



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO.

FACULTAD DE INGENIERÍA.

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN EQUIPO BÁSICO DE
ELECTROTERAPIA.**

TESIS.

**PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO ELÉCTRICO ELECTRÓNICO.**

PRESENTAN:

**JIMÉNEZ ROMERO JORGE ANTONIO.
MORALES MALAGÓN IVÁN ADRIÁN.
SALVADOR ALTAMIRANO MANUEL ANDRÉS.**



ASESOR:

ING. BENJAMÍN RAMÍREZ HERNÁNDEZ.

MÉXICO, D.F. OCTUBRE DEL 2008.

ÍNDICE

TEMA	PAGS.
INTRODUCCIÓN	04
PROLOGO	05
0. ANTECEDENTES	06
- Edad media y renacimiento	06
- Siglo XVII y XVIII	07
- Siglo XIX	08
- Siglo XX	08
- Breve historia de la fisioterapia en México	09
1. APLICACIONES MÉDICAS	11
- Definición de fisioterapia	11
- La fisioterapia como método curativo	11
- Aplicaciones de la fisioterapia	13
- Electroterapia	13
2. ELECTROTERAPIA	21
- Parámetros básicos de la electroterapia	29
- Tiempo de pulso y reposo	31
- Intensidad de los parámetros básicos	33
- Magnitud de la dosis	33
- Potencia requerida en electroterapia	37
- Relación de potencia asociada a un pulso	40
- Densidad de energía	42
- Corriente constante y voltaje constante	44
- Rangos operativos de frecuencia de la electroterapia	48

3. DESCRIPCIÓN A BLOQUES DEL EQUIPO	50
- Fuente de alimentación	51
- Control de tiempo de sesión	53
- Generación de las señales	59
- Variación de frecuencia y amplitud	61
- Etapa de rectificación de la señal	63
- Etapa de amplificación y protección	68
- Etapa de acoplamiento	70
- Etapa de salida	74
4. PRUEBAS, RESULTADOS Y CONCLUSIONES	80
- Pruebas de funcionamiento	80
- Resultados	86
- Conclusiones obtenidas	93
APÉNDICE	95
ANEXO	98
GLOSARIO	101
BIBLIOGRAFÍA	109

INTRODUCCIÓN

La palabra T.E.N.S. deriva de los términos en inglés de “Estimulación Eléctrica Transcutánea de los Nervios”. De manera general este tipo de terapia consiste en excitar las fibras musculares con corrientes eléctricas con el único fin de desencadenar o poner en marcha los sistemas analgésicos del cuerpo obteniendo de esta forma la reducción significativa del dolor dependiendo de la patología a tratar y del daño que hayan sufrido dichas fibras musculares.

Toda la gama de estudios que envuelven a los T.E.N.S iniciaron en la década de los años sesenta con las investigaciones de Mellzac y Wall acerca de la teoría de la puerta de control espinal y la modulación del dolor. Estos investigadores justificaron el uso de la aplicación de impulsos eléctricos en la modificación de las respuestas anormales en nervios dañados por alguna lesión. Este descubrimiento junto con la teoría de la puerta de control espinal forma la base de muchos de los conocimientos acerca de los mecanismos de dolor y demuestran el valor terapéutico de la estimulación nerviosa transcutánea.

Con estos conocimientos posteriormente se realizaron pruebas comparativas de la T.E.N.S contra el uso de narcóticos en Siracusa Nueva York en 1978, dichas pruebas demostraron que esta terapia era una alternativa viable al uso de narcóticos siempre y cuando el paciente no fuera adicto a los mismos o dependiera de los mismos para la mejoría del dolor. Posteriormente los trabajos plasmados por Sjölund y Ericksson en sus obras “Endorfinas y Analgesia Producidas por la Estimulación Periférica” en 1979 y los de Ottoson y Lundeborg “Tratamiento del Dolor: Manual Práctico de Estimulación Eléctrica Transcutánea de los Nervios” en 1988, han sido de mucha ayuda en la modernización y desarrollo de los actuales aparatos profesionales de estimulación eléctrica de los nervios.

Con esta información como referencia además de la ayuda y asesoría de un experto en el ramo se desarrolló el presente electroestimulador con las restricciones y ventajas que nos da la electrónica comercial. Hay que hacer notar que el diseño de este equipo puede cambiar de acuerdo a las necesidades de operación o de la patología a tratar. Simplemente se demostró una forma viable además de útil para satisfacer los requerimientos más sencillos de un equipo como este. Queda abierta la puerta para su mejora tanto en implementación como en el uso de tecnología para obtener un mejor desempeño como la reducción de sus dimensiones sin dejar aun lado las necesidades establecidas por un especialista o por los requerimientos establecidos por el creciente mercado.

PRÓLOGO

Como es de todos sabido en la actualidad los constates problemas de la vida cotidiana causada principalmente por el estrés están dejando una gran cantidad de lesiones en las personas, y hoy en día una rama de la fisioterapia (la electroterapia) se encarga de la rehabilitación física de dichos sujetos, ya sea por problemas neurológicos, traumatológicos, musculo-esqueléticos además de reumatológicos entre otros.

El conocimiento adecuado de la electroterapia así como el uso de sus instrumentos será no solo de mucha ayuda para el país sino para el desarrollo de la ingeniería en México, por lo cual es importante dar a conocer de manera fácil y sencilla esta área de la medicina.

La presente tesis tuvo como principal motivación el poder conocer una de las tantas ramas que abarca la ingeniería biomédica sin hacer aun lado la adquisición de conocimientos médicos los cuales en su mayoría son desconocidos, por éste motivo se realizó la investigación pertinente tanto en bibliografía del ramo, artículos y asesorías por un especialista con el único fin de desarrollar un equipo competitivo sin dejar aun lado su fácil manejo, la portabilidad y lo principal, el ser desarrollado con tecnología de corriente uso en el mercado.

Por otro lado el poder comprender en su mayoría toda la teoría de la electroterapia nos permite introducirnos en una gama diversa de conocimientos aparte de los ingenieriles, siendo estos de gran ayuda para comprender el funcionamiento de equipos los cuales no solo tienen un funcionamiento diferente si no que se enfocan a problemas médicos específicos.

Para terminar se pretende demostrar que partiendo del conocimiento general sobre el tema (electroterapia) y de los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera se pueden vincular dos ramas de la ciencia las cuales muchas veces tiene tan poco que ver la una de la otra.

ANTECEDENTES.

En la historia de la humanidad existen numerosos antecedentes del uso de agentes físicos con fines terapéuticos. En la antigua Mesopotamia la casta sacerdotal "Asu" era la encargada de realizar el tratamiento mediante agentes físicos y también mediante la fitoterapia (terapéutica por medio de las plantas). En la América precolombina, los aztecas desarrollaron métodos terapéuticos en el agua por medio de "baños de vapor" llamados *temazcalli* y los mayas realizaban "baños de sudor" denominados *zumpulche*. En el antiguo Egipto es también el masaje terapéutico uno de los procedimientos más aplicados, si bien el tratamiento de los miembros anquilosados es uno de sus objetivos como se refleja en el papiro de Ramesseum. En la antigua India el masaje es importante pero se presta especial atención a los ejercicios respiratorios y facilitadores de la circulación. En la antigua China destacan las recomendaciones del emperador chino Hoang Ti, estas consistían en ejercicios respiratorios, masaje y ejercicios de manos y pies.

Un punto importante para el desarrollo de la fisioterapia es Grecia ya que en ella se aplica un enfoque más racional para entender la salud, la enfermedad y el tratamiento, dejando de lado al empirismo en el que se había basado hasta entonces todo acto terapéutico. Y es aquí donde, surgen los padres de la fisioterapia y la terapia física. Hombres como Hipócrates, Herodio y Aristóteles entre otros.

La filosofía terapéutica de Hipócrates era la de impulsar las fuerzas de autocuración e incorpora al movimiento como agente terapéutico (*kinesioterapia*), además de desarrollar métodos gimnásticos para fortalecer las extremidades y prepararlas para la caza, el deporte y la guerra. Aunado a esto recomendaba el empleo de agua fría en forma de baños de mar o agua dulce o bien baños de vapor, compresas húmedas calientes y aplicaciones de fango. Así mismo, su amplio conocimiento del masaje le permitió aplicarlo con éxito para el drenaje venoso. A su vez Aristóteles realiza diversos estudios en el campo del movimiento del cuerpo humano específicamente en la marcha. Además adquiere experiencia en el campo de la electroterapia mediante descargas eléctricas del pez torpedo (*tremieglia*), utilizándolo para los ataques de gota.

En la Roma clásica, Galeno muestra un especial interés por el carácter higiénico de los ejercicios. Fue la hidroterapia en los baños romanos lo que destaca en esta época, siendo conocido el proceso de curación del emperador Octavio César Augusto por procedimientos hidroterapéuticos.

Edad media y renacimiento.

En La Edad Media, mientras en el mundo musulmán médicos como Maimónides, Averroes y Avicena, describen en sus textos diversos agentes físicos como masajes, tracciones, ejercicios y manipulaciones para afecciones reumáticas y de columna vertebral, en Europa la consolidación del cristianismo pone su mirada en el cultivo del espíritu y el más allá, dejando de lado la cultura de la salud.

El Renacimiento en Italia despierta un gran interés por la actividad muscular y es Leonardo Da Vinci, quien estudió la función de los músculos, estableciendo la diferencia de flexión, supinación, pronación. Es de citar a Andrés Vesalio (1515-1574), médico imperial con Carlos V y Felipe II, Catedrático de Anatomía y Cirugía de la Universidad de Padua y sobre todo el padre de la anatomía moderna. Este morfológico instauró el método moderno de investigación anatómica, basada en la práctica de disección de cadáveres humanos. La obra de Vesalio "*De humani corporis fabrica*", marca el comienzo de una nueva era en la representación y estudio del cuerpo humano, tanto por su contenido como por su excelente y minuciosa representación iconográfica.

Es de destacar también a Ambrosio Paré (1517-1590), el primero en emplear con éxito las técnicas del masaje de fricción, especialmente en los muñones dolorosos de los amputados y en las cicatrices retractiles, siguiendo las enseñanzas de Galeno. Dedicó especial atención a la ortopedia, construyendo prótesis de miembros, alcanzando especial renombre su mano artificial.

En España, la primera obra escrita sobre los beneficios del ejercicio terapéutico fue realizada por el Dr. Cristóbal Méndez, que en 1553 publicó en Sevilla un libro titulado "Libro de ejercicio corporal y de sus provechos". Al Dr. Cristóbal Méndez le cabe pues el honor de ser el primero en Europa que realiza un estudio sobre los beneficios del ejercicio físico en el organismo.

Siglo XVII y XVIII

En el siglo XVIII se produce un gran auge en la hidroterapia y las estaciones termales destacando en este campo el español Vicente Pérez (1752), médico rural en Pozo Blanco (Córdoba) conocido popularmente como el "médico del agua". También destacan Sigmund Hahn (1664-1742) y su hijo Johann S. Hahn (1707-1773) llamados "los médicos del grifo".

El hombre pionero en la vinculación de los ejercicios con el sistema músculo-esquelético fue el francés Nicolás Andry de Boisregard (1568-1742), Decano de la Facultad de Medicina de París, quien en 1741 publica "*L Orthopedie ou l'art de corriger dans les enfants les defformités du corps*" donde recurre a las correcciones posturales para tratar desviaciones. Desde entonces la ortopedia se mantiene vinculada con la fisioterapia.

Fue Joseph Clement Tissot (1747-1812), médico y cirujano mayor del 4º Regimiento de Caballería Ligera del ejército francés, quien en su libro "*Gimnasia Médica y Quirúrgica*" en 1780 rompe con la tradición de los antiguos, recomendando la movilización en los pacientes quirúrgicos. Tissot describe el ejercicio tal como se le conoce en la actualidad. Este autor es considerado el fundador de la terapia ocupacional.

Otras investigaciones se encuentran relacionadas con el descubrimiento de la electricidad, derivándose el interés por la morfología y la estimulación de los músculos, dando lugar al surgimiento de la electroterapia.

Importantes en esta área son los trabajos de Galvani (1737-1798) catedrático de Anatomía en la Universidad de Bolonia que investigó los efectos de la electricidad atmosférica sobre los músculos disecados de ancas de rana. También el físico francés André Marie Ampère (1775-1827) inventor del galvanómetro, y el físico italiano Alessandro Volta (1745-1827) que desarrolló para su aplicación en pacientes la corriente continua, denominada Galvánica. Posteriormente los estudios experimentales de Leduc demuestran que se puede introducir iones en un organismo vivo mediante corriente eléctrica, fenómeno conocido como iontoforesis.

Siglo XIX.

La cinesiterapia y el masaje consiguen reconocimiento científico gracias al sueco Henrik Ling (1775-1839) quien sistematizó los ejercicios en cuanto a su dosificación, posiciones iniciales de partida y grado de actividad, definiendo asimismo los conceptos de ejercicio semiactivo-semipasivo y los de contracción concéntrica-excéntrica para ambos tipos de actividad muscular.

Ling funda en Estocolmo en 1813 el Instituto Real de Gimnasia redactando su gran obra "*Principios Generales de la Gimnasia*" y desarrolla a su vez la práctica y enseñanza del llamado "Masaje Sueco". Seguidamente Gustav Zander (1835-1920), médico sueco y discípulo de Ling desarrolla la mecanoterapia.

La electroterapia adquirió un gran desarrollo en estos tiempos, constituyéndose la *American Electro-Therapeutic Association* destacando Paul-Jacques y Pierre Curie (1859-1906) por su aportación sobre la pizeoelectricidad, que permitió a Lipmann apoyarse en la reciprocidad de este efecto, base de la producción de ultrasonidos.

Siglo XX.

Durante el siglo pasado se progresó considerablemente en las ciencias morfológicas, fisiológicas y físicas contribuyendo a consolidar las bases científicas de la fisioterapia y facilitando la elaboración de una metodología propia de valoración y tratamiento.

Algunas aportaciones de esta época son el tratamiento cinesiterapéutico de la escoliosis. En 1905, el cirujano alemán Rudolph Klapp lanza su famoso "gateo de Klapp" para eliminar la acción nefasta de la gravedad sobre el raquis.

En pleno período de posguerra Sir Robert Jones (1858-1933) y su discípulo Gathorne Girdlestone, diseñaron en la ciudad de Liverpool un plan ideal para abordar en clínicas y hospitales, el diagnóstico, tratamiento y rehabilitación de determinadas enfermedades. En consecuencia a Sir Robert Jones se le considera "el padre de la fisioterapia hospitalaria" porque fue el primero en introducir la fisioterapia en el hospital.

La fisioterapia neurológica fundamentada en las sinergias fue desarrollada por la fisioterapeuta Miss Brünnstom. Posteriormente en 1956 Herman Kabath neurofisiólogo y médico desarrolla el método conocido como Facilitación Neuromuscular Propioceptiva (PNF). En 1966 Karel y Berta Bobath realizan la primera publicación sobre el mundialmente conocido "Concepto Bobath" aplicado al hemipléjico adulto.

Breve historia de la fisioterapia en México.

En nuestro país es muy difícil separar la terapia ocupacional de la terapia física y del lenguaje por lo que se encontrarán mencionadas en algunos periodos.

1861. Con la ley de Instrucción dictada por el Presidente Benito Juárez se inicia la construcción de Hospitales con servicios especiales.

1905. Se funda el Hospital General de México en donde el Dr. Carlos Coqui inicia a utilizar la diatermia como equipo terapéutico.

1942. En el Hospital Español se inicia el primer programa de Terapia Ocupacional.

1943. En el Hospital Infantil de México el Dr. A. Tohen y el Dr. Luís Guillermo Ibarra. Crean el primer Departamento de Medicina Física.

1950-1951. El Hospital Infantil de México y el Centro de Recuperación " Francisco P. de Miranda " atienden una Epidemia de Polio que azotó a todo el mundo y aparecen las carreras de Terapia Ocupacional, T.F. y T.L.

1955. El Centro de Rehabilitación Músculo esquelético No. 5 inicia la atención de niños con secuelas de poliomielitis y aparece el primer departamento de terapia ocupacional con una finalidad terapéutica.

1960. En el Instituto Mexicano de Rehabilitación primer proyecto global de Rehabilitación que incluía terapia ocupacional, T.F, T.L, T.O.P, rehabilitación laboral, consejeros en rehabilitación y una sección industrial. Funciona hasta 1984 es dirigido por Srita. Fuentes, Dr.López Vera y Dr. Leobardo Ruiz.

1972. Se imparte el 1er. Curso de Actualización de Terapia Ocupacional organizado por la Organización Panamericana de la Salud y la Dirección General de Rehabilitación. Se fundan los CREE (Centros de Rehabilitación y Educación Especial) En donde se reconoce a la Terapia Ocupacional como herramienta indispensable en la recuperación funcional de los discapacitados.

1976. En el Instituto Nacional de Medicina de Rehabilitación aparece el Programa de Estimulación Múltiple Temprana (PEMT) que constituye el inicio del trabajo grupal como equipo multidisciplinario de un terapeuta ocupacional, un terapeuta físico y un terapeuta de lenguaje.

1978. Primer curso de entrenamiento en el Concepto Bobath. C. A. C. en donde por primera vez el entrenamiento lo realiza la T.O. Cristhine Nelson y la primera terapeuta ocupacional entrenada es la T.O. Ma. Cristina H. Bolaños.

1979. En la Unidad de Medicina Física y Rehabilitación Región Sur del IMSS se forma un amplio departamento de terapia ocupacional que incluía terapia laboral, terapia de adultos, terapia recreativa terapia de niños y gestoría ocupacional.

1995. Se crea la Asociación Profesional de Terapia Ocupacional

1999. El 3 de junio de éste año se funda el Colegio de Terapeutas Ocupacionales de México A.C. siendo sus fundadoras la Dra. Cristina Bolaños, la T.O. Silvia Martínez, la T.O. Ma. Esperanza Montemayor y la T.O. Ma. Julia González.

APLICACIONES MÉDICAS

a) Definición de fisioterapia.

La fisioterapia según la World Confederation for Physical Therapy (WCPT) es el *“Arte y la ciencia del tratamiento físico”, “Es el conjunto de métodos, procedimientos y técnicas que mediante la aplicación de medios físicos, curan, previenen, recuperan y adaptan a personas afectadas de disfunciones somáticas y psicosomáticas y/o a las que se desea mantener en un nivel adecuado de salud”*.

Según el Estatuto Laboral de Seguridad Social:

“La aplicación de tratamientos o terapias a través de medios o agentes físicos que por prescripción facultativa se presentan a los pacientes de medicina y cirugía.”

La Organización Mundial de la Salud proporciona una definición algo más precisa; a grandes rasgos se trata de la ciencia del tratamiento por medio de ejercicio físico, cambios de temperatura, uso de electricidad, masajes, etc. Es decir, hablamos de la aplicación de estos agentes físicos en personas afectadas de diversos problemas orgánicos con el fin de curar, prevenir, o recuperar las más diversas dolencias orgánicas y así mejorar su calidad de vida. Un apartado concreto se destina a la rehabilitación, es decir, a las técnicas necesarias para recuperar una determinada funcionalidad que por las causas que sean no se encuentra al 100%.

En conclusión, la función de la fisioterapia, es la de prevenir, tratar y curar enfermedades, en el caso de que quede alguna secuela o discapacidad, ayudar al individuo en su adaptación al entorno, también ayuda a los sanos previniendo enfermedades de diversas maneras.

Las herramientas de las que se vale la fisioterapia pueden ser: el movimiento del cuerpo, calor, frío, corrientes eléctricas, radiaciones ultravioleta, radiaciones solares, agua y masajes dentro de las más comunes.

b) La fisioterapia como método curativo.

Masoterapia: Es una técnica que se puede definir como el uso de distintas técnicas de masaje con fines terapéuticos, para el tratamiento de enfermedades y lesiones. Engloba diversas modalidades de masaje como: el masaje terapéutico, el masaje deportivo, el crio-masaje, técnicas neuro-musculares dentro de los principales. La mesoterapia siempre debe aplicarse bajo prescripción médica.

Termoterapia: Se define como la ciencia del tratamiento mediante el calor de enfermedades y lesiones. El calor terapéutico puede ser aplicado por radiación, conducción o convección utilizando para ello diversos métodos, como la radiación infrarroja. La termoterapia es una valiosa herramienta siendo uno de sus efectos principales inmediatos, el alivio del dolor.

Su aplicación es por medio de sólidos, líquidos, semilíquidos y gases:

- Sólidos: Bolsa de agua, manta eléctrica, arena. La tolerancia cutánea es el límite de calor, que suele ser alrededor de los 50°C.
- Líquidos: Como el agua (hidroterapia). Las hay de diferentes mineralizaciones (balnearias para procesos reumáticos, elasticidad de la piel), las aguas cloradas son buenas para la piel y reumatismos; las sulfuradas para la elasticidad de ligamentos y tendones.
- Semilíquidos: Como los baños y fangos o la parafina.
- Gases: Aire, vapor de agua... Baños generales de todo el cuerpo que suelen ser colectivos (ejemplo: el baño turco).

Crioterapia: La crioterapia es la aplicación de frío sobre el organismo. Sus efectos principales sobre el organismo son: vasoconstricción, analgesia, anestesia. Es, por tanto, antiinflamatorio, al disminuir la llegada de sangre a un determinado lugar, aumenta la tensión arterial. Su aplicación es por medio de:

- Bolsas de hielo.
- Bañeras.
- Hibernación: Es la disminución de la temperatura corporal hasta 27°C o hasta 22°C. Se usa en intervenciones quirúrgicas en las que se abre el corazón.

