecho (muslo) y se aumenta la amplitud ó intensidad de la corriente progresivamente hasta que el sujeto refiere que nota o percibe el paso de la misma (nivel de sensibilidad); al seguir aumentando la intensidad, la corriente provoca la contracción del músculo (nivel de contracción); y, finalmente la corriente no se soporta por parte del sujeto (nivel de tolerancia).

Según la bibliografía consultada, en los últimos años, los estudios sobre estimulación muscular a través de corrientes rectangulares bifásicas simétricas es muy extensa. Por el contrario, es muy escasa la bibliografía y, por ende, los estudios científicos que desde la presente investigación proponemos. En la actualidad, la dosificación de estas corrientes se hace de forma empírica, desde la experiencia del profesional o del sujeto, pues en algunos casos es él mismo quien se las aplica.

El objetivo del estudio es el de conocer y acotar científicamente los diferentes niveles de percepción de estas corrientes que redundará en la mejora de la aplicación de estas corrientes para un beneficio terapéutico mayor.

⊛ **RIESGOS:** La aplicación de estas corrientes no revisten ningún riesgo para las personas, siempre que se respeten las normas de seguridad. Por la localización que hacemos en el presente estudio (muslo derecho), el único riesgo es el de provocar una contracción máxima y sostenida como consecuencia de una elevación súbita y mantenida de la intensidad, que no es posible por el procedimiento empleado.

⊛ **BENEFICIOS:** La investigación que nos proponemos realizar nos aportará información muy valiosa para una correcta dosificación de estas corrientes. Además, servirá como guía para la configuración de los equipos de electroterapia que suministren estas corrientes.

⊛ **RIESGOS PERSONALES: (Identifiquelos):** _____

⊕ **INCLUSIÓN:** Los sujetos susceptibles de entrar en este estudio deben tener las siguientes características: edad comprendida entre 18 y 35 años, no padecer ninguna alteración morfológica ni funcional en el músculo cuádriceps derecho, ser individuos que no presenten ninguna contraindicación para el empleo de estas corrientes y no presentar una puntuación superior a 45 en la Escala de Aprensión Psicológica Personal (EAPP). que es un instrumento que mide la dimensión de la personalidad de la aprensión psicológica o Neuroticismo.

⊖ **EXCLUSIÓN:** Los sujetos excluidos de este estudio serán aquellos que tengan edades inferiores a 18 años o superiores a 35 años, padezcan alguna alteración morfo-funcional del músculo cuádriceps derecho, sufran alguna enfermedad que contraindique el empleo de estas corrientes, o puntúen por encima de 45 en la EAPP.

Si tiene alguna duda o quiere mayor información se puede dirigir al profesor D. MANUEL ALBORNOZ CABELLO como investigador principal del presente estudio, inscrito en el Departamento de Fisioterapia de la Universidad de Sevilla; en su despacho del Centro Docente de Fisioterapia y Podología de la Escuela de Ciencias de la Salud de Sevilla, en la c/ Avicena s/n con código postal 41.009 y teléfono nº: 954486502.

Solicito su consentimiento para el estudio: “NIVELES DE PERCEPCIÓN EN EL FORTALECIMIENTO MUSCULAR CON CORRIENTES RECTANGULARES BIFÁSICAS SIMÉTRICAS”.

Firmado: Manuel Albornoz Cabello
Col. N°: 14-122

II. **CONSENTIMIENTO:**

Yo D./Dña.: _____ mayor de edad, he sido informado y he comprendido qué es, cómo se realiza y para qué sirve el estudio **NIVELES DE PERCEPCIÓN EN EL FORTALECIMIENTO MUSCULAR CON CORRIENTES RECTANGULARES BIFÁSICAS SIMÉTRICAS**. También se me ha explicado los riesgos existentes, las posibles molestias o complicaciones y cual es el procedimiento más adecuado para el estudio de esta investigación.

- He comprendido perfectamente todo lo anterior y doy mi consentimiento para que el profesor D. MANUEL ALBORNOZ CABELLO, y el personal ayudante que precise, me realicen dicho estudio.
- Puedo retirar este consentimiento cuando lo desee, borrándome del presente estudio de investigación.

Firmado: _____
(Nombre, dos apellidos y DNI)

Fecha: _____

10. 3.- MODELO DE CUESTIONARIO DE AFILIACIÓN.

CUESTIONARIO DE AFILIACIÓN:

Nº DE EXPEDIENTE:.....

FECHA:.....

El cuestionario que a continuación presentamos se enmarca dentro de un estudio de investigación denominado: NIVELES DE PERCEPCIÓN EN EL FORTALECIMIENTO MUSCULAR CON CORRIENTES RECTANGULARES BIFÁSICAS SIMÉTRICAS,. El objetivo general del mismo es la creación de un escalograma de percepción por parte de los sujetos susceptibles del empleo de este tipo de corriente eléctrica.

Consideramos totalmente necesaria vuestra colaboración, la información que vosotros nos podéis aportar es muy útil para orientar futuras investigaciones y desarrollar el ámbito de la Fisioterapia.

Agradecemos vuestra amabilidad al responderlo, así como cualquier otro comentario que queráis hacer sobre el tema que nos ocupa. Los espacios sombreados no debéis contestarlos.