Fototerapia: Es la terapia por medio de la luz. La luz que se puede aplicar puede ser infrarrojos, ultravioleta, láser. La zona del espectro de 4000 - 7000 Å es la unidad de la luz visible. Se utiliza fundamentalmente como agente termoterápico mediante la cámara de infrarrojos.

Dentro de las aplicaciones terapéuticas tenemos:

- Pigmentación: Se produce por migración de la melanina la capa basal a la capa superficial.
- Efecto antirraquítico: La radiación ultravioleta aumenta la producción de vitamina D en sangre. También hace que se absorba más calcio y fósforo.
- Efecto antianémico: Aumentar la síntesis de leucocitos y plaquetas de la sangre.

Hidroterapia: Se define como el arte y la ciencia del tratamiento de enfermedades y lesiones por medio del agua. En sus múltiples y variadas posibilidades (piscinas, chorros, baños, vahos) la hidroterapia es una valiosa herramienta para el tratamiento de muchos cuadros patológicos, como traumatismos, reumatismos, digestivos, respiratorios o neurológicos.

Los centros especializados en el mundo de la hidroterapia son:

- Balneario: Lugar habilitado para el tratamiento de afecciones en cuya base se asienta este tratamiento a través de aguas termales mineromedicinales.
- SPA: Siglas de *Salutem per aqua* o salud a través del agua; son lugares habilitados para el tratamiento de afecciones con aguas que no mineromedicinal ni termal. No obstante pueden añadirse otros componentes que mejoren el tratamiento estético o de relajación.

c) Aplicaciones de la fisioterapia.

Las áreas de aplicación de la fisioterapia son de lo más variado: ginecología y obstetricia (tanto pre-parto, como post-parto), pediatría, vascular (amputados, drenajes, etc.), neurología (hernias de disco, hemiplejías, parkinson, esclerosis múltiple, lesiones medulares, etc.), gerontología (movilidad reducida), traumatología y ortopedia (esguinces, fracturas, lesiones deportivas, recuperación tras cirugía, desviación de columna, etc.), reumatología (artritis, artrosis, osteoporosis, etc.), cardiología, oncología, y un largo etc.

La fisioterapia tiene múltiples aplicaciones, pero quizás una de la más conocida es la que se aplica para solucionar problemas traumatológicos, siendo la principal dolencia del 70 por ciento de los pacientes que acuden a los servicios de fisioterapia de los hospitales. Las lesiones neurológicas representan el 25 por ciento de los casos que requieren cuidados fisioterapéuticos. En el caso de los pacientes que han sufrido un ictus cerebral provocándoles una parálisis, se observa una mejora del 90 por ciento en las secuelas producidas, si el tratamiento se aplica a tiempo y de una manera continuada.

d) Electroterapia.

Definición.

La electroterapia es una disciplina que se engloba dentro de la fisioterapia y se define como el arte y la ciencia del tratamiento de lesiones y enfermedades por medio de la electricidad. La electroterapia es una técnica que a través de la emisión al cuerpo humano de corrientes eléctricas de baja intensidad resulta efectiva para tratar diversas patologías y desórdenes.

Actualmente, la tecnología ha desarrollado numerosos aparatos para la aplicación de la electroterapia sin correr riesgos de efectos secundarios. Los principales efectos de las distintas corrientes de electroterapia son:

- Anti-inflamatorio.
- Analgésico.
- Mejora del trofismo.
- Potenciación neuro-muscular.
- Térmico, en el caso de electroterapia de alta frecuencia.

Se aplica en procesos dolorosos, inflamatorios músculo-esqueléticos y nerviosos periféricos, así como en atrofas y lesiones musculares y parálisis. Existe la posibilidad de aplicarla combinada con la ultrasonoterapia. La electroterapia es una prescripción médica y debe ser aplicada a manos de un fisioterapeuta.

La historia de la electroterapia se remonta a los tiempos de los romanos, en los cuales utilizaban la anguila eléctrica aplicada en la zona afectada, a veces era decapitada para que la descarga fuera más intensa. En cuanto a investigadores de la electricidad que ayudaron al desarrollo de la electroterapia:

- Luigi Galvani: En 1780 realiza una serie de investigaciones sobre los efectos de la corriente continua sobre el organismo humano y sobre el miembro en particular. La corriente continua se denomina galvánica en su honor.
- Volta: Contemporáneo de Galvani, creó la pila eléctrica productora de la corriente continua utilizada por Galvani para sus experimentos.
- D'Arsonval: Realizó estudios sobre la excitabilidad y, lo más importante, las interrupciones de la corriente continua en un segundo, creando la definición de los Hertz.
- Rupert Traebert: Asimismo descubridor de unas corrientes de claro efecto analgésico.

La electroterapia es un tratamiento que está en uso en las estéticas desde 1920, cuando fue introducido por la firma Elizabeth Arden Salons. Se utiliza además en medicina como alternativa terapéutica para tratar tumores, es de bajo costo y mínimos efectos adversos.

En diferentes estudios *in vitro* e *in vivo* se ha demostrado el marcado efecto antitumoral de la corriente eléctrica directa, en muchos casos se obtiene la regresión (o cura) completa de los tumores. La corriente eléctrica directa potencia la acción antineoplásica de la radioterapia y quimioterapia, además minimiza los efectos colaterales que éstas inducen en el organismo.

No se conoce con certeza la razón por la cual la electroterapia reduce la percepción del dolor, aunque se cree que la estimulación de grandes fibras nerviosas periféricas "cierra la puerta" al estímulo doloroso antes de que este alcance el sistema nervioso central. Otra teoría es que la estimulación nerviosa da lugar a la liberación de endorfinas, los opiáceos naturales del propio organismo.

Se consideran como efectos generales de la corriente eléctrica la producción de calor y los efectos eléctricos magnéticos y electroquímicos. Es muy difícil determinar las indicaciones generales de la electroterapia.

Actualmente existen multitud de aplicaciones diferentes, por ejemplo, las corrientes galvánicas, ininterrumpidas, cuadrangulares, ultrasonidos, infrarrojos, etc.; hay que tener en cuenta de que cada una de estas técnicas tiene unas indicaciones y contraindicaciones específicas.

Como norma general encontraremos dos grandes tipos de efectos: el vasomotor y el efecto analgésico. El efecto vasomotor y trófico sirve para aumentar el riego sanguíneo y mejorar el retorno venoso; mientras que el efecto analgésico puede evitar dolores de origen neurológico, muscular y/o articular.

Tipos de corrientes utilizadas.

Las corrientes eléctricas pueden clasificarse atendiendo a tres conceptos principalmente: según su forma, su polaridad y su frecuencia.

SEGÚN LA POLARIDAD

Unidireccionales	Polaridad alterna
------------------	-------------------

SEGÚN LA FRECUENCIA

Continua o galvánica				
Baja frecuencia (<1.000 HZ)	Corrientes interrumpidas	Corrientes ininterrumpidas		
Media frecuencia (1000-10.000 HZ)	Corrientes interferenciales			
Alta frecuencia (>10.000 HZ)	D'arsonval	Diatermia	Onda Corta	Microonda

SEGÚN LA FORMA

Corriente galvánica o continua				
Corriente variable	Interrumpidas	Impulsos rectangulares	Trabert	
			Leduc	
		Impulsos progresivos	Lapicque	
			Lego	
			Homofarádica	
		Impulsos modulares	Dinámica	
	Aperiódica			
	Ondulatoria			
	Ininterrumpidas	Alterna		
Combinadas	Waterwille			
	Interferenciales			

Según metodología

Todas las corrientes se aplican en general de acuerdo a cuatro métodos regulables en los equipos:

- Como pulsos aislados
- En ráfagas o trenes
- Frecuencia fija
- Modulaciones o cambios constantes y repetitivos

Según las formas

Además de lo aclarado anteriormente en la introducción, referente a baja frecuencia, debemos clasificar las corrientes en grandes grupos en lugar de dispersarlas para estudiarlas de una en una porque ello conducirá a confusión:

- Galvánica
- Interrumpidas galvánicas
- Alternas
- Interrumpidas alternas
- Moduladas

Galvánica:

La galvánica tiene polaridad, es única en su grupo y se destina a provocar cambios electroquímicos en el organismo.

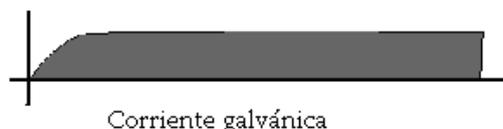


Figura 1

Interrumpidas galvánicas

Todas aquellas que están conformadas por pulsos positivos o negativos, pero todos en el mismo sentido, luego, poseen polaridad. Los pulsos pueden ser de diferentes formas y frecuencias, así como agrupados en trenes, impulsos aislados, modulados o frecuencia fija. Son las más características de la baja frecuencia.

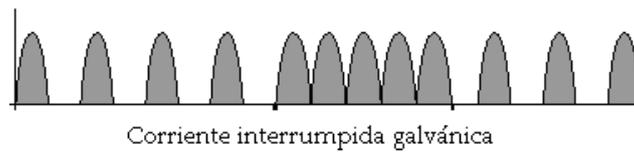


Figura 1.1

Alternas

Reciben el nombre de alternas porque su característica fundamental se manifiesta en el constante cambio de polaridad, en consecuencia, no poseen polaridad. La forma más característica es la sinusoidal perfecta de mayor o menor frecuencia. Existen otras corrientes cuya forma no es la típica sinusoidal, sino que pueden dibujarse como cuadrangulares, triangulares, etcétera, pero que, aunque siguen manteniendo la alternancia en la polaridad, realmente se les denomina como bifásicas.

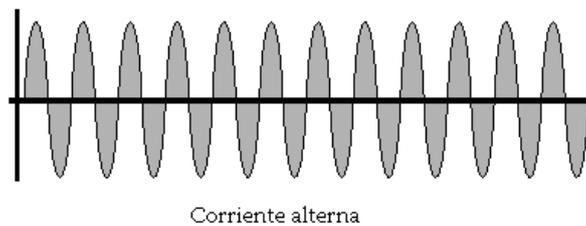


Figura 1.2

Interrumpidas alternas

Normalmente consisten en aplicar interrupciones en una alterna para formar pequeñas ráfagas o paquetes denominados pulsos. Es muy frecuente encontrar estos pequeños paquetes de alterna en alta frecuencia, media frecuencia e incluso en algunos TENS.

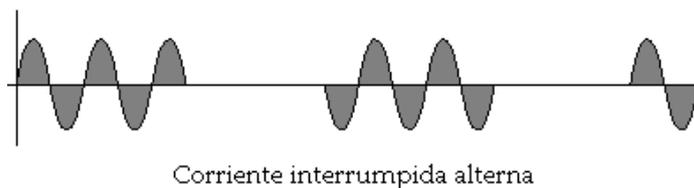


Figura 1.3

Moduladas

Las moduladas son corrientes que están sufriendo cambios constantes durante toda la sesión. Pueden pertenecer al grupo de las interrumpidas galvánicas o al de las alternas. Las modulaciones más habituales son las de amplitud, modulaciones en frecuencia y modulaciones en anchura de pulso.

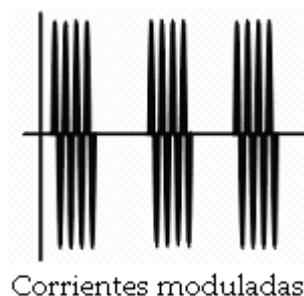


Figura 1.4

Riesgos y precauciones.

Los peligros de la electroterapia se pueden evitar en su mayor parte mediante el conocimiento de los mismos y de sus medidas generales de protección. Los accidentes eléctricos se producen como un accidente de trabajo o durante una sesión de tratamiento de forma ocasional (solo el 0,03% de los accidentes de trabajo son por electricidad). En la producción del accidente eléctrico tiene especial importancia el tipo de corriente, así tenemos que:

- La corriente continua solo provoca efectos excitomotores, generalmente quemaduras en el trayecto de la corriente y en las zonas de entrada y salida de la misma.
- La corriente alterna de baja frecuencia produce sobre todo contracción muscular, quedando minimizados los otros efectos. La máxima peligrosidad corresponde a frecuencias de 50-60 Hz. A medida que la frecuencia aumenta, disminuye el riesgo, hasta que en frecuencias superiores a 1 MHz ya no hay choque eléctrico.

Otros aspectos que intervienen en la peligrosidad del accidente eléctrico son:

- ✓ El voltaje: Normalmente el límite de tolerancia se ha establecido en 300 V para la corriente alterna de baja frecuencia y en 500 V para la continua; a pesar de ello hay que tener en cuenta que corrientes de bajo voltaje, pueden producir accidentes si las intensidades son altas.

- ✓ La intensidad: Con intensidades pequeñas, de pocos miliamperes se suele producir hormigueos. Con 10 miliamperes ya se produce contracción muscular. Una intensidad entre 80 y 100 miliamperios puede producir fibrilación ventricular, pudiendo llegar a ser mortal, según el trayecto y duración. Una intensidad por encima de los 100 miliamperios produce depresión del sistema nervioso, con muerte aparente.
- ✓ Resistencia cutánea: Hay que tener en cuenta que la piel húmeda ofrece una resistencia 10 veces menor, y ello puede provocar accidentes eléctricos.
- ✓ Densidad eléctrica: Es la relación entre la intensidad de corriente y la superficie que sirve de puerta de entrada de la corriente. Por ello es fundamental intentar evitar quemaduras, colocando unos electrodos con la superficie adecuada a la corriente e intensidad que vamos a suministrar.

Los síntomas que provoca un accidente eléctrico pueden ser:

- Síntomas locales: Afectan a la zona de contacto produciendo quemaduras, pueden sobrecalentar las masas musculares con liberación de pigmentos, que pueden llevar a una alteración renal, también producen fracturas óseas o de vasos sanguíneos que se pueden producir de manera local por exceso de corriente eléctrica.
- Síntomas generales: Afectación cardiaca, de la musculatura respiratoria, neurológicas (desde visión borrosa hasta edema cerebral o coma), psíquicos (aturdimiento, amnesia) e incluso, la muerte.

El tratamiento de las afecciones puede ser médico o quirúrgico, dependiendo de la importancia de los mismos. En algunos casos, el tratamiento inmediato requiere lucha contra el shock.

Aplicaciones de la electroterapia.

Por su parte la electroterapia tiene una gran gama de aplicaciones médicas las cuales dependen de la frecuencia e intensidad de la corriente eléctrica dentro de las principales se tienen las siguientes:

Baja frecuencia: Corrientes menores a 800 Hz, indicadas para el tratamiento de afecciones del sistema neuromuscular como las neuritis, neuralgias, mialgias, miositis, lumbalgias y contracturas musculares, afecciones del sistema circulatorio y, generalmente, patologías que cursan con problemas de irrigación o edemas.

También se utiliza para tratar afecciones osteoarticulares como la artrosis, artritis, procesos traumáticos, distensiones músculo tendinosas y rotura fibrilar. Están indicadas en patología neurológica y electrodiagnóstico, entre otras muchas aplicaciones, ya que va a depender mucho de la intensidad y tipo de estímulo que se aplique.

Media frecuencia: Abarca entre 801 y 20.000 Hz, es aplicable a todo tipo de lesiones, ya que, dependiendo de la frecuencia aplicada, conseguiremos un efecto excito-motor. Indicada en procesos de atrofia muscular por inmovilización, degeneración parcial del sistema neuromuscular, estimulación, en caso de anquilosis, contracturas, tonificación, y en casos de problemas de circulación periférica.

Alta frecuencia: Engloba frecuencias que van desde los 20.001 a los 5 MHz, va a tener efectos hiperemiante, analgésicos, antiinflamatorios y antiespasmódicos estimula la circulación sanguínea y favorece la cicatrización de las heridas, antiinflamatoria, profiláctica en postoperatorios. Tiene efectos analgésicos, relajante muscular, también esta indicada para esguinces, roturas musculares, contusiones, fracturas, osteomielitis, bursitis, sinusitis, prostatitis y estimulante de la circulación periférica, ciática, etc.

Microondas: El principal efecto terapéutico es el térmico, es esencial para el tratamiento de la otitis, sinusitis, artropatías, esguinces, epicondilitis, neuritis, asma bronquial, pleuritis, procesos peri anales, cistitis, prostatitis, etc.

Otros beneficios consisten en que la corriente eléctrica acelera la cicatrización del acné; también reafirma miembros atrofiados o débiles; por eso este sistema se utiliza también en tratamientos corporales, pues sirven para aumentar la firmeza en ciertos miembros.

La electroterapia también acelera la cicatrización de los huesos cuando se han roto, así como en la recuperación o la terapia, después de ser eliminado el yeso. Otros de los beneficios de la electroterapia: nutre mejor la piel, incrementa la hidratación y la producción de colágeno en pequeñas cantidades.

ELECTROTERAPIA

a) Parámetros básicos de la electroterapia.

Debemos conocer los parámetros, efectos y comportamientos de la energía eléctrica y magnética, sobretodo acerca de que las respuestas de la materia viva ante dicha energía. Todo ello bajo el punto de vista de la fisioterapia, lo que implica un cierto conocimiento de la física, de manera que tengamos claros los conceptos y podamos usar el mínimo de formulario, pero suficiente como para aplicar cualquier técnica de electroterapia.

Electricidad.

No es otra cosa que la manifestación de la energía de los electrones (más o menos concentrados) que normalmente proceden de la última capa de los átomos que se aglutinan o desplazan de unos a otros, produciendo fenómenos que iremos viendo, este movimiento de electrones está cuantificado y estudiado básicamente en las leyes de Ohm, de Joule, de Faraday y en la electroquímica.

Las magnitudes más importantes que manifiesta la electricidad son:

- Polaridad.
- Carga eléctrica.
- Diferencia de potencial.
- Intensidad.
- Resistencia.
- Potencia.
- Efecto Electromagnético.
- Capacitancia.
- Inductancia.
- Impedancia.
- Efecto anódico.
- Resistividad.

1) Polaridad

Para que aparezca movimiento de electrones, tienen que existir zonas donde *escaseen* y zonas con *exceso*. Dado que la materia tiende a estar eléctricamente equilibrada, se produce un movimiento desde donde abundan hacia donde faltan. La zona con déficit se encuentra cargada positivamente (+) o *ánodo* y la zona con *exceso se encuentra cargada negativamente* (-) cátodo.

Se podría decir que la lógica del lenguaje nos indica lo contrario. [(-) allí donde escasean y (+) donde abundan], pero antes de conocer la estructura del átomo, se pensaba que las cargas eléctricas se desplazaban de (+) a (-), para descubrir, tras los hechos, que se estaba empleando la nomenclatura al contrario de la realidad, a pesar de ello, persiste que (+) es defecto de cargas eléctricas y (-) exceso de cargas eléctricas con el fin de mantener la nomenclatura inicial.

Son dos fuerzas opuestas y de igual magnitud, pues con la misma fuerza atrae hacia sí el (+) como repele el (-) fuera de sí.

2) *Carga Eléctrica.*

Es la cantidad de electricidad (número de electrones) disponible en un determinado momento en un conjunto delimitado de materia o en un acumulador (batería, pila); su unidad es *Coulomb*, que aproximadamente es $6,25 \times 10^{18}$ (6.25 trillones de electrones). Si por un conductor eléctrico pasan los electrones contenidos en la *carga* de un culombio cada segundo, está pasando 1 Amper de Intensidad. Comparando el fluido eléctrico con un fluido hidráulico, diríamos que la carga son los litros disponibles en el depósito.

3) *Diferencia de Potencial, tensión eléctrica o voltaje.*

Es la fuerza «impulsará» que induce a los electrones a desplazarse de una zona con exceso a otra con déficit. Dicha fuerza recibe también el nombre *fuerza electromotriz*. La compararíamos con la presión del agua u otro fluido cuando se encuentra en recipientes a distinta altura. Su unidad es el volt (V) (Fig. 1.3).

Diferencia de potencial es lo que habitualmente denominamos *tensión o voltaje*. Para medirlo, la energía eléctrica debe manifestarse en forma estática. Si ambas cargas que se comparan se las comunica por un conductor, se produce el paso de electrones de una a la otra, desapareciendo progresivamente la diferencia de potencial de manera inversa a como se produce el paso de electrones.

4) *Fuerza Electromotriz.*

Es la fuerza que trata de devolver el equilibrio eléctrico a las cargas eléctricas y a los iones (átomos desequilibrados eléctricamente) provocando el movimiento de electrones desde donde abundan hacia donde escasean.

a) Si el desequilibrio es (+) (defecto de electrones), *genera succión* sobre otras cargas eléctricas próximas y de signo (-).

b) Si el desequilibrio es (-) (exceso de electrones), *genera repulsión o intento de salto* a otras cargas eléctricas próximas y de signo (+).

Cuanto mayor sea la diferencia de potencial eléctrico entre las dos cargas que se comparan, mayor será la fuerza electromotriz que se genera entre ambas, de forma *directa* a la diferencia entre las cargas e *inversamente proporcional* al cuadrado de la distancia que las separa.

5) Intensidad.

Es la cantidad de electrones que pasan por un punto en un *segundo*. Su unidad es el Amper (A). Se representa con (I). Si pudiéramos contemplar el referido paso de electrones por el conductor, veríamos cómo se mueven en sentido del polo (-) al polo (+), es decir, de donde abundan a donde escasean. De otro modo: el número de litros que pasan por una tubería en la unidad de tiempo.

Pero en ocasiones nos vamos a encontrar con referencias a la idea de que o a que el origen de la corriente es el polo positivo o ánodo. Habría que aclarar que más que paso de corriente, debemos hablar de: *generador de fuerza electromotriz* (huecos eléctricos) para producir corriente eléctrica. De hecho, son iguales y opuestas tanto la del (-) emitiendo electrones como la del positivo succionando electrones para ocupar los huecos creados.