DATOS PERSONALES. Rellene los datos de identificación personal que aparecen a continuación.

Nombre: _____ Apellidos: _____
Dirección: _____ Provincia: _____
Lugar de nacimiento: _____ Edad: _____ Sexo: Hombre Mujer
Tfno: _____ móvil: _____ e-mail: _____

DATOS FÍSICOS. Rellene el siguiente cuadro con los datos relativos a sus medidas físicas.

Peso: _____ Kg Talla: _____ metros **IMC:**.....
Perímetro muscular: 1) a 10 cm sobre rótula: _____ cm
2) a 25 cm sobre rótula _____ cm

DATOS CLÍNICOS. Rellene los siguientes cuadros con los datos relativos a sus problemas de salud.

1. ¿Se le ha practicado algún procedimiento de fisioterapia antes? SI NO

-masaje -corrientes -estiramientos -movilizaciones

En caso afirmativo indique el tiempo y el tipo de experiencia: _____

2. ¿Ha padecido alguna lesión en el muslo derecho? SI NO

En caso afirmativo indique cuál: _____

3. ¿Cuál es tu pierna dominante? - Derecha - izquierda - ambas

4. ¿Le duele el muslo derecho actualmente? SI NO

5. ¿Está recibiendo algún tipo de tratamiento en este momento? SI NO

-médico -farmacológico -otros ¿Cuáles? _____

MOVILIDAD PERSONAL. Conteste la siguiente pregunta con los datos relativos a su estado físico.

Realiza alguna actividad física y ¿con qué frecuencia?

- A diario - varias veces/semana - varias veces/mes Rara vez
(semanalmente) (mensualmente) (nunca)

10. 4-. ESCALA DE APRENSIÓN PSICOLÓGICA PERSONAL (EAPP).

Nº DE EXPEDIENTE:.....

FECHA:.....

La escala que a continuación le presentamos tiene como objetivo general la medida de la aprensión psicológica por parte de los sujetos susceptibles de la asistencia fisioterapéutica. Con esta escala se pretende evaluar, desde la opinión y auto-posicionamiento de los propios sujetos examinados, su grado de aprensión personal o tendencia al nerviosismo (Neuroticismo). Ello tiene por objeto, entre otras posibilidades, controlar la hipotética incidencia de tal factor en las medidas psicofísicas y posibles intervenciones fisioterapéuticas.

La información que nos ofrece esta escala será usada con la máxima discreción y procurando en todo momento la confidencialidad de los datos, que serán destruidos en cuanto formen parte de las estadísticas globales ó se haya procedido a la intervención correspondiente; puesto que, la información que aporta este instrumento es circunstancial y concreta. Debe señalar su respuesta en todas las preguntas, sin dejar ninguna sin cumplimentar. Señale cada respuesta con un círculo (si se equivoca, táchelo y vuelva a marcar otro) y debe ajustarse a la siguiente graduación de los niveles de su respuesta en cada pregunta:

- 1.- Muy raramente (prácticamente nunca)
- 2.- Alguna vez (casi nunca)
- 3.- Frecuentemente (bastantes veces)
- 4.- Continuamente (prácticamente siempre).

1. ¿Siente usted que su estado de ánimo sufre altibajos?	1	2	3	4
2. ¿Se siente desdichado/a sin motivo?	1	2	3	4
3. ¿Se ve usted a sí mismo/a como una persona irritable?	1	2	3	4
4. A menudo ¿se siente hart/a ("un poco al límite")?	1	2	3	4
5. ¿Tiene usted sentimientos de culpabilidad?	1	2	3	4
6. ¿Se ve usted a sí mismo/a como una persona nerviosa?	1	2	3	4
7. ¿Se considera usted como una persona sufridora?	1	2	3	4
8. ¿Se ve usted a sí mismo/a como una persona tensa?	1	2	3	4
9. ¿A menudo se siente apático/a y cansado/a sin motivo?	1	2	3	4
10. ¿A menudo siente usted que su vida es muy monótona?	1	2	3	4
11. ¿Sufre usted de los "nervios"?	1	2	3	4
12. ¿Se siente usted solo/a?	1	2	3	4
13. ¿Se inquieta usted por cosas terribles que podrían suceder?	1	2	3	4
14. ¿Se siente usted intranquilo/a por su salud?	1	2	3	4
15. ¿Es usted una persona que se afecta fácilmente ante según qué cosas?	1	2	3	4

10. 5.- MODELO DE CUESTIONARIO DE PERCEPCIÓN.

CUESTIONARIO DE PERCEPCIÓN:

Nº DE EXPEDIENTE:.....

FECHA:.....

DATOS PERSONALES. Rellene los datos de identificación personal que aparecen a continuación.

Nombre: _____	Apellidos: _____	
Dirección: _____	Provincia: _____	
Lugar de nacimiento: _____	Edad: _____	Sexo: Hombre <input type="checkbox"/> Mujer <input type="checkbox"/>
Tfno: _____	móvil: _____	e-mail: _____

Observador nº 1:	Observador nº: 2:
Fecha:	Fecha:
Nivel de sensibilidad: mA	Nivel de sensibilidad: mA
Nivel de contracción: mA	Nivel de contracción: mA
Nivel de tolerancia: mA	Nivel de tolerancia: mA