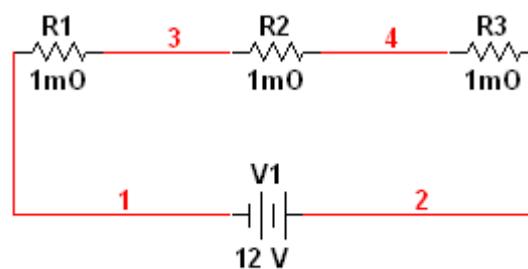
La intensidad es el parámetro que habitualmente denominamos corriente eléctrica y su medida se pondrá de manifiesto siempre que haya paso de energía eléctrica por un punto.

6) Resistencia.

Es la fuerza de freno que opone la materia al movimiento de los electrones cuando circulan a través de ella. Luego, esta característica no es propia de los parámetros de la electricidad, sino de la materia al ser sometida a esta energía. Su unidad es el Ohm (Ω). Sería la dificultad que ofrece la tubería en un circuito hidráulico al paso del fluido.

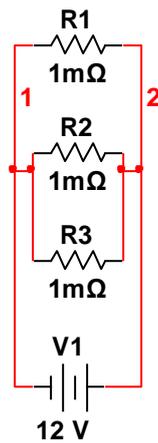
La resistencia en la materia viva se presenta bastante variable, dependiendo de su *comportamiento y del tipo de corriente* que circule por ella. Si la sustancia que compone la materia es rica en líquidos y disoluciones salinas, será buena conductora.

Cuando la energía eléctrica debe superar varios elementos resistivos en serie (uno tras otro), el efecto resistivo es una suma. Pero, si las resistencias se colocan paralelamente entre sí, el resultado resistivo del circuito es inverso a la suma de los valores parciales, es decir, la energía circulará con más facilidad y además, por la de menor resistencia.



Circuito en serie

Figura 1.5



Circuito en paralelo
Figura 1.6

En general, según la impedancia de la materia sometida al paso de energía eléctrica, si la energía eléctrica que se aplica es de forma oscilante y alta frecuencia, la materia mostrará menor resistencia que si fuera de baja frecuencia. Si la energía eléctrica que se aplica presenta mucha diferencia de potencial (voltaje), la materia presenta menor resistencia. Pero, si se intenta con poca diferencia de potencial la resistencia será alta.

7) Potencia

Es la velocidad con que se realiza un trabajo y, utilizando la energía eléctrica, será el producto de $V \times I$. En este caso se emplea para medir la velocidad con que se produce la transformación de una energía en otra. Por ejemplo: la conversión de electricidad en calor. Su unidad son los Watts (W).

De la vida cotidiana podemos escoger multitud de ejemplos que nos aclaran el concepto de potencia. Cuando a un paciente le aplicamos calor y manifiesta que siente quemazón o dolor por el calor excesivo, realmente estamos aplicando demasiada potencia. La potencia es la capacidad de llevar a acabo un trabajo.

8) Electromagnetismo.

Es la propiedad que presenta la energía eléctrica para generar un *campo magnético* alrededor del conductor por el que pasa una corriente eléctrica (Ley de Oersted). O también, de *generar una corriente de electrones* sobre el conductor que es sometido a un campo magnético (Ley de Faraday). Su unidad es el Henry (H). Si el conductor se encuentra arrollado sobre sí mismo en forma de *bobina*, se multiplica este efecto, utilizándose así en la práctica habitual.

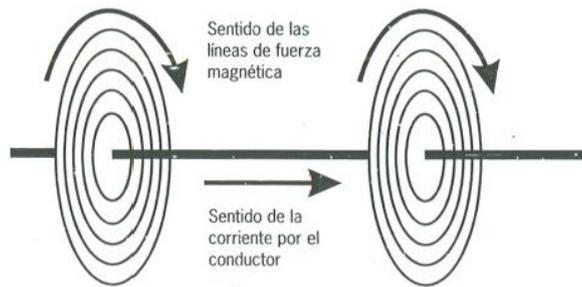


Figura 1.8

9) Inductancia (auto-inducción).

Es la resistencia que opone la materia conductora a ser, *sometida al paso o cambio y variaciones en la corriente* (intensidad) que circula por ella; o, también, *al corte de la corriente que circulaba por ella*. . En este instante se generan cargas eléctricas muy intensas y de signo opuesto al que se estaba dando. Es el típico chispazo que suele producirse al pulsar un interruptor o desenchufar una plancha que está trabajando.

Capacitancia (campo de condensador): Es la propiedad que tienen las cargas eléctricas de:

- Atraerse si son de signo opuesto o de
- Repelerse si son del mismo signo

Una carga eléctrica genera otra en su proximidad de signo contrario, encontrándose ambas sin contacto físico o intercalando materia no conductora entre las dos cargas.

Este fenómeno en electroterapia va a ser muy importante, ya que en él se fundamentarán muchos mecanismos de actuación sobre el organismo, tales como:

- el campo de condensador de la onda corta,
- la respuesta motora anódica,
- la electroforesis,
- la penetración por irradiación en microonda.

Al igual que la inductancia, y debido a la propiedad de crear cargas eléctricas opuestas a la aplicada, en la capacitancia se va a producir un freno o resistencia a:

- la invasión de electrones cuando se aplica un electrodo,
- cuando se cierra o abre el circuito y
- cuando sufre variaciones el voltaje, llegando a perderse parte de la FEM aplicada.

10) Efecto anódico.

El llamado efecto anódico consiste en lo siguiente: al aplicar un impulso eléctrico al organismo con un electrodo, dentro de la materia orgánica e inmediatamente próximo al electrodo, se crea una carga eléctrica de signo opuesto que dará lugar a una diferencia de potencial entre la electricidad aplicada y las cargas eléctricas del organismo.

Esta diferencia de potencial entre el exterior y el interior de la piel es la que conduce al paso de electrones desde el electrodo a los tejidos (siempre que el electrodo sea de carga (-)); mientras que, si el electrodo es de carga (+), el paso de electrones se hará desde el organismo hacia el electrodo.

Podemos hacer un símil diciendo que los electrones, cuando se acercan a una barrera o membrana que tienen que superar, se facilitan el salto o paso limpiando rápidamente de electrones del otro lado de la membrana, creándose asimismo un vacío, o carga (+), que les ayudará a superar el salto de la piel.

La aplicación del impulso, la respuesta anódica y el paso del impulso requieren un determinado tiempo para complementarse; y, por otra parte,

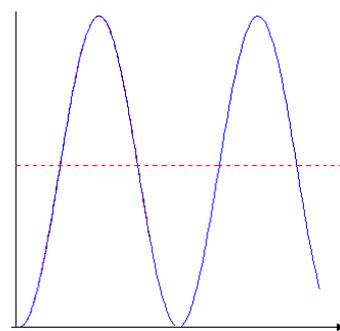
- la respuesta anódica no va a tener la misma forma, amplitud e intensidad que el impulso catódico;
- ni la forma del impulso anódico va ser la misma que originalmente se aplicó en el electrodo.

11) Impedancia.

Es la referencia a un conjunto de cualidades que presenta la materia cuando es sometida a la energía eléctrica, fundamentalmente si las corrientes presentan variaciones de polaridad, de intensidad o de voltaje.

Las ideas básicas son las siguientes: es la suma vectorial de las tres formas de resistencia que presenta la materia.

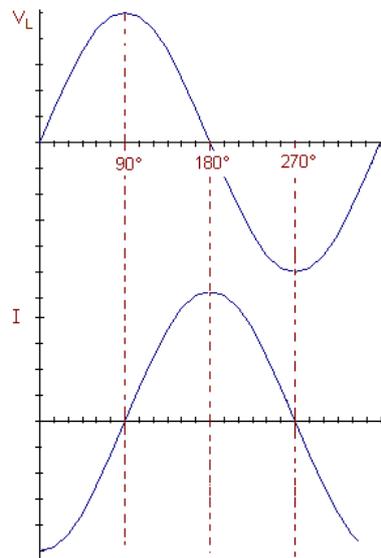
- Resistencia óhmica (R): a la intensidad y al voltaje (tanto en corriente continua como en variable); freno al paso de energía; provoca caída en la tensión y disminuye el paso de intensidad.



I y V en fase

Figura 1.9

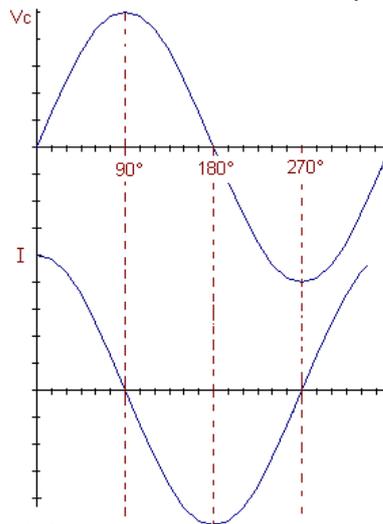
- Resistencia inductiva (I): resiste el cambio de intensidad cuando la corriente es variable (solamente variable); característica propia de las bobinas; luego, trataríamos de reflejar el grado de comportamiento de la materia en cuestión; asemejándose a una bobina, retrasando la onda de intensidad.



I desfasada 90 grados respecto al V

Figura 2.0

- Resistencia capacitiva (C): resiste el cambio del voltaje o fuerza electromotriz (solamente variable); característica propia de los condensadores; se reflejaría el comportamiento del condensador de la sustancia en prueba, retrasando la onda de voltaje.



I adelantada 90 grados respecto al V

Figura 2.1

Por lo que se tiene que:

- Si la materia no presenta ningún componente de resistencia inductiva ni capacitiva, el rendimiento y la transformación en potencia es del 100%.

- Si la materia ofrece resistencia capacitiva muy alta(o inductiva), tanto que se retrasen 90 grados una onda con respecto a la otra, el rendimiento será de cero.

Todo esto es importante, ya que influirá directamente en la potencia que realmente se está aplicando, por la simple razón de que:

$$\text{Potencia} = \text{Voltaje} \times \text{Intensidad}$$

Es necesario conocer el comportamiento de los tejidos humanos en lo referente a su impedancia ante las distintas formas de ondas y sus frecuencias, ya que de ello dependerán los mejores o insuficientes resultados de unas u otras técnicas.

Dado que la electroterapia de baja frecuencia normalmente se aplica con electrodos sobre la piel, cuando hablemos de su impedancia. Lo haremos refiriéndonos a (Z) en ohmios por cada cm² de piel.

12) Resistividad

Es la *dificultad* que presenta la materia a que circulen por ella corrientes de electrones o cargas eléctricas. Lo contrario de la conductividad. Se mide en Mohm/m (megaohms por metro lineal o metro cuadrado).

Unas sustancias van a disfrutar preferentemente de una de las dos propiedades (conductoras o resistentes) y otras muchas estarán en un intermedio entre los extremos. Esto nos lleva a hacer la siguiente clasificación de las materias en:

- 1) *Conductores de primer orden*: Con una excelente conductividad eléctrica, y admiten mucha intensidad sin generar calor ni producir alteraciones físicas o químicas sobre la sustancia.
- 2) *Conductores de segundo orden*: Estas sustancias no admiten demasiada intensidad eléctrica, pero, en caso de obligar el paso de corriente, suelen presentar manifestaciones de cambios físicos o químicos, dado que los iones serán los transportadores de energía.
- 3) *Dieléctricos*: No conductores, los cuales disfrutan plenamente de las propiedades de la resistividad y dificultan el paso de electrones.

Entre los *conductores de segundo orden* entre los que más nos vamos a mover. Razón por la cual es importante conocer los grados de resistividad, de conductividad o de impedancia que presentan los distintos tejidos del organismo a las variadas formas de las corrientes que aplicamos, sobre todo por tener influencia directa en la cantidad de energía que inyectamos al organismo. Es decir:

Si aplicamos una determinada diferencia de potencial como fija e invariable, los tejidos absorberán la intensidad que permita su resistencia. Pero, si es la intensidad el parámetro que aplicamos como fijo e invariable, será el voltaje el que se adapte a la resistencia de los tejidos.

Por lo expresado en el párrafo anterior. Se deduce que no es lo mismo 12 mA con 5 V que 12 mA con 180 V. Circunstancia que se puede dar perfectamente dependiendo de la resistencia de la materia sometida al paso de energía eléctrica.

b) Tiempo de pulso y de reposo.

En electroterapia se usan multitud de corrientes que contribuyen y complican la comprensión de la misma. Muchas de las aplicadas tienen efectos semejantes entre sí, pero el discurso que relata los efectos de cada una, en ocasiones parece diferente y novedoso, o repetitivo en otras (según la procedencia del texto leído).

Los siguientes párrafos hacen referencia a conceptos propios de baja frecuencia. Más adelante trataremos de media y alta.

Con la electroterapia aplicada vía transcutánea tratamos de sustituir a los impulsos eléctricos propios del sistema nervioso y para conseguirlo necesitamos estimuladores que lo consigan y que sean capaces de superar las barreras de piel, tejido celular subcutáneo y distancia hasta el nervio o fibra muscular pretendido. Por otra parte estos estimuladores deben conseguir respuestas que el propio sistema nervioso es incapaz de provocar (como el tratamiento de parálisis).

El sistema nervioso genera pulsos o picos de corriente triangulares normalmente bifásicos.



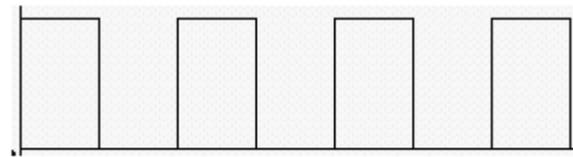
Pulsos triangulares

Figura 2.2

Los estimuladores de baja frecuencia pueden generar estos pulsos, pero debido a su poca duración y su baja energía es difícil invadir los tejidos con suficiente potencia como para conseguir las respuestas pretendidas. Por otra parte, los pulsos eléctricos aplicados desde el exterior podemos regularlos en intensidad, voltaje, duración, forma, etcétera. . Así provocaremos respuestas diferentes al sistema nervioso, así como analizar determinados fenómenos fisiológicos. Normalmente, se juega con tres parámetros básicos:

- Energía o amplitud
- Tiempo del pulso o anchura y
- Forma

La energía o amplitud alcanza un máximo de 80 mA. El tiempo oscila entre 0,05 ms y 1000 ms y las formas son dos: cuadrangulares y triangulares; mejor dicho, de subida brusca y de subida progresiva con bajada brusca respectivamente.

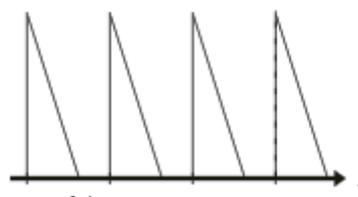


Pulsos cuadrangulares ajustables

Figura 2.3

Los equipos de electroestimulación modernos consiguen estos parámetros con cierta facilidad, pero los de hace algunos años requerían circuitos muy complejos para poner en los electrodos las referidas formas perfectas. Siempre presentaban algunas deformaciones típicas debidas a los condensadores, resistencias del circuito, resistencia del paciente, transformadores, lentitud de respuesta en las lámparas o transistores, baja potencia de los transistores, etcétera. Es muy típica la deformación cuadrangular por causa de los transformadores o la triangular en exponencial debido a la descarga de condensadores.

Otro ejemplo puede ser las farádicas antiguas que se generaban con pulsos (mejor picos) triangulares, pero resultará más eficaz formarlas con cuadrangulares siempre que las fibras nerviosas o musculares se hallen en buen estado. En caso de padecer algún proceso patológico que implique reducción en su función, será necesario formar la farádica con pulsos de subida progresiva y el tiempo adecuado (no picos triangulares).



Farádicas antiguas

Figura 2.4

El componente de polaridad en la corriente posee su importancia, pues un electrodo es más eficaz que el otro dependiendo de la polaridad que soporte. En caso de eliminar esta propiedad, aplicaremos corrientes con onda positiva más negativa (bifásicas).

1) Duración de los pulsos

Es fundamental combinar la forma, la intensidad y la duración de los pulsos, ya que (dependiendo de la normalidad o patología del conjunto neuromuscular) las respuestas serán diferentes en cada circunstancia. La exploración de las curvas (I/T) - (A/T) nos indicarán el estado y los mejores parámetros para utilizar en tratamientos e, igualmente, para diseñar las corrientes que pretendemos utilizar. En las siguientes figuras podemos observar las curvas características de normalidad y de severa denervación parcial:

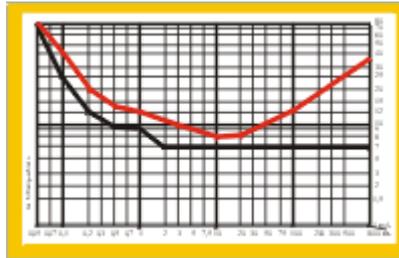


Figura 2.5

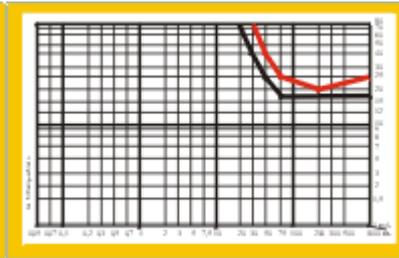


Figura 2.6

Por otra parte, es interesante saber que en estos fenómenos se basan los generadores de estímulos eléctricos destinados a estimulación transcutánea. Así los TENS ofrecen una gama de tiempos algo diferente a los EMS o a los estimuladores estándares.

TENS

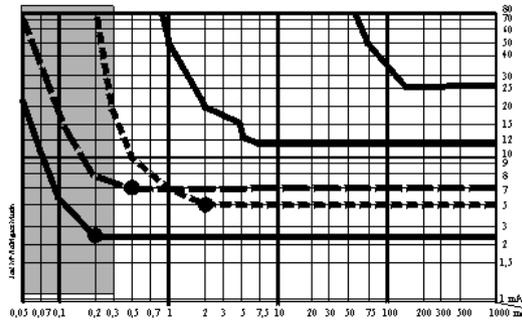


Figura 2.7

EMS

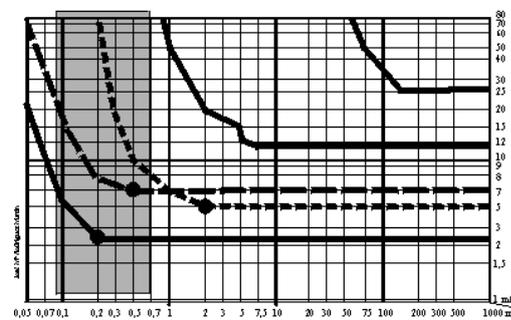


Figura 2.8

Los TENS y los EMS poseen una gama de pulsos pensados para estímulo de las fibras nerviosas

Los faradizadores estándar deben estimular tanto a fibra nerviosa como a muscular.

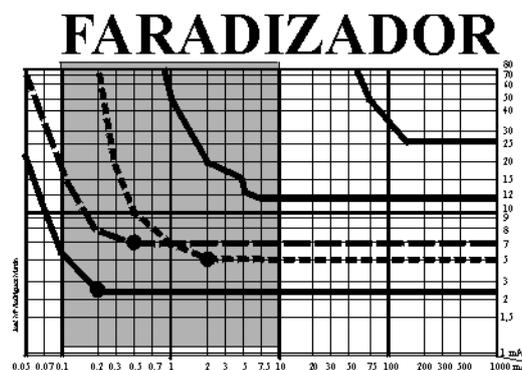


Figura 2.9

Los estimuladores clásicos (además de cubrir las posibilidades de los anteriores) amplían sus posibilidades para poder tratar las parálisis con su banda de anchura característica.

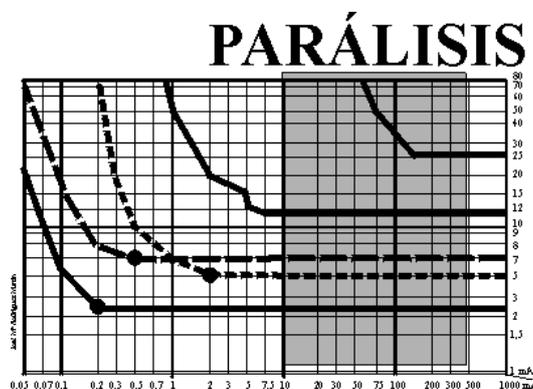


Figura 3.0

Todo esto se ha referido a baja frecuencia, pero también aplicamos media y alta.

En baja frecuencia usamos pulsos y espacios de silencio eléctrico que no son iguales al pulso, por ello, habitualmente los enumeramos por separado.

Normalmente usamos como unidad más práctica el milisegundo (ms o msg). Los pulsos no sobrepasan los 1000 ms (1s), sin embargo, los tiempos de los reposos suelen ser mayores de 1s, de forma que invadimos los segundos. Por esto, existen equipos que cuando superan el valor de 1s cuentan en segundos, pero otros se mantienen en ms, hablando de 2000, 3000, 4000 ms, etcétera.

Por otra parte, procedente del mundo de los TENS y de los EMS, se nombra al tiempo de los pulsos en microsegundos (ms) o (msg). Esto crea un problema en muchas personas ya que les requiere un esfuerzo mental para trasladar ms a ms. El salto de ms a s es fácilmente entendible por habitual, pero convertir 50 ms a 0,05 ms no es tan cómodo.

Debiéramos mantener la unidad única de milisegundo y evitar los microsegundos y segundos.

Sería bueno que la nomenclatura de los TENS y EMS cambiara a tiempos de pulso en (ms), pues 0,3 ms son 300 μ s. Los segundos se reservarán para los tiempos de tren.

c) Intensidad de los parámetros básicos.

La intensidad es un parámetro al que nos referimos en las corrientes de baja y media frecuencia, pero no en otras. En electroterapia lo medimos en miliampers (mA).

Para un electrónico hablar de intensidad, amperaje o corriente es lo mismo. Para los fisioterapeutas, cuando usamos la expresión "*corriente*", normalmente no estamos hablando del amperaje o intensidad, sino de la modalidad de terapia aplicada al paciente.

El parámetro de intensidad es insuficiente para dosificar en ciertas técnicas. Debemos considerar la intensidad por unidad de superficie tratada; de ahí la expresión (mA/cm²).

La intensidad, el voltaje y la resistencia del organismo se interrelacionan directamente de acuerdo a la ley de Ohm y, considerando el tiempo, con la ley de Joule.

Por esto, muchas de nuestras técnicas todavía no están bien resueltas en cuanto a su sistema de dosificación, apoyándose más en el empirismo y tanteo estadístico que en bases científicas.

d) Magnitud o cantidad de dosis

Cuando los fisioterapeutas aplican sus técnicas de electroterapia, se deben guiar por las dosis que consigan los objetivos propuestos.

Si tratamos de obtener respuestas sensitivas, la subjetividad del paciente será nuestra escala (aunque podemos estar aplicando corrientes con otros efectos colaterales (digamos componente galvánico) ante los cuales debemos saber los límites indicados con medidores del equipo).

En caso de respuestas motoras, dependerá de nuestra palpación y consideración sobre el nivel de contracción muscular alcanzado (aunque también podemos quemar la piel si la corriente elegida mantiene un considerable efecto galvánico).

Cuando aplicamos alta frecuencia o termoterapia profunda, nos gustaría saber cuánta energía necesitan los tejidos para conseguir determinada cantidad de calorías que estimulen la respuesta terapéutica (todavía no está claro), pero nos vemos sometidos a multitud de variantes que pueden influir en la energía recibida por parte del paciente, tales como:

- Tamaño de los electrodos;
- Distancia del electrodo a los tejidos;
- Resistencia de los tejidos que reciben la energía;
- Potencia aplicada al electrodo o aplicador;
- Porcentaje de rendimiento del electrodo;
- Apreciación personal por el paciente del nivel de calor;
- Respuesta del sistema neurovegetativo del paciente, etc., etc.

Parámetros que nos obligan a guiarnos por el empirismo, la experiencia diaria y, sobre todo, por la subjetividad del paciente. No podemos olvidar el intento constante para encontrar fórmulas o sistemas que nos permitan dosificar con objetividad.

Pero, cuando aplicamos galvanismo, ultrasonidos, láser, infrarrojos, ultravioletas, iontoforesis, diadinámicas y cualquiera otra corriente que mantenga o no poder de electrólisis, tendremos que conocer con precisión la cantidad de energía:

- aplicada por el equipo y
- recibida por el paciente.

Enfocando el tema hacia la baja frecuencia, definiremos la dosis como la intensidad proporcional a las circunstancias y parámetros que se aplican en una sesión de tratamiento. Veamos: si hacemos pasar una corriente galvánica de 10 mA con unos electrodos de 60cm² y esa misma corriente de 10mA con otros electrodos de 2 cm²; en el primer caso el paciente nos comentará que nota una sensación más o menos soportable, en el segundo nos pedirá con urgencia que se lo retiremos por la fuerte sensación de picor, calambre o quemazón que siente.

En el segundo caso (de 60cm²), cada cm² recibe $(10/60=0.166)$ unos 0.165 mA/cm².

En el primer caso (de 2cm²), cada cm² recibe $(10/2=5)$ unos 5 mA/cm².

Esto nos obliga a tener que buscar una *intensidad media de aplicación por unidad de superficie (dosis)* basada en que cada centímetro cuadrado de superficie corporal que recibe la corriente, soporte siempre la misma sin que influyan otros parámetros.

Hasta ahora, la dosis que se está aplicando para la galvánica, la mayoría de los autores la establecen entre un mínimo de 0,05 mA/cm² y un máximo de 1 mA/cm². Pero, nuestra práctica habitual, basada en la experiencia repetida. Nos lleva a elegir la media de:

0,15 mA/cm² para galvanismo

Esta cifra admite oscilaciones, ya que dependen e influyen en ella varias circunstancias, como pueden ser:

- Tiempo de duración de la sesión;
- La sensibilidad del paciente;
- Grado de reacción de la piel del paciente;
- Tipo de aparato aplicador;
- Sistema de trabajo del equipo (tensión constante VC o intensidad constante CC);
- Estado de humedad de la piel y humedad de electrodos(resistencia);
- Tamaño de electrodos (resistencia).

Los fabricantes tienden a establecer como valor de referencia 1 mA/cm². La experiencia personal y el manejo diario nos conducirá a encontrar la cifra más idónea para cada forma de corriente y los distintos tratamientos con cada equipo de terapia, a fin de adoptar el modelo, la humedad, forma y presión de los electrodos usados, pues la resistencia opuesta entre los electrodos y el paciente influye directamente en los resultados.

A pesar de la práctica profesional y la experiencia cotidiana, en ocasiones nos encontramos ante un paciente quemado o con reacciones inesperadas al galvanismo, habiendo tomado las debidas precauciones y los miliamperios correspondientes controlados y señalados por el equipo. Algo se nos debe escapar. Tal vez la dosis no es la adecuada o la dosis debemos expresarla en otro parámetro eléctrico.

Veamos dos aplicaciones de idénticas características e igual tamaño de electrodos, pero en una los electrodos se han empapado más de agua o la goma del electrodo es de distintas propiedades en cuanto a su conductividad. Digamos que en el primer caso la resistencia es de 5000 Ohm y en segundo de 3500 Ohm.

En ambas aplicaciones hacemos pasar 7 mA ¿podremos asegurar que por las dos están circulando la misma cantidad de electrones? Calculemos hallando previamente la tensión:

$$\begin{array}{ll} 1) V= IxR; & V= 0,007 \times 5000 = 35 \text{ (V)} \\ 2) V= IxR; & V= 0,007 \times 3500 = 24,5 \text{ (V)} \end{array}$$

Aplicar 7mA con 35 V es distinto que aplicar 7 mA con 24,5 V. La potencia o rapidez en inyectar la misma energía cambia.

1) *Precisión de Dosis.*

La lógica nos dice que valoremos:

- La energía recibida;
- Durante cuanto tiempo;
- En cuanta superficie;

- ¿Cuál o cuánta es la cantidad de energía recibida necesaria para conseguir los efectos terapéuticos justo en su medida?, es decir ¿cuál es la expresión de la dosis adecuada?;
- La potencia no siempre es la indicada, si la energía es de forma pulsada, tendremos que calcular la potencia media.

2) Tiempo de Sesión

Una vez obtenida la cantidad de energía aplicada en 1 segundo (unidad de tiempo) nos sentimos obligados a decidir el tiempo que va a ser necesario para conseguir el efecto terapéutico buscado, sin quedarnos cortos, ni pasar a efectos no deseados.

Continúa siendo habitual que nos guíe el empirismo, salvo en algunas técnicas como el láser que se han depurado lo suficientemente.

En cuanto apliquemos una cantidad de energía por segundo (potencia) durante un determinado tiempo, estamos hablando de trabajo generado por la energía eléctrica que se transformará en otra energía o en otros fenómenos físicos o químicos, expresados en joules.

El número de joules aplicados será el valor real de la energía eléctrica, electromagnética, sonora, luminosa, magnética, etc., que después de ser aplicada, nos conseguirá los efectos buscados sin ambigüedades, ni polémicas.

3) Superficie de aplicación.

Al aplicar galvanismo lo podemos hacer con electrodos más o menos grandes, los ultrasonidos sobre mucha o poca zona, el láser en barridos más o menos amplios.

Veamos de nuevo un ejemplo similar a otro de algunos párrafos atrás que fue usado para demostrar la influencia de la superficie en los mA/cm² y en la necesidad de saber el voltaje además de la intensidad.

Pero, ahora, lo utilizaremos para intentar llegar al concepto de *dosis verdadera*, con precisión más ajustada, expresado en J/cm².

Supongamos que aplicamos dos iontoforesis y que al cabo de ambas sesiones han recibido 100 Joules (J) cada una, en el mismo tiempo de sesión, pero una con electrodos de 100 cm², mientras que en la segunda los electrodos fueron de 5 cm². Cuando levantemos los electrodos, ¿tendrá la piel el mismo aspecto?, ¿los efectos metabólicos serán los mismos en cada aplicación?

La lógica y la experiencia nos indican que, de alguna manera, tendremos que considerar la superficie de aplicación, así como decidir los joules que deseamos sean recibidos (por igual en cada caso) se realice con electrodos grandes o con pequeños.

En este momento decidiremos que cada cm^2 reciba un determinado número de joules de luz, de energía cinética, de energía térmica. etc., o, lo que es lo mismo, decidiremos la *dosis verdadera* integraremos en la fórmula base del trabajo la dosis o densidad de energía por cada cm^2 .

Para integrar la dosis en la fórmula base, lo haremos sustituyendo alguna de sus variables por otra expresión matemática equivalente. Elegiremos los joules (J) totales, dado que éstos son el producto de potencia por tiempo y también de los joules recibidos en cada cm^2 por los centímetros cuadrados de aplicación.

Resolvamos estos ejemplos:

¿Cuántos Joules se han inyectado en una superficie de 80cm^2 si en cada cm^2 se han recibido 2(J)?

$$2(\text{J}/\text{cm}^2) \times 80 (\text{cm}^2) = 160 \text{ J (totales)}$$

$$\mathbf{J (\text{cm}^2) \times S (\text{cm}^2) / W * T}$$

Otro Problema: ante un caso real de aplicación (pongamos un láser), nos vienen dadas las siguientes variables:

- $W = 2$
- $S(\text{cm}^2) = 50$
- Dosis o $(\text{J}/\text{cm}^2) = 4$
- Tiempo = X

La única incógnita que nos resta por averiguar es el tiempo de la sesión, aislamos la expresión tiempo y nos queda:

$$\mathbf{t = [J (\text{cm}^2) \times S (\text{cm}^2)] / W}$$

$$\mathbf{t = (4 \times 50) / 2}$$

$$\mathbf{t = 100 (s)}$$

En las condiciones señaladas, el equipo estará funcionando durante 100 segundos.

e) Potencia requerida en la electroterapia.

La potencia es el concepto que nos indica la rapidez o eficacia con que se realiza un trabajo. La potencia se expresa en Watts (W). Si aplicamos mucha potencia, indica un suministro energético muy acelerado. Poca o baja potencia indica un suministro energético lento y pausado. Debemos encontrar los valores adecuados para no saturar al organismo y suficientes como conseguir penetración y rapidez en las sesiones.

En electricidad, voltaje por intensidad es igual a potencia:

$$W = V \times I$$

En la dosificación de la corriente galvánica, se debiera incluir el concepto de potencia (W) antes de concretarlo en (J/cm²).

La potencia es el parámetro que provoca la sensación desagradable en el paciente, bien de quemazón en infrarrojos, en microonda, en láser, en galvánica, pinchazo en ultrasonidos, etc. Cuando un paciente manifieste molestias ante alguna técnica, el parámetro a reducir es el de potencia.

La potencia eficaz del electrodo depende del ajuste en W/cm² por la superficie eficaz del electrodo y por la razón pulso expresado en porcentaje (o cualquier otro método aritmético equivalente).

La dosis expresada en J/cm² será el parámetro fundamental sobre el que girarán todos los demás. Un valor medio de referencia puede considerarse alrededor de 30 J/cm².

La potencia expresada en W/cm² del electrodo es el parámetro que puede llegar a producir molestia en el paciente (si es muy elevado) y uno de los que hacen que la sesión sea más o menos rápida y de mayor o menor penetración. *No se puede tomar como dosis.*

La superficie del paciente hay que considerarla obligatoriamente, dado que, a mayor superficie mayor dedicación en tiempo. A menor superficie menor tiempo. El mismo tiempo para diferentes superficies, provoca que los J/cm² sean altos en superficies pequeñas y bajos en superficies grandes. La superficie eficaz del electrodo también la tomaremos en cuenta, pues un electrodo grande suministrará más energía que otro pequeño.

Los electrodos habitualmente se colocan en puntos musculares motores específicos o sobre nervios, pueden ser superficiales, percutáneos o implantados. Cada uno de ellos ofrece ventajas y desventajas.

Los electrodos superficiales se adosan y ajustan con facilidad. No obstante, pueden alterarse, pueden provocar irritación cutánea, requieren intensidades de estimulación altas y son desagradables. Los electrodos percutáneos permiten una localización más precisa pero penetran en la piel y requieren experiencia para su inserción. De ellos hasta un tercio puede fallar en el curso de 4 meses.

Los electrodos implantados se ubican de forma subcutánea y son alimentados por señales transmitidas a través de la piel. Estos electrodos son complejos y necesitan una colocación quirúrgica. Aunque han sido empleados para la estimulación del nervio peroneo.

Los tipos de electrodos más utilizados son:

Electrodo de succión o ventosa se suministran en diversas medidas: 60, 100, 120 mm de diámetro con esponjas de dimensiones convenientes.

La ventaja de la técnica por vacío es evidente: rapidez simplicidad de sujeción, efectos complementarios por medio de depresión variable que, por su acción parecida a un masaje, provoca un desplazamiento intenso del líquido (sangre, linfático, intersticial) en las capas de la piel y del tejido conjuntivo.

Una piel debidamente humedecida disminuye su resistencia y aumenta la conductividad eléctrica.

Los impulsos rítmicos de la depresión disimulan la sensibilidad ante la corriente, lo que es una ventaja cuando se trata de pacientes "*hipersensibles*" al paso de la corriente.

Los electrodos planos poseen las siguientes dimensiones: 45x30, 60x45, 90x60, 120x90, 160x100 mm.

Se emplean cuando el estado del tejido no permite la excitación mecánica (por ejemplo en casos de várices) o cuando el tratamiento debe aplicarse a grandes superficies, que es el caso general de la galvanización.

Es fácil construir electrodos planos de formas especiales, con las dimensiones y configuraciones deseadas, mediante el empleo de materias primas de calidad comercial (placas de estaño, de esponja, etc.) Las hojas de estaño se adaptan bien a las partes irregulares del cuerpo. Debe verificarse especialmente que la conexión del cable con los electrodos se halle en perfectas condiciones.

Los electrodos hemisféricos son normalmente de 30 y 600 mm de diámetro. Suelen utilizarse para la aplicación de corrientes diadinámicas. El arco con los electrodos se fija manualmente o por medio de una cinta de caucho perforada, por ejemplo para el tratamiento de las articulaciones.

Si no se dispone de arco, los electrodos hemisféricos pueden insertarse a una cinta de caucho previamente perforada a las distancias adecuadas para su fijación al cuerpo.

Las cintas de caucho perforadas a diferentes longitudes y los botones de plástico permiten fijar los electrodos planos. Una ligera aplicación de gel a base de agua al botón de plástico facilita la fijación. Para aumentar la longitud se pueden fijar las cintas de caucho con pinzas de plástico.

En general tendremos preparados una variedad de tamaños de acuerdo con las exigencias de la práctica cotidiana. Una posible gama de tamaños podría estar compuesta de:

Numero de electrodos	Dimensiones	Superficie efectiva (cm ²)	Intensidad media para el galvanismo (0,15 mA/cm ²)
1	2 * 2	03 cm ²	0,45 mA
2	4 * 4	15 cm ²	2 mA
2	4 * 8	30 cm ²	4,5 mA
2	8 * 8	60 cm ²	9 mA
2	8 * 16	120 cm ²	18 mA
2	16 * 16	240 cm ²	35 mA

f) Relación de potencia asociada a un pulso.

En multitud de ocasiones tenemos que añadir otra variante a los cálculos anteriores, consiste en que las energías que aplicamos en gran número de veces, lo serán de forma pulsante o en ráfagas. Esto nos obliga a calcular la potencia media que siempre resultará menor que la alcanzada por los pulsos, dado que entre cada pulso existe un reposo que le resta eficacia.

Entonces siempre que usemos en las fórmulas las expresiones de potencia en Watts o mW y estemos haciendo una aplicación pulsátil, previamente tendremos que hallar la potencia media y eficaz. Si no lo hiciéramos así, incurriríamos en un serio error.

La fórmula para obtener dicha potencia media será:

$$W_{(M)} = W_{(P)} \times T_{(IMP)} \times F_{(HZ)}$$

Donde el tiempo del pulso se encuentra medido en segundos y la frecuencia en Hertz.

Dado que cuando usamos impulsos en electroterapia de baja frecuencia, estos tienen las formas fundamentales de cuadradas, triangulares y sinusoidales; se puede calcular la potencia media dependiendo de la forma de los impulsos empleados. La fórmula de potencia o intensidad media definitiva quedará:

$$W_{(M)} = W_{(PICO)} \times F_{(HZ)} \times t_{(IMPULSO\ EN\ S)} \times \text{factor de impulso}$$

Consideraremos el factor de impulso de 1 segundo para pulsos cuadrangulares, de 1/2 para triangulares y de 2/3 para sinusoidales. El factor de impulso en alta frecuencia se suele despreciar o ya va aplicado en la potencia pico informada por el fabricante. Como es habitual en la práctica cotidiana nos es más factible trabajar con la intensidad en lugar de potencia, por lo que se utilizará el concepto de dosis en mA/cm².

Son muchas las formas de los impulsos a estudiar. Los parámetros por los que nos guiaremos, son los siguientes:

- Forma
- Tiempo de duración del impulso
- Tiempo de reposo entre impulso
- Periodo

A continuación describiremos cada uno de los puntos anteriores:

1) *Forma*: Cuadrangular, triangular, sinusoidal, exponencial, diente de sierra.

1.1) *Partes del impulso*.

Amplitud: Es la altura máxima del impulso (coincide con el mantenimiento de la onda).

Subida: Rápida, progresiva, lineal y exponencial.

Mantenimiento: Valor coincidente con la máxima amplitud del impulso.

Caída: Rápida, progresiva lineal, exponencial o parábola invertida.

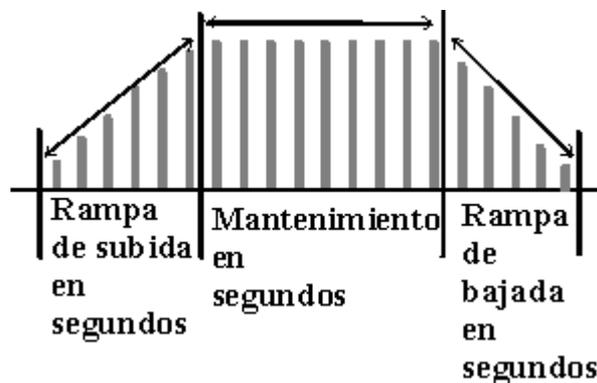


Figura 3.1

2) *Periodo*.

Combinando los tiempos de los distintos impulsos con los tiempos de los reposos, de manera que, sumando el tiempo de un impulso más uno de reposo, obtenemos el periodo y, con el periodo, podemos hallar la frecuencia de repetición por cada segundo.

Hemos de notar que los tiempos de los impulsos pueden ser muy distintos de los tiempos de los reposos. De hecho, muchas de las corrientes están formadas por impulsos y reposos totalmente diferentes.

Las corrientes interrumpidas normalmente abarcan una banda de frecuencias alrededor de 1 Hz, lo que es igual a baja frecuencia; se destinarán a estimular al sistema muscular (tanto en *fibra lisa como estriada*) y al sistema nervioso (tanto el sensitivo como el motor)

Cuando estimulemos a los músculos y al nervio motor, tendremos respuestas motoras o mecánicas de los músculos; cuando lo hagamos sobre nervio sensitivo, normalmente irá destinada a técnicas de *concienciación* sensitiva o a producir analgesia.

3) Forma de utilizar los impulsos

Impulsos aislados.

Impulsos aislados entre reposos muy largos (electroestimulación motora con impulsos cuadrangulares o de subida progresiva)

Trenes

Impulsos agrupados en grupos

Aplicación mantenida

Impulsos con sensación de repetición (siempre con la misma frecuencia)

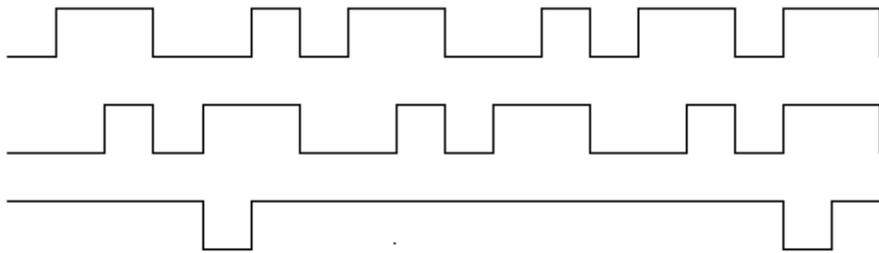


Aplicación mantenida

Figura 3.2

Barridos de frecuencia

Impulsos entre reposos que cambian de duración constantemente y según una determinada cadencia (modulados en frecuencia).



Barridos de frecuencia

Figura 3.3

g) Densidad de energía.

Esta expresión es sinónima de dosis en (J/cm^2), es decir, la energía aplicada en una sesión y que le ha correspondido a cada cm^2 de la superficie corporal tratada. La dosis o los Joules recibidos por cada centímetro cuadrado dependerán de la investigación y de las conclusiones a que se puedan llegar por medio de la fisiología y conocimiento de las distintas energías aplicadas.

Este punto es el más confuso, el más inmaduro y el reto más inmediato que tienen los fisioterapeutas es trabajar con precisión y eficacia, buscando el objetivo de apartarse del empirismo personal e individual.

Como acabamos de observar, cuando trabajamos con energía eléctrica, no podemos apoyarnos solamente en los mA indicados, dado que, dependiendo de la resistencia de los tejidos, la cantidad de energía aplicada por cada segundo puede ser distinta, con lo que si deseamos saber realmente la energía aplicada por unidad de tiempo nos vemos obligados a utilizar la ley de Ohm para conseguir la potencia en Watts o miliwatts.

$$W = V \times I$$

A la potencia de salida le aplicaremos variantes que influyen en pérdidas tales como la resistencia de los circuitos, distancia de los electrodos a la piel, etc. En cuanto apliquemos una cantidad de energía por segundo durante un determinado tiempo, estamos hablando de trabajo generado por la energía eléctrica que se transformará en otra energía o en otros fenómenos físicos o químicos, expresados en Joules.

La potencia por el tiempo en segundos es igual al trabajo realizado al terminar una sesión. Luego, siempre que consideremos la duración de las sesiones, tendremos que hablar de Julios:

$$J = W \times t$$

El concepto de potencia se reserva al trabajo realizado en un segundo; si se trata del conseguido en más de 1 segundo o en menos de 1 segundo, se expresa como Joules. Habitualmente, se habla de la potencia de pico o de pulso en la potencia alcanzada por cada pulso, pero si el pulso dura menos de 1s, deberemos aplicar la expresión Julios de pico (J_p).

El número de Joules aplicados será el valor real de la energía eléctrica, electromagnética, sonora, luminosa, magnética, etc., que después de ser aplicada nos conseguirá los efectos buscados sin ambigüedades ni polémicas.

En términos generales, hay que decir que en muchas de nuestras técnicas aplicamos energía al paciente, energía que al final se transformará en calor. Ante procesos agudos estaría contraindicado inyectar más energía al organismo (aplicar frío). En subagudos, dosis bajas con poca potencia. En crónicos, dosis altas con alta potencia, pero potencia tolerable por el paciente.

La fórmula definitiva para dosificar aplicable a las técnicas que depositan energía sobre el organismo se expresa como sigue: el tiempo de la sesión (en segundos) es igual a la dosis (en J/cm²) por la superficie corporal tratada (en cm²) dividida entre la potencia media o eficaz expresada en Watts (W).

$$T_{(SEG)} = Dosis_{(J/CM^2)} \times Superficie_{(CM^2)} / W_{(POTENCIA MEDIA)}$$

Existe un concepto relativamente erróneo muy extendido, y es el siguiente: Frecuencias bajas para procesos agudos o subagudos; frecuencias altas para procesos crónicos.

En parte es cierto porque influye en la potencia media o eficaz si el único parámetro a regular es la frecuencia.

Dicho concepto debiera cambiarse por: *Potencias eficaces bajas para procesos agudos o subagudos; potencias eficaces altas para procesos crónicos.*

Cuando las corrientes están compuestas por pulsos con polaridad, debemos calcular su componente galvánico y comprobar que éste no supera la dosis galvánica por centímetro cuadrado del electrodo. Empíricamente usamos el parámetro de 0,1 mA/cm (aunque en la literatura encontraremos sugerencias que indican valores entre 0,05 y 0,5 mA/cm), la tendencia actual es a fijarlo en 0,1 mA/cm.

Los tratamientos no deben superar los 15 minutos (según dicta la experiencia). Siempre tantearemos los tiempos aumentándolos progresivamente en las dos o tres primeras sesiones observando la respuesta en la piel (posibles quemaduras).

A riesgo de ser reiterativo, la galvanización es una de las técnicas que no está bien resuelta en cuanto a su dosificación. Pues, dado que aplicamos una energía de forma mantenida, buscando efectos electrobiológicos durante cierto tiempo, estamos realizando un trabajo en julios y no mA. Realmente, cuando hablamos de unos miliamperios aplicados durante un “ratito” resulta, cuando menos, irrisorio.

Es curioso, por no decir ridículo, cuando en algunos protocolos se llega a leer la intensidad en mA para una iontoforesis, los mA en un TENS, los mA en una farádica, etcétera; sin considerar la zona tratada, situación del paciente, tamaño de los electrodos, humedad de estos, y otros factores que obligan a que en cada caso se requieran parámetros diferentes.

h) Corriente constante y voltaje constante.

1) Corriente constante.

Cuando los equipos trabajan de forma que mantienen constante el parámetro de intensidad, decimos que trabajan en (C.C.). Cuando lo que mantienen fijo es el parámetro de voltaje, trabajan en (V.C.). Ante corrientes con importante componente galvánico y consiguiente riesgo de quemadura electroquímica, debemos aplicar (C.C.); con corrientes alternas y pulsos cortos podemos utilizar la modalidad de (V.C.). Para un electrónico la expresión (C.C.) significa corriente continua. Los fisioterapeutas la utilizan para corriente constante; a la corriente continua se le denomina como galvánica.

Consistiendo en aplicar corriente continua al organismo, subiendo lentamente la intensidad y manteniendo dicha intensidad sin alteración alguna, al mismo tiempo que no hacemos variar la polaridad durante toda la sesión.

Para explicar de forma más concisa la corriente constante debemos entender que la intensidad es el parámetro que se mantiene inalterable aunque cambie la resistencia, nos hallamos ante una aplicación como su nombre lo indica de corriente constante (CC), siendo el voltaje el que se adaptará al circuito o al equipo según la ley de Ohm:

$$V = R \times I$$

De forma que al disminuir la resistencia, decrece el voltaje; y al aumentar la resistencia aumenta el voltaje. Si aplicamos una intensidad fija de 50 mA y hacemos cambios en la resistencia, el voltaje sufre variaciones en el mismo sentido que la resistencia.

Esto implica que los electrones van a entrar en la materia viva por el electrodo negativo o cátodo y salen de ella por el polo positivo o ánodo. Esta corriente, que por sí sola forma un grupo, provoca efectos electrolíticos y *electroforéticos* sobre el organismo. Asimismo, es una de las corrientes más importantes como generadoras de aporte energético al metabolismo, ya que gran parte de su energía se transforma en calor en el interior de los tejidos vivos.

Este flujo no tiene frecuencia ni periodo, pero es más adecuado atribuirle la cualidad de frecuencia infinita.

2) *Flujo interrumpido y manteniendo la polaridad.*

Cuando aplicamos una corriente de forma que mantenemos la polaridad establecida desde el principio, pero hacemos interrupciones en su intensidad, las denominaremos corrientes interrumpidas.

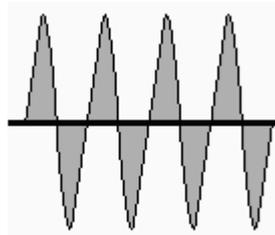
Al provocar interrupciones o reposos, nos van a quedar dibujados los momentos de aplicación, que, según la velocidad con que se produzcan dichas variaciones de intensidad, gráficamente pueden representarse de distintas formas: los denominaremos impulsos. Este grupo de corrientes es el más clásico de la electroterapia de baja frecuencia.

3) *Flujo constante y polaridad invertida (alternas).*

Si aplicamos sin interrupciones una corriente eléctrica, con alternaciones rítmicas en su polaridad, obtendremos una serie de corrientes llamadas alternas, en las que sus parámetros suelen ser repetitivos y homogéneos, tanto en su frecuencia, forma de onda, iguales tiempos de duración entre las distintas ondas, sin variaciones de la intensidad.

El parámetro más importante es la frecuencia, que puede oscilar desde 1 Hz hasta miles de millones de oscilaciones por segundo. Dependiendo de las frecuencias que utilicemos, obtendremos, para nuestros fines terapéuticos, unos efectos u otros.

Desde el momento que hagamos cambios en la polaridad, los electrones no se desplazarán en un único sentido, sino que durante la onda positiva lo harán en un sentido y durante el tiempo que dure la negativa lo harán en el contrario.



Flujo constante y polaridad invertida

Figura 3.4

4) Flujo interrumpido y polaridad invertida.

En el grupo anterior, la polaridad se invertía (igual que ahora) y el flujo de corriente se mantenía constante, mientras que a estas les vamos a hacer interrupciones o espacios en la aplicación de la corriente, dando como consecuencia pulsos o trenes de ondas alternas seguidas de reposos más o menos largos con el fin de conseguir la corriente que deseamos. Podríamos incluir aquí las que más adelante denominaremos moduladas en pulsos.

Las corrientes que se obtienen de esta manera, son de relativa y reciente aplicación en la electroterapia, y las encontramos en los pequeños estimuladores del sistema nervioso sensitivo (técnica de TNS estimulación nerviosa transcutánea), con fines analgésicos.

Por último a las corrientes de alta frecuencia o térmicas se les hacen interrupciones en su aplicación a fin de que la alta frecuencia no llegue a producir calor, pero, en su lugar se consiguen efectos distintos a los calóricos (también terapéuticos).

5) Moduladas en amplitud

Corrientes (normalmente de media frecuencia) donde las ondas (positiva y negativa) oscilan simultáneamente, aumentan y disminuyen de amplitud a la par y en el mismo instante.

Este fenómeno se produce por la mezcla o suma de dos circuitos eléctricos, por la interferencia de dos ondas alternas de distinta frecuencia y por interrupciones de la media frecuencia. Entonces, la resultante es una nueva modulada en amplitud y cuya frecuencia es la diferencia entre las frecuencias de los circuitos que se cruzan, pero sin cambios en la frecuencia modulada.



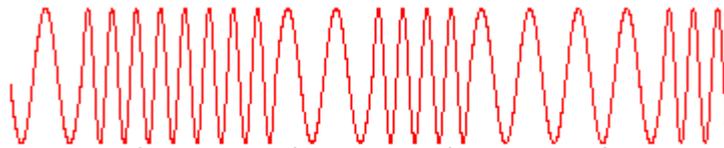
Pulsos modulados en amplitud

Figura 3.5

6) *Moduladas en frecuencia*

Son corrientes en las que el aparato se programa de tal manera, que generan unos impulsos a una frecuencia variable entre dos límites. La aplicación consiste en someter al organismo a barridos entre dos frecuencias, con el fin de que durante algunos instantes, se aplique la frecuencia óptima para conseguir el efecto deseado a la vez que se evita la acomodación (acostumbramiento) del sistema nervioso.

Normalmente, se consigue alargando o disminuyendo los tiempos de reposo, manteniendo fijo el tiempo del impulso, siendo características las moduladas en frecuencia, pero en baja frecuencia.



Pulsos modulados en frecuencia

Figura 3.6

7) *Voltaje constante*

Cuando el voltaje es el parámetro que se mantiene inalterable aunque cambie la resistencia, nos hallamos ante una aplicación en tensión constante, siendo la intensidad la que se adaptará al circuito según lo establecido en la ley de Ohm:

$$I = V / R$$

De forma que al disminuir la resistencia, aumenta la intensidad; al aumentar la resistencia, decrece la intensidad. Si aplicamos un voltaje fijo de 50 V y cambiamos la

resistencia, los mA sufren cambios de una forma inversamente proporcional a la resistencia.

i) Rangos operativos de frecuencia de la electroterapia.

Baja frecuencia: Van desde la galvánica pura o continua hasta corrientes con frecuencias de 800 Hz. Como formas de corriente de baja frecuencia tenemos: galvánica pura o continua, galvánica interrumpida o rectangular, farádica rectangular, galvano-farádica progresiva y moduladas.

Con este tipo de corrientes se busca sustituir estímulos fisiológicos naturales por un estímulo artificial conseguido a partir de un equipo generador. Por ejemplo, se puede estimular un músculo paralizado. La corriente va a producir la contracción del músculo al crear una diferencia de potencial entre la membrana y el interior de la fibra nerviosa excitada. También tiene un efecto analgésico, antiespasmódico, hiperemiante y térmico.

Media frecuencia: Abarca frecuencias entre 801 y 20.000 Hz y son las denominadas corrientes interferenciales. Con este tipo de corrientes se consigue una baja sensación de corriente, una gran dosificación y es aplicable a todo tipo de lesiones, ya que, dependiendo de la frecuencia aplicada, conseguiremos un efecto excito-motor.

Indicada en procesos de atrofia muscular por inmovilización, degeneración parcial del sistema neuromuscular, estimulación, en caso de anquilosis, contracturas, tonificación, y en casos de problemas de circulación periférica.

Alta frecuencia: Engloba frecuencias que van desde los 20.001 a los 5 MHz. Entre ellas encontramos la diatermia, que va a tener unos efectos hiperemiante, analgésicos, antiinflamatorios y antiespasmódicos.

La onda corta, que dependiendo de su forma de aplicación tendrá un efecto térmico o no, va a tener un efecto analgésico, relajante muscular, estimula la circulación sanguínea y favorece la cicatrización de las heridas, antiinflamatoria, profiláctica en postoperatorios. También esta indicada para esguinces, roturas musculares, contusiones, fracturas, osteomielitis, bursitis, sinusitis, prostatitis y estimulante de la circulación periférica, ciática. Estas indicaciones dependerán del tipo de aplicación si es onda corta continua o pulsada.

Microondas: El principal efecto terapéutico es el térmico. Se va a producir una fuerte vaso dilatación, tanto arterial como venosa, aumento de la velocidad circulatoria, analgesia, antiinflamatoria por lo que son muy recomendados en infecciones de órganos ajenos a la piel, como forúnculos, ántrax,... Otras de las indicaciones de la microondas es para la otitis, sinusitis, artropatías, esguinces, epicondilitis, neuritis, asma bronquial, pleuritis, procesos peri anales, cistitis, prostatitis dentro de las principales.

A continuación se mencionan aspectos específicos de las corrientes de baja frecuencia con intervalos de 15 segundos de reposo.

01 a 10 Hz: Esta gama de frecuencias es conveniente para el ejercicio muscular en caso de atrofia por inmovilización y degeneración parcial del sistema neuromuscular. Estimula la movilidad en casos de anquilosamiento y contracciones y tonifica en caso de estreñimiento atónico.

10 a 25 Hz: Esta gama de frecuencias es conveniente para los problemas de circulación venosa periférica y congestión. Las ondas de contracción rítmica de los músculos del esqueleto estimulan la circulación venosa. Completa la reeducación en caso de atrofia por inmovilización y degeneración parcial del sistema neuromuscular.

25 a 50 Hz: Se utiliza para reforzar el tratamiento de ejercicios de los músculos del esqueleto. Durante el tratamiento, los movimientos musculares aumentan desde pequeñas fibrilaciones a contracciones tetánicas incompletas, pero el cambio rítmico de frecuencias evita las contracciones permanentes.

50 a 75 Hz: Las frecuencias comprendidas actúan de forma específica sobre las fibras tipo IIb que desarrollan la fuerza.

50 a 100 Hz: Utilizado como alternativa a la gama de frecuencias rítmicas de 80 a 100 Hz esta modulación de frecuencia atenúa principalmente y por largo tiempo el dolor, por lo que es indicada para todas las afecciones que solicitan este deseado efecto: ciática, lumbalgia, dolores de origen reumático y de desgaste así como distensiones.

80 a 100 Hz: La modulación rítmica de esta gama de frecuencias ejerce una acción sedante sobre las perturbaciones neurovegetativas, que atenúa debido a su acción simpática tónica.

75 a 120 Hz: A frecuencias comprendidas entre 75 a 120 Hz., se trabaja la fuerza explosiva. Para mejor rendimiento físico.

Actuando a nivel de zonas específicas sobre el arco de reflejos viscerocutáneo, se pueden atenuar las distonías neurovegetativas, tales como dolores de angina de pecho, taquicardia paroxística, estreñimiento espasmódico, dismenorrea, etc. Esta gama de frecuencias posee también una acción analgésica rápida pero de corta duración. Dentro de los principales rangos de frecuencia encontramos:

01 a 100 Hz: El cambio permanente entre los límites de esta gama de frecuencia produce un paso rítmico de la excitación a la sedación y de efecto tonificante a efecto hipotónico. Este fenómeno produce los efectos siguientes: estimulación de la circulación linfática, activación del metabolismo, normalización del tono muscular, inclusive sobre las paredes de los vasos sanguíneos, reabsorción rápida de edemas y hematomas y efectos de masaje sobre los músculos del esqueleto por medio de las ondas de concentración fibrilares y tetánicas de la gama de frecuencias de 01 a 50 Hz.

DESCRIPCIÓN GENERAL DEL DISPOSITIVO DE ELECTROTERAPIA.

Se define al dispositivo de electroterapia como un instrumento capaz de ocasionar un estímulo, igual o semejante al que produce el sistema nervioso. Un estímulo es cualquier presión que se ejerce interna o externamente en el organismo para desencadenar una reacción. El estímulo que produce el dispositivo que diseñaremos será de naturaleza eléctrica en este caso.

El estimulador muscular electrónico es un aparato con la función de estimular los músculos externos del cuerpo humano.

Las señales que ocuparemos para el estimulador muscular deben de ser con un pico negativo y otro positivo, ya que la variación de la señal desde el ciclo negativo al positivo (o viceversa) es lo que permite que reaccione el músculo.

Se puede comprobar que cuando ocupamos una señal con solo un ciclo, no se obtiene una respuesta significativa del músculo, esto es debido a que no tenemos un cambio brusco de polaridad.

Las señales que utilizamos se presentan en diferentes rangos de frecuencia, otro factor importante es la magnitud de los estímulos, ya que si la aumentamos, obtendremos un estímulo más intenso.

En la estimulación (en la piel) podemos soportar impulsos de hasta 80 volts con una duración de 4 ms, esto es variable dependiendo de la persona.

Una vez obtenida la señal y controlada la frecuencia de aplicación se puede tener la respuesta deseada en las fibras musculares. Aquí hay que tener en cuenta los tiempos que duran el periodo latente y el periodo refractario; para obtener la respuesta deseada del músculo.

Partiendo de la señal que necesitamos, es evidente que se requiere de un circuito oscilador para generar la señal, de la cual podemos controlar la frecuencia. Cuando la señal de este oscilador se encuentre en un valor de frecuencia que mantenga el músculo en tetania completa, se observa la necesidad de dar espacios para su relajación, que permite, dependiendo de su estado, que el músculo permanezca en contracción o relajación.

Después necesitamos de una etapa de potencia, la que permitirá dar la corriente requerida, inmediatamente se acopla un transformador, para lograr así la forma de la señal que realmente deseamos.

Un factor importante de la señal requerida es la separación de los impulsos. Se sabe que los impulsos surgen de los flancos de subida y bajada de la señal, es por esto que se busca un control del ancho de estos.

El transformador también se utiliza para elevar el voltaje en los devanados secundarios, para así alcanzar los valores del voltaje que permitan la estimulación. En los devanados secundarios van los electrodos que se conectaran a la piel. Además existen controles que limiten el voltaje aplicado a los electrodos.

a) Fuente de alimentación.

La fuente de alimentación, es un elemento activo capaz de suministrar energía a todos aquellos elementos de tipo pasivo que la demanden para producir un trabajo.

El proceso se divide en distintas etapas bien diferenciadas, como puede verse en la ilustración correspondiente. La corriente eléctrica en bruto viene como corriente alterna; sin embargo, tras atravesar la fuente de alimentación, obtenemos corriente continua con tensión constante y esta es la que nos interesa pues es la que vamos a conectar a nuestros dispositivos.

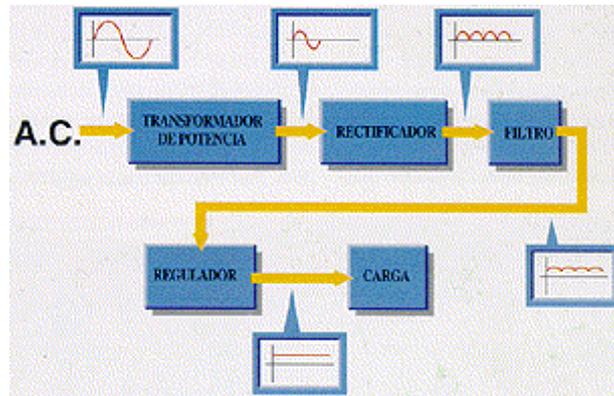


Figura 3.7

Como se ve anteriormente necesitaríamos realizar estas etapas para poder obtener nuestra fuente de alimentación, por lo que para una mayor simplificación en el circuito, dispondremos como fuente de alimentación **1 batería recargable** que nos dará el voltaje y la corriente que necesitamos.

Cargador de baterías.

Un cargador de baterías es un dispositivo utilizado para almacenar energía, mediante el suministro de corriente eléctrica, dentro de pilas recargables o en las celdas de una batería.

El cargador utilizado trabaja haciendo pasar una corriente continua constante por la batería que va a ser cargada. Este cargador no modifica su corriente de salida basándose en el tiempo de carga de la batería.

Se trató de implementar un cargador de baterías con el fin de abarcar todos y cada uno de los aspectos de electrónica que implicaba este proyecto, por lo que nos basamos en el circuito abajo mostrado, realizando obviamente las correcciones pertinentes, pero debido a que el tiempo de carga era excesivamente largo aproximadamente de 12 horas en el mejor de los casos para una batería de 6 volts a 250 mA, decidimos adquirir uno.

Por practicidad y debido a que en el mercado se pueden encontrar varios cargadores de muy alta eficiencia y bajo costo, se optó por la idea de utilizar alguno de éstos para recargar la batería de nuestro dispositivo.

Nuestro cargador es totalmente automático, compatible con baterías de plomo de hasta 10 A. Esto quiere decir que el cargador se utilizará cuando la carga de la batería es baja (11,2 V para una batería de 12 V el cual es el caso de nuestro interés) y que se desconecta cuando la batería está cargada (13,8 V para una batería de 12 V).

De modo que podemos conectar la batería al cargador, y a su vez éste a la red eléctrica durante el periodo en que no utilizamos nuestro equipo, sabiendo que nuestro cargador evitará tanto las sobrecargas de la batería como la descargas perjudiciales para la vida útil de esta.

Gracias a este cargador podemos mantener la batería del dispositivo a plena carga sin temor a que se dañe. El cargador en cuestión puede recargar una batería de 3 Ah en 6 horas, 6 Ah en 12 horas y 10 Ah en 18 horas. Al terminar el proceso de carga se enciende un led a modo de indicación que la batería ha sido cargada en su totalidad.

La forma de conexión con la batería a cargar es por medio de cables tipo caimán los cuales se colocarán directamente en los bornes de las baterías.



La batería a utilizar será de 12 volts con una corriente de 1.2 A / Hr además de tener las siguientes características de carga:

- Voltaje de la batería en uso : 13.8 V – 14.4 V
- Voltaje de la batería en reposo: 13.5 V – 13.8 V
- Corriente Inicial: 0.36 A.

b) Control de tiempo de sesión.

Con el fin de establecer sesiones predeterminadas y hacer más competitivo nuestro diseño, se utilizaron para este caso compuertas de uso común como las TC4066BP (Interruptor), 74HC04AN (Inversor), 74HC08AN (Multiplicador) y 74HC193 (Contador síncrono de 4 bits), además de un LM555, que a su vez están siendo alimentados por un regulador de voltaje LM7805, que nos da los requerimientos de corriente necesarios para que nuestro dispositivo funcione adecuadamente sin distorsión de las señales ni pérdida de potencia.

Como primera parte del control de tiempo se utilizó un circuito integrado LM555 en configuración astable que nos dará la generación de pulsos que servirán como referencia para los tiempos de reloj utilizados que en nuestro caso serán de 3, 6, 9 y 12 minutos de manera teórica, los cuales serán seleccionados dependiendo de la necesidad del paciente, así como de la decisión basada en la experiencia del terapeuta.

El funcionamiento del LM555 es el siguiente:

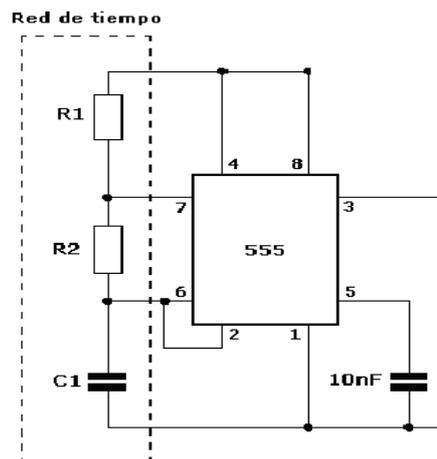


Figura 3.8

Se alimenta de una fuente externa conectada entre sus terminales 8 (Vcc) y 1(tierra); el valor de la fuente de esta, va desde 5 V hasta 15 V de corriente continua, la misma fuente exterior se conecta a un circuito pasivo RC exterior, el cual proporciona por medio de la descarga de su capacitor una señal de voltaje que esta en función del tiempo, esta señal de tensión es de $1/3$ de Vcc y se compara contra el voltaje aplicado externamente sobre la terminal 2.

La terminal 6 se ofrece como la entrada de otro comparador, en la cual se compara a $2/3$ de la Vcc contra la amplitud de señal externa que le sirve de disparo.

La terminal 5 se dispone para producir modulación por anchura de pulsos, esta depende de la descarga del capacitor.

La salida está provista en la terminal (3) del microcircuito y además es la salida de un amplificador de corriente (buffer), este hecho le da más versatilidad al circuito de tiempo 555, ya que la corriente máxima que se puede obtener cuando la terminal (3) sea conectada directamente al nivel de tierra es de 200 mA.

Para el cálculo de los pulsos se utilizó la siguiente fórmula:

$$\text{Tiempo en alto: } T_1 = 0.693 \cdot (R_1 + R_2) \cdot C_1$$

$$\text{Tiempo en bajo: } T_2 = 0.693 \cdot (R_2 \cdot C_1)$$

Nota: Se propuso un valor de R_2 de 2.2 k Ω y un capacitor de 100 μ F para tener un tiempo de subida igual a 30 segundos y un tiempo de bajada igual ya que además de ser elementos comunes el tiempo de descarga del capacitor se encuentra dentro de los valores medios necesitados por nosotros. Entonces:

$$30 = 0.693 \cdot (R_1 + 2.2 \cdot 10^3) \cdot 100 \cdot 10^{-6}$$

$$30 = (0.693R_1 + 1.5246 \cdot 10^3) \cdot 100 \cdot 10^{-6}$$

$$30 = 69.3 \cdot 10^{-6} R_1 + 152.46 \cdot 10^{-3}$$

$$R_1 = 29.8475 / 69.3 \cdot 10^{-6}$$

$$R_1 = 430.7004 \text{ K}\Omega \approx 470 \text{ K}\Omega$$

Sustituyendo los valores anteriores en la expresión tenemos los tiempos usados:

$$T_1 = 0.693 \cdot (2.2 \cdot 10^3 + 470 \cdot 10^3) \cdot 100 \cdot 10^{-6} = 32.7234 \text{ s} = 0.5454 \text{ min.}$$

$$T_2 = 0.693 \cdot (470 \cdot 10^3 \cdot 100 \cdot 10^{-6}) = 32.5710 \text{ s} = 0.5429 \text{ min.}$$

Así el tiempo total es de:

$$T_{\text{TOTAL}} = 65.2944 \text{ s} = 1.0882 \text{ min.}$$

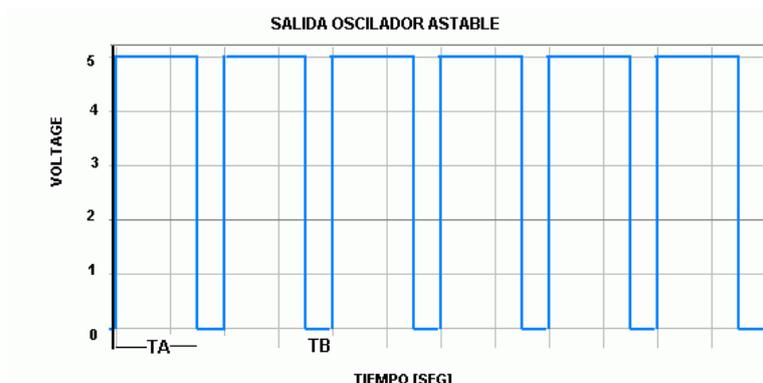


Figura 3.9

De esta manera realizamos la tabla de verdad correspondiente para encontrar los tiempos que se programarán y utilizarán para cada una de las sesiones.

Número	2 ³	2 ²	2 ¹	2 ⁰	Tiempo Teórico(min)	Tiempo Práctico (min)
1	0	0	0	1	1.0882	
2	0	0	1	0	2.1765	
3	0	0	1	1	3.2646	3.2150
4	0	1	0	0	4.3528	
5	0	1	0	1	5.4410	
6	0	1	1	0	6.5292	7.6100
7	0	1	1	1	7.6164	
8	1	0	0	0	8.7056	
9	1	0	0	1	9.7938	11.1920
10	1	0	1	0	10.8820	
11	1	0	1	1	11.9702	
12	1	1	0	0	13.0584	16.0230
13	1	1	0	1	14.1466	
14	1	1	1	0	15.2348	
15	1	1	1	1	16.3230	

Se utilizaron 4 bits ya que los circuitos digitales arriba mencionados nos permiten desarrollar una lógica digital fácil de usar y nos permite utilizar cada uno de los circuitos sin desperdiciar alguna de sus entradas junto con una alta gama de combinaciones posibles para los tiempos propuestos y usados al final en nuestro equipo. Cabe mencionar que el funcionamiento real de los dispositivos son variantes a los valores vistos en la tabla anterior, es decir, que el tiempo real de funcionamiento difiere en ± 20 segundos aproximadamente.

Después de generar la serie de pulsos con el LM555 en configuración astable, esta señal entra en el circuito integrado 74HC193 que es un contador reversible síncrono de 4 bits preinicializable. (Para ver el contador reversible, ver la figura 1 del Anexo).

Funcionamiento del contador.

El CI 74HC193 tiene dos entradas de reloj, CP_U y CP_D . El contador responderá a las TPP (Transición de Pendiente Positiva) en una de las dos entradas de reloj. CP_U es la entrada de reloj de conteo ascendente. Cuando se apliquen los pulsos a esta entrada, el contador se incrementará en cada TPP hasta llegar a un conteo máximo de 1111; entonces se recicla a 0000 y vuelve a comenzar.

CP_D es la entrada de reloj de conteo descendente. Cuando se apliquen los pulsos a esta entrada, el contador decrementará en cada TPP hasta llegar a un conteo mínimo de 0000; entonces se recicla a 1111 y vuelve a comenzar. De este modo se usará una entrada de reloj para contar en tanto la otra esté inactiva (se conserva en alto).

También entre otra de sus características cuenta con una entrada que funciona como reiniciación maestra que es la MR, esta es una entrada asincrónica activa en alto y que reinicia al contador en el estado 0000. MR es un reiniciador de corriente directa, de manera que tendrá al contador en 0000 en tanto que $MR=1$, al mismo tiempo que elimina todas la otras entradas.

Otra entrada que tiene el contador es la PL que cuando cambia de alto a bajo elimina la operación de conteo, no obstante PL no tendrá efecto si la entrada MR se encuentra en su estado activo alto.

El conteo regular siempre está presente en las salidas Q_0 - Q_3 , donde Q_3 es el bit menos significativo y Q_0 es el bit más significativo.

Después de generar el conteo de 0 a 15, se utilizaron las salidas Q_0 a Q_3 para realizar las combinaciones que necesitábamos y hacerlas pasar a través de la compuerta AND la cual hará la multiplicación de la siguiente manera:

La primera posición del selector de izquierda a derecha, está asociado a la salida 1Y del 74HC08AN, las entradas 1A y 1B a su vez están asociadas a Q_0 y a Q_1 por lo que al realizar la multiplicación entre estas se obtendrá el tiempo de 3 min. teóricamente, para la segunda posición la obtenemos de la salida 4Y, sus entradas 4A y 4B están asociadas a Q_1 y Q_2 por lo que al pasar por la AND se tendrá un tiempo teórico de 6 minutos.

En la tercera posición se toma de la salida 2Y, sus entradas 2A y 2B se asocian con Q_0 y Q_3 por lo que tenemos un tiempo teórico de 9 min. y por último en la cuarta posición del selector tenemos la salida 3Y, sus entradas 3A y 3B se relacionan con Q_2 y Q_3 obteniendo así un tiempo teórico de 12 minutos y con esto obtenemos los tiempos que se han propuesto en la tabla anterior.

También utilizamos el TC4066BP que es un CI que contiene 4 interruptores, que funcionan a través de pulsos, estos interruptores fueron necesarios debido a que cuando se llegaba a los tiempos seleccionados anteriormente el circuito se apagaba, pero después de un tiempo se reiniciaba, dándonos un regreso de corriente hacia la persona.

Funcionamiento de los interruptores.

En el primer y segundo interruptor se tiene la señal de entrada, el enable del primero se conecta directamente al interruptor que activa los tiempos de terapia y el segundo va conectado al mismo interruptor que el anterior, pero pasando por un inversor, lo que nos dará el paso de la señal independientemente de en que estado esté el interruptor que controla los tiempos de terapia, esta parte se anexó debido a que con esto se logra disminuir la distorsión y/o ruido de la señal.

Posteriormente la señal entra al tercer interruptor que es controlado por T_{CD} (salida del contador ascendente) y por el selector de tiempo, ahora bien, el cuarto switch se conecta a tierra y es controlado por el selector de tiempo, por lo que con estas conexiones se tiene, que con la combinación de T_{CD} y un inversor nos será posible activar el tercer interruptor, por lo que tendremos así una señal de salida, la que a su vez, después de transcurrido el tiempo preestablecido con el selector, enviará un pulso el que al pasar a través del inversor desactivará el interruptor, por lo que no pasará la señal.

Al mismo tiempo que el tiempo preestablecido con el selector se cumpla, habrá un pulso en el cuarto interruptor por lo que este se activará y no habrá voltaje, debido a que este interruptor está conectado a tierra directamente, en este punto se ve que cuando se cumplan los tiempos de la terapia no habrá regreso de corriente.

Como punto final de la etapa de control de tiempo, se explicará como funciona la parte de reinicio y pausa del contador 74HC193, esto se puede controlar a través de dos entradas que son PL y MR respectivamente.

La entrada PL está conectada al selector de tiempos y posteriormente pasa a un inversor, por lo que cuando se cumple el tiempo preestablecido, le llega un pulso bajo "0" (que es como se activa), reiniciando al contador.

La entrada MR al igual que la PL está conectada al selector de tiempos, por lo que cuando se cumple el tiempo preestablecido, le llega un pulso alto "1" (que es como se activa), pausando al contador e inabilitando todas las otras entradas.

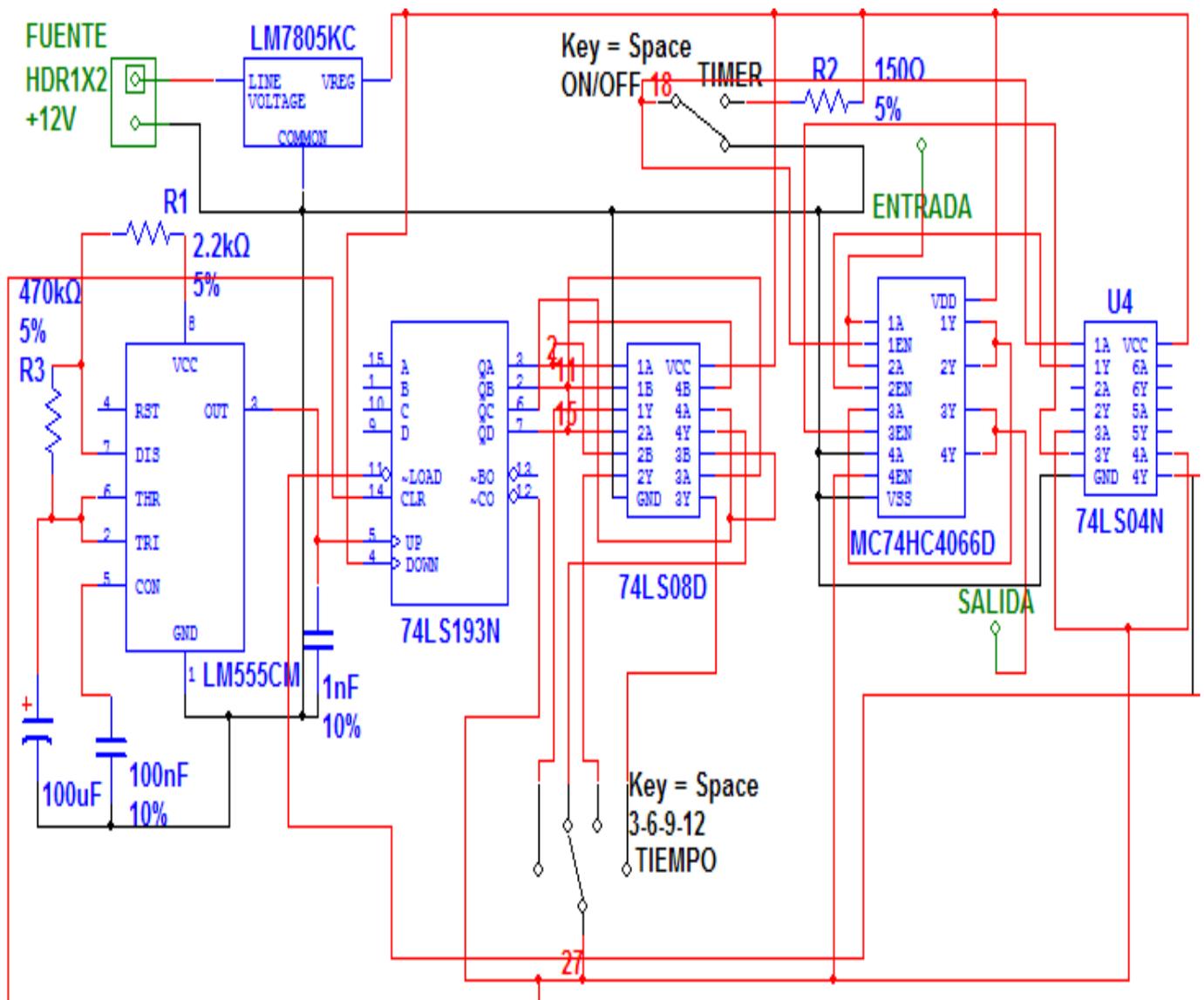


Figura 4.0

c) Generación de las señales.

Un generador de funciones es un instrumento versátil que genera diferentes formas de onda cuyas frecuencias son ajustables en un amplio rango. Las salidas más frecuentes son ondas senoidales, triangulares, cuadradas y diente de sierra. Las frecuencias de estas ondas pueden ser ajustadas desde una fracción de Hertz hasta varios cientos de Kiloherz.

Una de las características principales de los generadores de funciones es que son osciladores, un oscilador es un dispositivo capaz de convertir la corriente continua en corriente alterna a una determinada frecuencia.

El dispositivo PT5061A nos provee de una fuente de ± 12 Volts los cuales alimentarán dentro de los rangos adecuados de funcionamiento y diseño, tanto a los amplificadores operacionales como al generador de funciones XR-2206. (Ver diagrama 1.1 dentro del Anexo).

Las características con las que cuenta el regulador es que se alimenta con 5V y a la salida nos da 12V y -12V, tiene una eficiencia del 85 % y el voltaje de salida es ajustable.

Para obtener los diferentes tipos de señales utilizaremos el generador de funciones XR – 2206, este cuenta con las siguientes características:

- Baja señal de distorsión (0.5 % Valor típico).
- Excelente estabilidad de temperatura.
- Modulación lineal de amplitud.
- Amplio rango de alimentación (10 V a 26 V).
- Ciclo de trabajo ajustable (1 % a 99%).

El circuito integrado produce señales senoidales, cuadradas, triangulares y señales con forma de rampa con alta calidad, así como pulsos con alta estabilidad.

Para poder visualizar como está constituido el XR-2206 por dentro, pasar al Anexo (figura 1.2).

A continuación se presentará un diagrama de como generamos las señales senoidales, triangulares y cuadradas a través del circuito integrado:

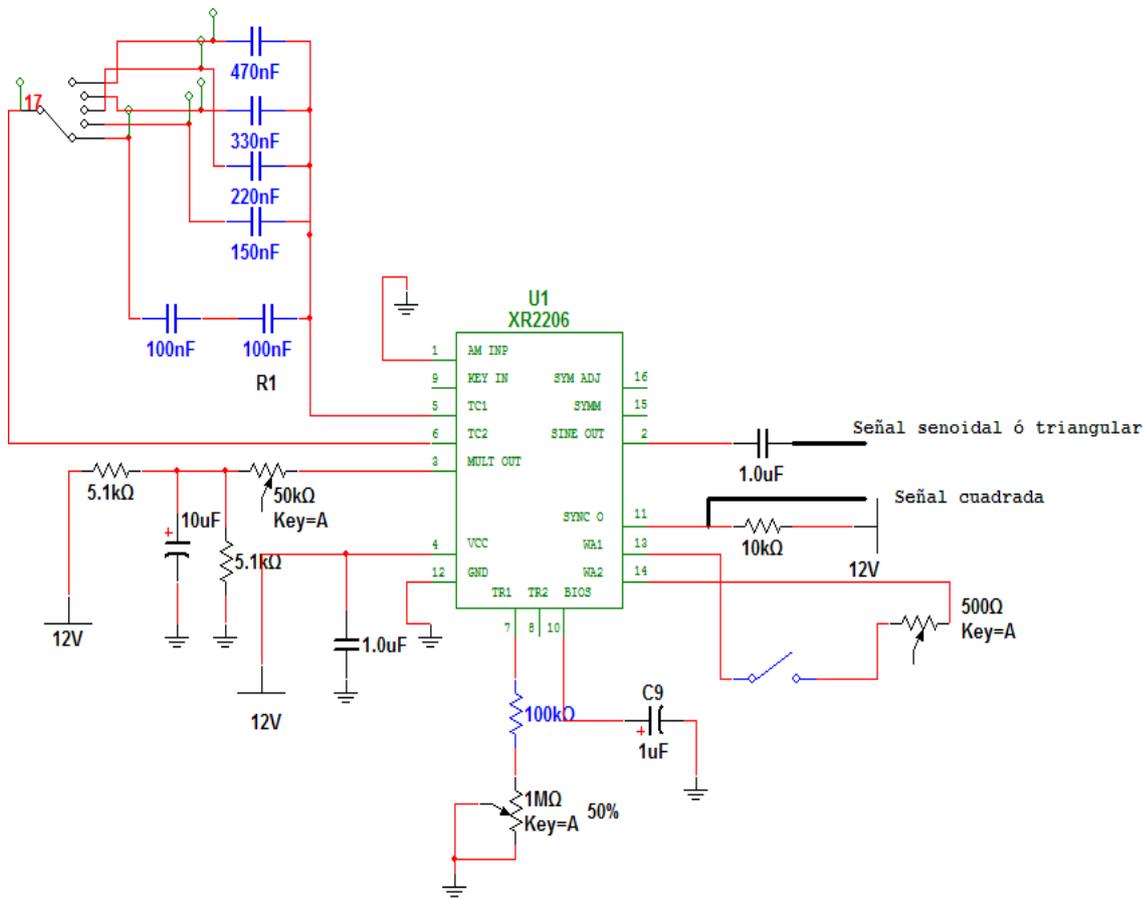


Figura 4.1

En el pin 3 tenemos un divisor de voltaje, en el se puede ver que las resistencias tienen el mismo valor por lo que la amplitud de nuestras señales variará dentro de un rango de $V+ / 2$ a $V+$ aproximadamente, esto se debe a que tenemos un potenciómetro conectado en serie con la resistencia que va a tierra por lo que al momento de realizar los cálculos como se verá a continuación, obtendremos los rangos mencionados anteriormente.

Con el valor del Potenciómetro del pin 3 = 0.

$$V_o = (5.1 / 10.2) V_i$$

$$\text{Si } V_i = 12 \text{ V}$$

$$V_o = 6 \text{ V}$$

Con el valor del Potenciómetro del Pin 3 = 50 KΩ

$$V_o = (55.1 / 60.2) V_i$$

Si $V_i = 12 \text{ V}$

$V_o = 10.98 \text{ V}$

Para generar la señal triangular simplemente se necesita abrir el interruptor que se encuentra entre el pin 13 y 14, así al tener abierto el interruptor obtendremos una señal triangular con una amplitud aproximadamente del doble de la señal senoidal.

d) Variación de frecuencia y amplitud.

Los parámetros o magnitudes fundamentales de una señal analógica son:

- ❖ Amplitud
- ❖ Frecuencia

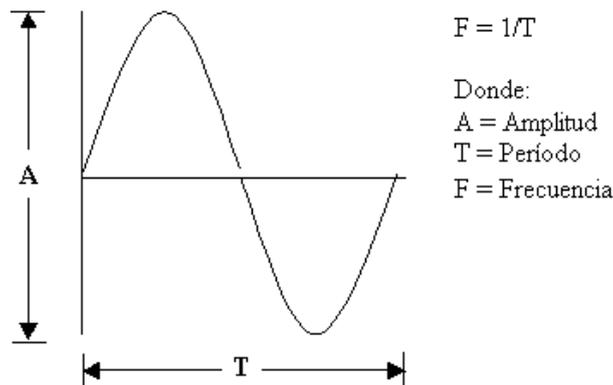


Figura 4.2

Las señales de salida pueden variar tanto en amplitud como en frecuencia a través de un voltaje externo.

La frecuencia de oscilación (f_o) está determinada por dos elementos externos que se conectan al circuito integrado, estos son el capacitor que se encuentra entre el pin 5 y 6, y la resistencia que se encuentra conectada al pin 7. Por lo que podemos obtener la frecuencia con la siguiente fórmula:

$$f_o = 1 / RC \text{ [Hz]}$$

La frecuencia de oscilación es proporcional a la corriente (I_T) que pasa entre el pin 7 y 8, la frecuencia y la corriente están relacionadas por la siguiente fórmula:

$$f = 320 I_T / C$$

Las terminales 7 y 8 son puntos de baja impedancia, la frecuencia varía linealmente con I_T , en un determinado rango que va desde $1 \mu\text{A}$ hasta 3 mA .

Es importante mencionar que el XR-2206 puede funcionar con dos frecuencias por separado, estas se asocian con R1 y R2 que van conectadas al pin 7 y al pin 8 respectivamente.

La frecuencia que utilizaremos dependerá de la señal que entre al pin 9, por lo que si el pin 9 es un circuito abierto, utilizaremos la frecuencia que se forma a través de la resistencia del pin 7 y el capacitor que se encuentra entre el pin 5 y 6, si el voltaje es menor o igual a 1V en el pin 9 se utilizará la frecuencia que se obtiene de la combinación de la resistencia del pin 8 con el capacitor mencionado anteriormente.

En este caso nosotros dejamos el pin 9 como un circuito abierto, por lo que basándonos en lo anterior, se utilizará la frecuencia que se forma a partir de la resistencia del pin 7 y el capacitor que está entre el pin 5 y 6.

La máxima amplitud de salida es inversamente proporcional a la resistencia que se encuentra conectada al Pin 3. Para una salida senoidal, la amplitud es aproximadamente 60 mV pico por cada KΩ de R₃; para una señal triangular la amplitud de salida será 160 mV pico por cada KΩ de R₃.

Para disminuir la distorsión y el ruido en nuestra señal en un 0.5 % de acuerdo a las especificaciones del fabricante, se utilizó un potenciómetro que está colocado después del interruptor que se encuentra entre el pin 13 y 14, el valor de este es de 500Ω, además se utilizó otro potenciómetro de 50 KΩ en el pin 3, ya que este nos ayuda al igual que el anterior, a tener una forma de onda más pura.

Para el cálculo de las frecuencias se tomó como parámetro principal frecuencias bajas (de 0 hasta 130 Hz), debido a que con estas frecuencias de trabajo se produce mayor analgesia al cuerpo.

Además las frecuencias de 1 a 5 Hz son útiles para aliviar procesos crónicos de dolor. Sin dejar a un lado la analgesia y el fortalecimiento de las fibras musculares en caso de requerirse.

Se propusieron valores de resistencias comprendidos entre los 100 KΩ y 1.1 MΩ ya que para la configuración del circuito integrado XR-2206 en su configuración como generador de funciones sin componentes armónicas, se recomienda el uso de estos valores para un óptimo desempeño.

En lo concerniente a los valores de capacitores se consideraron valores desde 0.1 μF a 1 μF, para fijar los valores de frecuencia mencionados arriba, además de buscar los usados comunmente, por si fuera necesario reemplazarlos.

Al hacer los cálculos necesarios se obtiene lo siguiente:

$f_{MIN} = 1 / (50 \cdot 10^{-9}) \cdot (1.1 \cdot 10^6) = 18.18 \text{ Hz}$	$f_{MAX} = 1 / (50 \cdot 10^{-9}) \cdot (100 \cdot 10^3) = 200 \text{ Hz}$
$f_{MIN} = 1 / (0.15 \cdot 10^{-6}) \cdot (1.1 \cdot 10^6) = 6.06 \text{ Hz}$	$f_{MAX} = 1 / (0.15 \cdot 10^{-6}) \cdot (100 \cdot 10^3) = 66.66 \text{ Hz}$
$f_{MIN} = 1 / (0.22 \cdot 10^{-6}) \cdot (1.1 \cdot 10^6) = 4.13 \text{ Hz}$	$f_{MAX} = 1 / (0.22 \cdot 10^{-6}) \cdot (100 \cdot 10^3) = 45.45 \text{ Hz}$
$f_{MIN} = 1 / (0.33 \cdot 10^{-6}) \cdot (1.1 \cdot 10^6) = 2.75 \text{ Hz}$	$f_{MAX} = 1 / (0.33 \cdot 10^{-6}) \cdot (100 \cdot 10^3) = 30.30 \text{ Hz}$
$f_{MIN} = 1 / (0.47 \cdot 10^{-6}) \cdot (1.1 \cdot 10^6) = 1.93 \text{ Hz}$	$f_{MAX} = 1 / (0.47 \cdot 10^{-6}) \cdot (100 \cdot 10^3) = 21.27 \text{ Hz}$

De esta manera encontramos los valores de los capacitores adecuados siendo estos de los siguientes valores:

$$C_1 = 50 \text{ nF}$$

$$C_2 = 0.15 \text{ } \mu\text{F}$$

$$C_3 = 0.22 \text{ } \mu\text{F}$$

$$C_4 = 0.33 \text{ } \mu\text{F}$$

$$C_5 = 0.47 \text{ } \mu\text{F}$$

Y para los valores de las resistencias se utiliza un potenciómetro donde R_{VAR} es:

$$R_{VAR} = 0 \text{ a } 1 \text{ M}\Omega$$

Además del potenciómetro se pone una resistencia en serie de $1\text{K}\Omega$, para que cuando se tenga en lo mínimo al potenciómetro, tengamos $100\text{K}\Omega$ y el valor máximo sea de $1.1 \text{ M}\Omega$.

e) Etapa de rectificación de la señal.

Para rectificar la señal utilizamos el LM 324 N ya que contiene cuatro amplificadores operacionales que fueron diseñados específicamente para trabajar con una sola fuente de alimentación, una de las características de este circuito integrado es que la ganancia de voltaje es grande y el rango de alimentación es de 3 a 32 V. Además de amplificar un poco la corriente, utilizaremos cada amplificador operacional como seguidor de la señal.

Para darnos una idea mejor de como está constituido el LM 324N (Ver Anexo Figura 1.3).

Para poder controlar la ganancia que tiene un amplificador operacional, se le provee de una realimentación negativa, que hará que este circuito sea mucho más estable. La ganancia está dada por la siguiente expresión:

$$AV = - R_2 / R_1$$

Además del circuito integrado utilizamos un arreglo de diodos para obtener señales rectificadas de onda completa y de media onda, con el fin de obtener otra gama de estimulación al cuerpo.

Entonces cuando es aplicado al diodo el primer semiciclo de la tensión de entrada, existe una polarización directa; el diodo conducirá, en el semiciclo siguiente de la tensión de entrada el diodo tendrá polarización inversa, por lo que solo fluirá una pequeña corriente, sucesivamente este proceso se repite, produciéndose una corriente continua a la salida.

Señal de entrada:

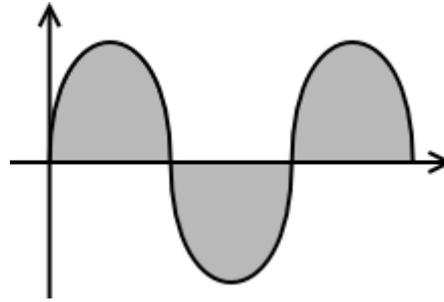


Figura 4.3

Para obtener la rectificación de media onda, se utilizó el siguiente circuito:

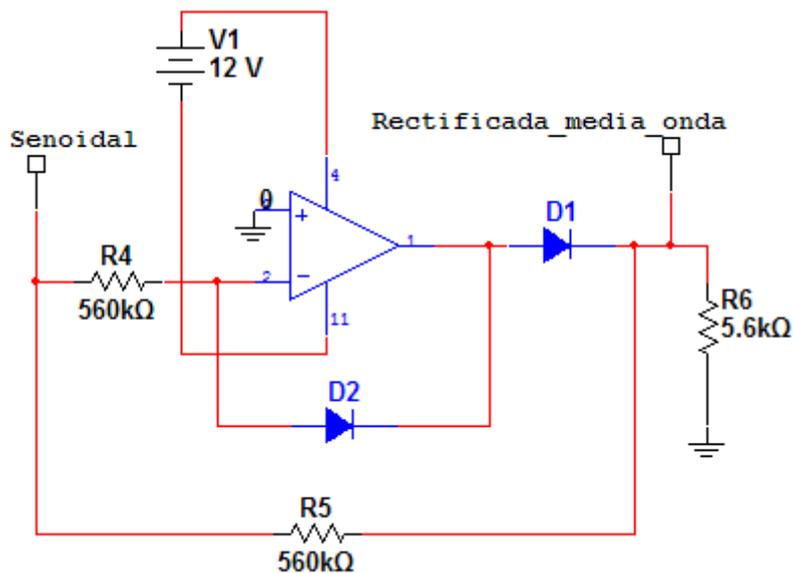


Figura 4.4

A partir del diagrama anterior se ve que cuando se tiene un semiciclo positivo el D1 va a estar conduciendo mientras que el D2 no lo hará, debido a que el primero está conectado directamente a la señal senoidal que proviene del XR-2206, y el segundo está conectado a la salida del amplificador operacional, por lo que a él le llega la señal invertida, a partir de esto tenemos que toda la corriente se drenará a través del D1 y no pasará por R5.

Ahora analizando el semiciclo negativo se ve que el D1 no está conduciendo debido a las conexiones anteriormente explicadas y el D2 sí lo va a estar haciendo, ya que al pasar a través del amplificador operacional se invierte la señal, por lo tanto el D2 se tomará como si fuera un corto circuito, siendo así como a la salida tendremos un semiciclo positivo.

Otro punto importante es que las resistencias que están conectadas a la entrada inversora y la que está entre la entrada inversora y la salida son del mismo valor, por

lo que tendremos una ganancia unitaria, ya que como se verá más adelante, todas las señales están a 0.1 V, para que después entren a la etapa de amplificación.

La señal de salida es la siguiente:

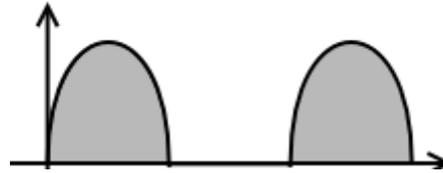


Figura 4.5

Para obtener la rectificación de onda completa, utilizamos el siguiente circuito:

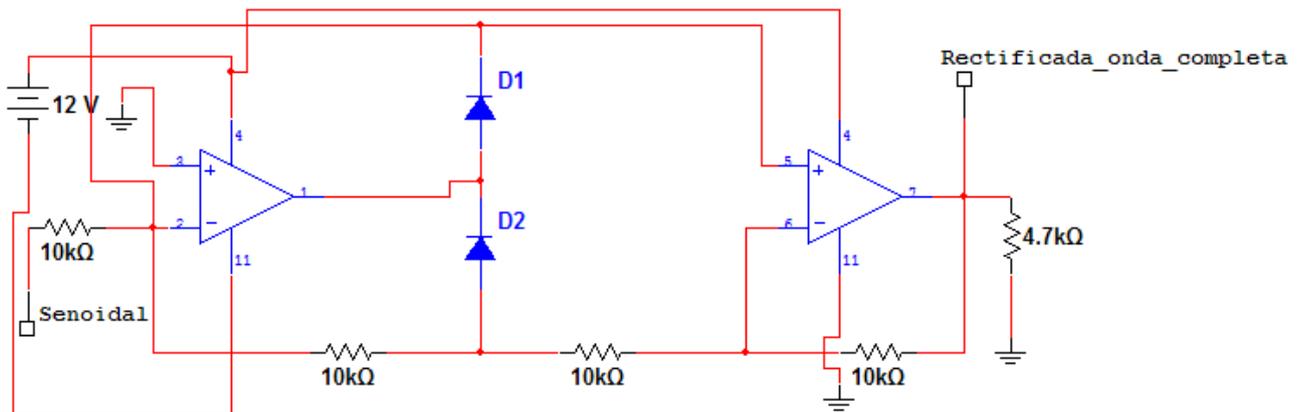


Figura 4.6

A partir del diagrama se ve que para el semiciclo positivo el D2 está conduciendo, ya que está conectado directamente a la señal senoidal y el D1 no conduce ya que está a la salida del primer amplificador y le llega la señal invertida, por lo que la señal pasará a la entrada inversora del segundo amplificador operacional de una manera invertida y este la volverá a invertir, así obtendremos a la salida el semiciclo positivo solamente.

Ahora tomando el semiciclo negativo, se observa que el D2 no conduce, mientras que D1 conduce, ya que este recibe la señal invertida, por lo que a partir de aquí la señal pasa a la entrada no inversora del segundo amplificador y a la salida obtenemos el semiciclo positivo, con lo que juntando los dos semiciclo, podremos obtener la señal rectificada de onda completa como se vé a continuación.

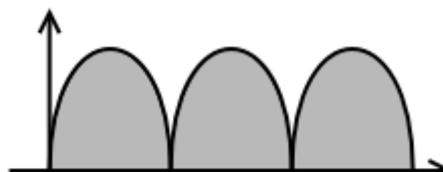


Figura 4.7

Resumiendo las etapas anteriores de generación, variación de amplitud, frecuencia y rectificación, este circuito básico de electroterapia consta de un circuito integrado XR2206 el cual genera 3 señales principales (señal cuadrada, triangular y senoidal), las cuales tienen como rangos máximos y mínimos de 0.1 V a 8 V de amplitud controladas por un potenciómetro de valor de 1 M Ω .

Se colocó un arreglo de 5 capacitores los cuales nos darán el rango de frecuencia a utilizar, siendo estas de 2 a 200 Hz aproximadamente, pudiéndose seleccionar cada una de estas por un selector de canal de 5 polos un tiro y controlando cada uno de dichos intervalos de frecuencia por otro potenciómetro de 1M Ω para ajustar la frecuencia de acuerdo a las necesidades del paciente.

Como dato adicional por especificaciones hechas por el fabricante se colocó un potenciómetro de precisión de 50 K Ω y uno de 500 Ω con el fin de ajustar las señales y evitar deformaciones en cada una de ellas. Así se garantiza de forma rotunda que las señales generadas son cien por ciento puras y sin distorsión.

A su vez se colocó otro selector de canal de 5 polos 1 tiro para seleccionar el tipo de señal deseada obteniendo además de las 3 principales, 2 más que son resultado de la etapa de rectificación (de media onda y de onda completa). Hay que hacer mención que tanto la señal triangular y senoidal son puramente de alterna lo cual nos ayudará a obtener resultados distintos en la estimulación, dicha explicación fue dada en capítulos anteriores y se verán sus diferencias respecto a las demás formas de onda en el capítulo de resultados.

Es importante remarcar que las señales que obtenemos son de diferentes amplitudes a la salida, por lo que como se verá a continuación, fue necesario poner divisores de voltaje para que todas ellas tuvieran una amplitud aproximada de 0.1 V antes de entrar a la etapa de amplificación.

Para obtener la amplitud de las señales, se realizaron los siguientes cálculos, en los que el V_p se ajusta a través del potenciómetro que está en serie con el divisor del voltaje del pin 3 del XR-2206.

$$V \text{ senoidal} = (V_p / \sqrt{2}) (2.2 \text{ K}\Omega / 102.2 \text{ K}\Omega) = 0.1 \text{ V}$$

$$V \text{ cuadrada} = (V_p) (1 \text{ K}\Omega / 151 \text{ K}\Omega) = 0.1 \text{ V}$$

$$V \text{ triangular} = (V_p / \sqrt{3}) (1 \text{ K}\Omega / 101 \text{ K}\Omega) = 0.1 \text{ V}$$

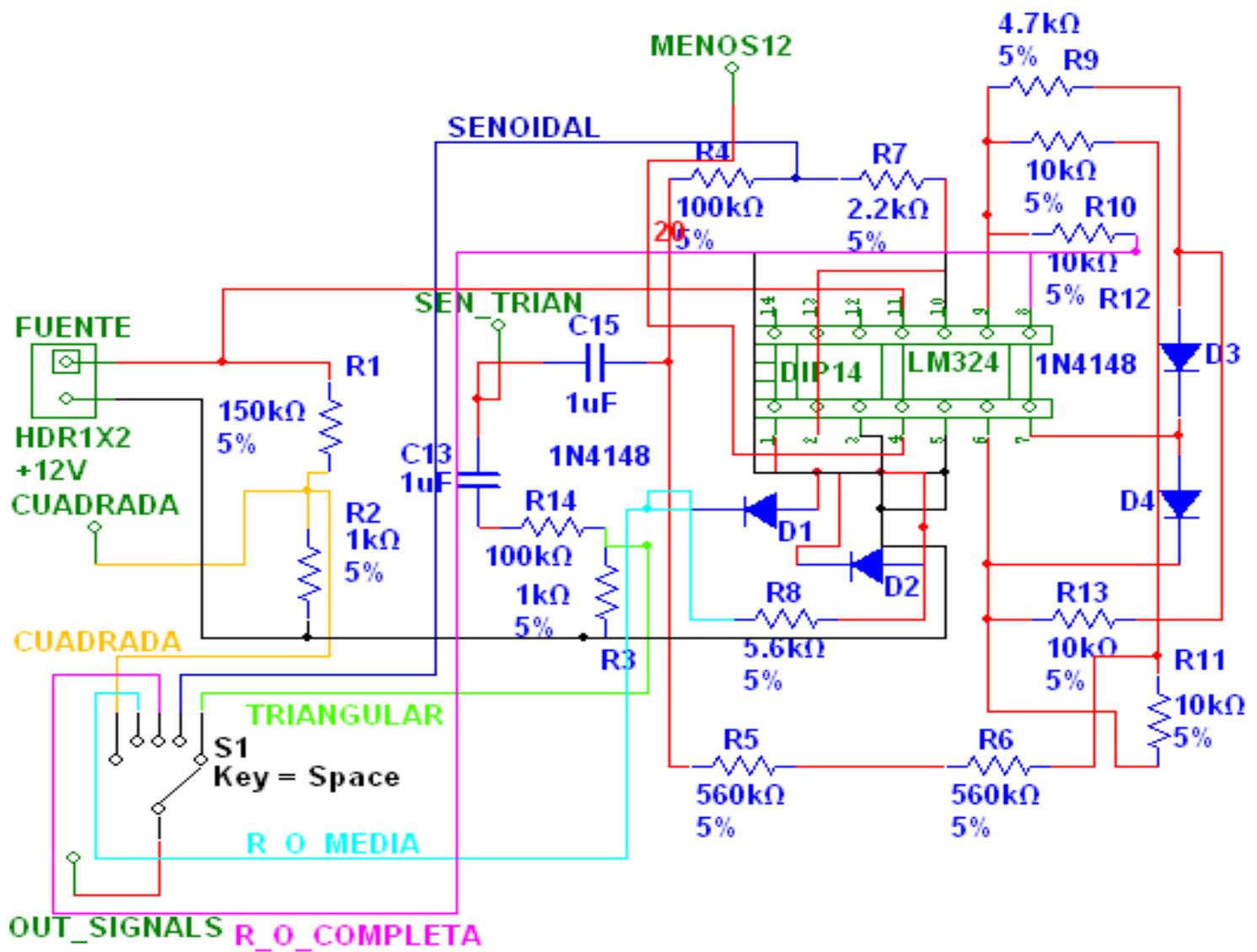


Figura 4.8

f) Etapa de amplificación y protección.

Para esta etapa utilizamos un amplificador operacional LM324 N. Se utiliza debido a que tiene un voltaje de offset bajo a la entrada, una impedancia de entrada grande y un ancho de banda aceptable, ya que las frecuencias que utilizaremos están comprendidas dentro de este rango.

Concluyendo utilizaremos el LM324 N para acoplar nuestra señal con el TIP 41C que es el que en realidad va a amplificar la corriente.

El transistor que utilizaremos es del tipo NPN, esto es debido a que la movilidad del electrón en los semiconductores es mayor que la movilidad de los huecos, permitiendo mayores corrientes y velocidades de operación.

La resistencia conectada al pin que corresponde a la entrada no inversora del segundo amplificador operacional del circuito que se presenta abajo tiene la función de acoplar la señal proveniente de las etapas anteriores.

Ya que mientras se obtenía la señal por medio del osciloscopio, el circuito no presentaba descompensaciones además de presentar un funcionamiento adecuado. Por lo que con el fin de obtener dicho rendimiento, se investigó en los manuales del osciloscopio la resistencia e impedancia de dicho elemento obteniendo el valor de $1\text{ M}\Omega$, por lo que se colocó dicha resistencia, obteniendo así el desempeño esperado por el equipo.

A su vez utilizamos un fusible, cuyo principio de funcionamiento se basa en intercalar un elemento más débil en el circuito, de manera tal que cuando la corriente alcance niveles que podrían dañar a los componentes del mismo, el fusible se funde e interrumpe la circulación de la corriente.

Por las razones anteriores utilizaremos un fusible y lo colocaremos entre la salida de la etapa de amplificación y la entrada de la de acoplamiento, ya que hay que remarcar que a la salida de la etapa de acoplamiento se encuentran conectados los electrodos por lo que es importante que cuando haya un exceso de corriente, este no llegue al cuerpo humano durante la terapia.

Para poner el bloque de protección del sistema es necesario conocer el consumo de corriente en el caso crítico, y una vez conocido este valor, se le da un margen de aproximadamente un 10 % de tolerancia. (Este cálculo se demostrará en la etapa de acoplamiento, debido a que se utiliza para los cálculos del transformador con el que se va a trabajar).

El diodo que se coloca en paralelo a las terminales del transformador tiene como función principal evitar regresos de corriente después de utilizar el equipo ó en caso de superar la corriente especificada, limitando su flujo hacia el paciente.

Se tomó esta precaución debido a que algunos pacientes son extremadamente sensibles a las descargas eléctricas.

Claro en los cálculos presentados a continuación se demuestra que el transformador puede soportar una corriente aproximada de 682 mA con una tolerancia de $\pm 10\%$. Lo que nos proporciona un soporte extremadamente amplio antes que el paciente y el circuito sufran algún daño.

Por razones de seguridad, practicidad y manejo sin restricciones de corriente se utilizó un TIP 41C el cual es un transistor de potencia NPN el cual nos permite un manejo de frecuencias de 3MHz, además de una alta disipación de potencia, así como la facilidad para manejar altos rangos de voltaje sin dejar a un lado el gran soporte de corriente de 6 A. Lo que lo hace un excelente elemento muy útil para nuestro caso en específico.

Se cuenta con un amplificador en configuración emisor común, ya que esta configuración nos proveerá de una amplificación de corriente adecuada sin distorsión de las señales además de no desfasarlas en ningún momento. A su vez se propuso una corriente máxima de amplificación de 500mA por lo que es necesario calcular el valor de las resistencias tanto R_2 como R_1 .

Se propuso una resistencia R_2 de 4.7Ω , entonces haciendo los cálculos pertinentes obtenemos que el valor de R_1 es de:

$$\begin{aligned}12 - R_{C1} - V_{BC} - V_{CE} - R_E I_E &= 0 \\12 - R_C * (500 * 10^{-3}) - 0.7 - 0.7 - 4.7 * (500 * 10^{-3}) &= 0 \\10.6 - R_C * (500 * 10^{-3}) - 2.35 &= 0 \\10.6 - 2.35 = R_C * (500 * 10^{-3}) & \\R_C = 8.25 / (500 * 10^{-3}) & \\R_C = 16.5\Omega \cong 12\Omega &\end{aligned}$$

Con estos valores de resistencia obtenemos el máximo swing simétrico, lo cual nos da una máxima amplificación de corriente. Hay que hacer hincapié en que si se utiliza una resistencia menor a 12Ω el circuito oscila dándonos una variación excesiva en el control de la corriente en bajas frecuencias por lo que es de suma importancia no rebasar este valor para obtener los mejores resultados de estimulación, operación y seguridad del equipo.

Ahora para calcular la máxima potencia disipada por el transistor utilizamos la siguiente formula:

$$P = V \times I$$

Donde al sustituir valores encontramos que:

$$P = (12) * (500 * 10^{-3}) = 6\text{ W}$$

Por otro lado como se explicó con anterioridad se colocó un fusible con el fin de prevenir y limitar el flujo de la corriente hacia el paciente además de proteger el transformador de algún daño, en los cálculos que se presentan a continuación demostraremos la importancia de la corriente.

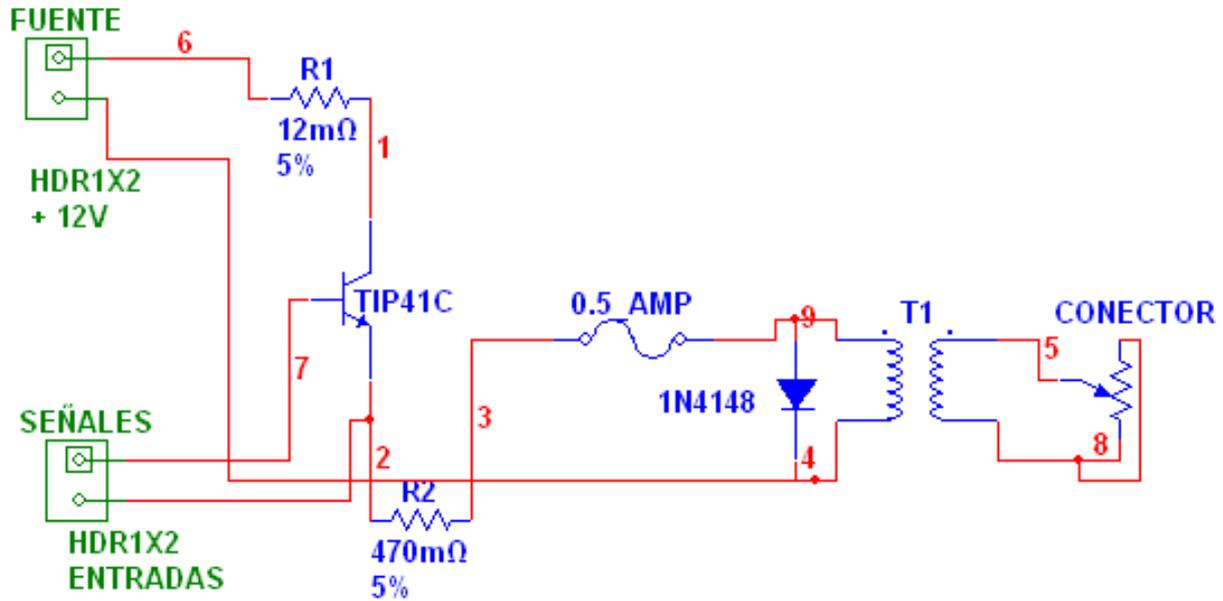


Figura 4.9

g) Etapa de acoplamiento.

Para esta etapa utilizaremos un transformador ya que es una máquina eléctrica que permite aumentar o disminuir el voltaje o tensión en un circuito eléctrico de corriente alterna, manteniendo la frecuencia. La potencia que ingresa al equipo en nuestro caso presentará un pequeño porcentaje de pérdidas, ya que no es ideal y depende de su diseño, tamaño y material.

Los transformadores son dispositivos basados en el fenómeno de la inducción electromagnética y están constituidos, en su forma más simple, por dos bobinas devanadas sobre un núcleo cerrado de hierro. Las bobinas o devanados se denominan primario y secundario según correspondan a la entrada o salida del sistema en cuestión, respectivamente.

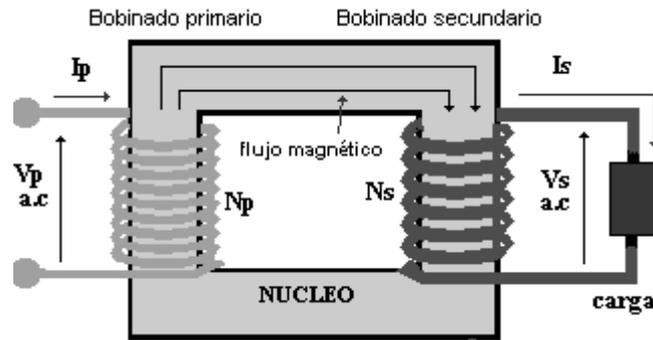


Figura 5.0

A partir de lo anterior se deduce que utilizaremos el transformador como acoplamiento de impedancias, ya que nos permite aislar la carga, que en este caso va a ser el cuerpo humano y por lo tanto es variable y además nos permite obtener aproximadamente la misma potencia de entrada en la salida.

Para calcular la potencia del transformador se considerarán el caso crítico en el que la corriente es mayor a 500 mA, el cual corresponde al valor propuesto para obtener la máxima estimulación de los músculos y por ende los mejores resultados. Además por razones de practicidad y seguridad se diseñó un transformador con TAP central.

$$PA = V \times I$$

Para el cálculo de transformador se toman en cuenta las siguientes características:

- a) Se determina la potencia aparente:

$$PA = (500 \times 10^{-3}) \times (4) = 2.73 \text{ VA}$$

- b) Se calcula la sección del núcleo:

$$s = 1.5 \sqrt{PA}$$

$$s = 1.5 \sqrt{2.73} = 2.4884 \text{ cm}^2$$

- c) Se calculan el número de espiras del primario:

$$N_1 = V_1 \times 10^8 / 4.44 \times f \times s \times B$$

Donde:

V_1 : voltaje del primario

f : frecuencia de trabajo

B : inducción de Gauss cuyos valores comprendidos están entre 8000 y 10000

Entonces:

$$N_1 = 8 \times 10^8 / 4.44 \times 5 \times 2.4884 \times 10000 = 1448.1609 \text{ vueltas (para la frecuencia mínima)}$$

$$N_1 = 8 \times 10^8 / 4.44 \times 200 \times 2.4884 \times 10000 = 36.2040 \text{ vueltas (para la frecuencia máxima)}$$

Para el valor de la inducción de Gauss se utilizó el máximo valor de los dos ya que solo el conocimiento empírico ayuda a la toma de decisiones correctas en estos casos.

- d) Se calcula el número de espiras del secundario en función del valor anterior:

$$N_2 = N_1 / a$$

Donde:

a: Relación de transformación.

Entonces:

$$N_2 = 1448.1609 / 2 = 724.08 \text{ vueltas (para la frecuencia mínima)}$$

$$N_2 = 36.2040 / 2 = 18.10 \text{ vueltas (para la frecuencia máxima)}$$

El valor de a (relación de transformación) propuesto fue debido a que se trata de un transformador tan pequeño que es necesario utilizar un valor diferente de cero y mayor que uno. Como es de esperarse solo el conocimiento empírico y la consulta con los fabricantes nos ayudó a la toma de decisiones.

e) Siendo así, como nos fue posible el cálculo de las corrientes de carga:

$$I_1 = PA/E_1 \text{ y } I_2 = PA/E_2$$

$$I_1 = 2.73 / 8 = 341.25\text{mA}$$

$$I_2 = 2.73 / 4 = 682.5\text{mA}$$

f) Habiéndose calculado también los tamaños de las ventanas del transformador:

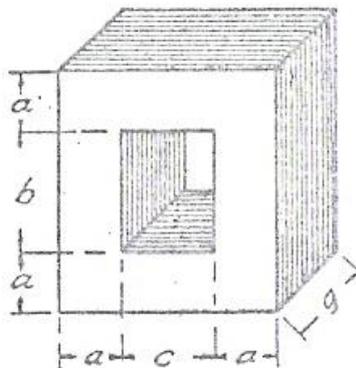


Figura 5.1

$$c = \sqrt{N \cdot I / 150 \cdot K_c \cdot \delta}$$

Donde:

N: Número de vueltas del secundario.

I: Corriente en el secundario.

K_c : Coeficiente de plenitud del cobre.

δ : Densidad de corriente.

$$c = \sqrt{1448.1609 \cdot 341.25 \cdot 10^{-3} / 150 \cdot 0,35 \cdot 1.5} = 2.5051 \text{ cm}$$

$$c = \sqrt{36.2040 \cdot 341.25 \cdot 10^{-3} / 150 \cdot 0,35 \cdot 1.5} = 0.3961 \text{ cm}$$

Para el cálculo de b:

$$b = 3c \text{ y } a = \sqrt{s}$$

$$b = 3 \cdot 2.5051 = 7.5153 \text{ cm} \quad a = \sqrt{2.4884} = 1.5774 \text{ cm}^2$$

$$b = 3 \cdot 0.3961 = 1.1883 \text{ cm} \quad a = \sqrt{2.4884} = 1.5774 \text{ cm}^2$$

Para el caso del tamaño de las ventanas del transformador se utilizó el valor de δ de 1.5 A/mm² ya que este es un valor medio comprendido entre 1.0 y 2.0 A/mm². Y para el caso del coeficiente de plenitud del cobre se utilizó el de 0.35 por tratarse de un transformador extremadamente pequeño.

- g) Por último se calcula las secciones de los conductores para cada uno de los devanados:

$$S_1 = I_1 / \delta \text{ y } S_2 = I_2 / \delta$$

$$S_1 = 341.25 \cdot 10^{-3} / 1.5 = 0.2275 \text{ mm}^2$$

$$S_2 = 682.5 \cdot 10^{-3} / 1.5 = 0.4550 \text{ mm}^2$$

Al revisar las tablas de conductores AWG encontramos que los valores correspondientes de conductores para las secciones calculadas son calibre 26 y calibre 23 respectivamente. A continuación se anexa la tabla de conductores AWG donde se señalan los calibres y secciones correspondientes para cada uno de los devanados del transformador.

Número AWG	Diámetro (mm)	Sección (mm ²)	Número espiras por cm.	Kg. por Km.	Resistencia (O/Km.)	Capacidad (A)
0000	11,86	107,2			0,158	319
000	10,40	85,3			0,197	240
00	9,226	67,43			0,252	190
0	8,252	53,48			0,317	150
1	7,348	42,41		375	1,40	120
2	6,544	33,63		295	1,50	96
3	5,827	26,67		237	1,63	78
4	5,189	21,15		188	0,80	60
5	4,621	16,77		149	1,01	48
6	4,115	13,30		118	1,27	38
7	3,665	10,55		94	1,70	30
8	3,264	8,36		74	2,03	24
9	2,906	6,63		58,9	2,56	19
10	2,588	5,26		46,8	3,23	15
11	2,305	4,17		32,1	4,07	12
12	2,053	3,31		29,4	5,13	9,5
13	1,828	2,63		23,3	6,49	7,5
14	1,628	2,08	5,6	18,5	8,17	6,0
15	1,450	1,65	6,4	14,7	10,3	4,8
16	1,291	1,31	7,2	11,6	12,9	3,7

17	1,150	1,04	8,4	9,26	16,34	3,2
18	1,024	0,82	9,2	7,3	20,73	2,5
19	0,9116	0,65	10,2	5,79	26,15	2,0
20	0,8118	0,52	11,6	4,61	32,69	1,6
21	0,7230	0,41	12,8	3,64	41,46	1,2
22	0,6438	0,33	14,4	2,89	51,5	0,92
23	0,5733	0,26	16,0	2,29	56,4	0,73
24	0,5106	0,20	18,0	1,82	85,0	0,58
25	0,4547	0,16	20,0	1,44	106,2	0,46
26	0,4049	0,13	22,8	1,14	130,7	0,37
27	0,3606	0,10	25,6	0,91	170,0	0,29
28	0,3211	0,08	28,4	0,72	212,5	0,23
29	0,2859	0,064	32,4	0,57	265,6	0,18
30	0,2546	0,051	35,6	0,45	333,3	0,15

h) Etapa de salida (Electrodos)

La conexión entre el electroestimulador y el paciente se realiza a través de unos cables (de buena calidad) que se insertan en los conectores de salida del equipo por un extremo, mientras que por el otro suele terminar en un conector con la parte más conductora del electrodo.



Figura 5.2

El electrodo está formado por una parte conductora: plomo, latón, estaño, goma semiconductor y una capa envolvente de esponja natural, gasas, gamuza o un paño humedecido que envuelve al metal para impedir que la parte metálica entre en contacto directo con la piel, a fin de evitar quemaduras químicas. Es decir, la parte de almohadilla humedecida suaviza el paso de la corriente con el fin de reducir al mínimo las irritaciones.

El efecto punta y el efecto borde consisten en que los electrones circulantes en una placa, tienden a acumularse en la superficie, más en los bordes y aun más en las esquinas. Lo cual significa que si un electrodo con una esquina o bordes muy marcados se pone en contacto con la piel, por esa parte pasarían más electrones que por otras zonas con el consiguiente riesgo de producir una quemadura.

Por tal motivo, se deben recortar dejando las esquinas redondeadas y los bordes bien rematados, junto con la precaución de evitar que adquieran rugosidades o dobleces por el uso.

Colocación de los electrodos.

a) Colocación manual: Posicionando y manteniendo el electrodo sobre el punto deseado.

b) Colocación de electrodos fijos: Con gomas, ventosas, electrodos adhesivos o cintas que los mantienen en el mismo lugar durante la sesión (la más habitual).

c) Colocación intencionada: Una vez los electrodos quedan fijos con gomas, el paciente controla con un mando la aplicación del impulso y la pausa que considere más adecuados (dicho mando puede ser controlado indistintamente por el fisioterapeuta o por el paciente).

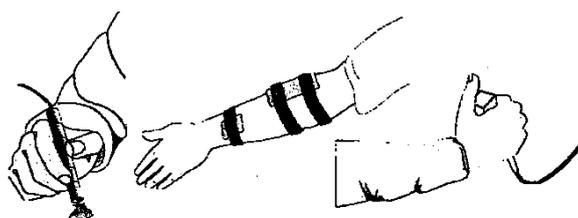


Figura 5.3

Los electrodos tienen que aplicarse de forma que no aparezcan zonas excesivamente comprimidas contra la piel, mientras otras, están semidespegadas, lo que puede producir sensaciones de quemazón y picores molestos.

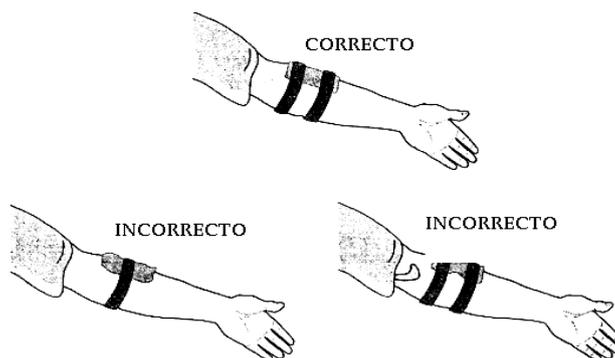


Figura 5.4

El tamaño de los electrodos debe ser elegido de acuerdo al tipo de corriente y la zona en que van a ser aplicados. Normalmente se emplearán dos electrodos, de manera que uno haga de activo (más pequeño) donde se concentrarán más los efectos de la corriente y el otro electrodo será el pasivo o masa (más grande). En otras ocasiones, las exigencias de la técnica de tratamiento nos obligarán a hacerlo con dos electrodos iguales en tamaño, evaluando como es de esperarse cada situación por un especialista.

Aplicación de los electrodos.

Los electrodos pueden aplicarse de tres formas distintas: monopolar, bipolar o contralateral

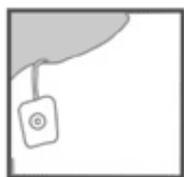


Figura 5.5



Figura 5.6

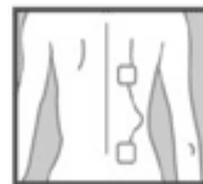


Figura 5.7

Si es monopolar, el electrodo activo será bastante más pequeño que el electrodo masa y se colocará sobre un punto nervioso coincidiendo con una zona de acercamiento de los nervios respectivamente.

Para la aplicación bipolar (los electrodos deben de estar en el origen y en el final de la masa muscular) normalmente los electrodos son semejantes en tamaño, aunque el electrodo activo puede ser más pequeño que el neutro.

La aplicación contralateral se usará más para la electroestimulación ó efectos sensitivos. Los electrodos pueden tener igual tamaño, pero si deseamos que uno actúe como activo, este será el menor.

Para mejorar la precisión y eficacia en nuestros tratamientos, es recomendable tener siempre a la mano material para diseñar y construir electrodos de acuerdo con las circunstancias de cada paciente. Para ello, con disponer de tijeras, base de goma conductora y gasas es suficiente.

Una forma rápida de construir un electrodo puede consistir en:

- a) Cortar un cuadro de gasas o gamuza cuatro veces mayor al tamaño deseado para el electrodo.
- b) Se le practican dos dobleces para aumentar el grosor del almohadillado.
- c) Se colocan los electrodos recortando (con las puntas redondeadas y más pequeño que la gamuza) dejando tres capas para el paciente y una para el exterior.

Para nuestro equipo se colocaran los electrodos tanto de forma bipolar como de forma contralateral ya que como se explica en párrafos anteriores los electrodos son del mismo tamaño y porque alguno de los dos puede utilizarse como electrodo activo. Otra ventaja es que podemos intercambiar los electrodos para obtener un cambio de polaridad logrando con esto contracciones más selectivas o que pueda implicarse una rama nerviosa que contenga mayor eficiencia motora.

Como dato adicional se anexa un resumen de puntos nerviosos del cuerpo humano. Haciendo la reiteración de que no es adecuado pensar que cada músculo posee un único punto motor pues en ocasiones son varios. A la hora de explorar o de tratar, necesitamos hacerlo sobre zonas determinadas del músculo, en lugar de cubrirlo por completo. Por ello es necesario localizar puntos precisos y correctos.

En las figuras anatómicas las superficies negras cuadradas representan los puntos motores musculares, mientras que los círculos reflejan algunos puntos motores nerviosos.

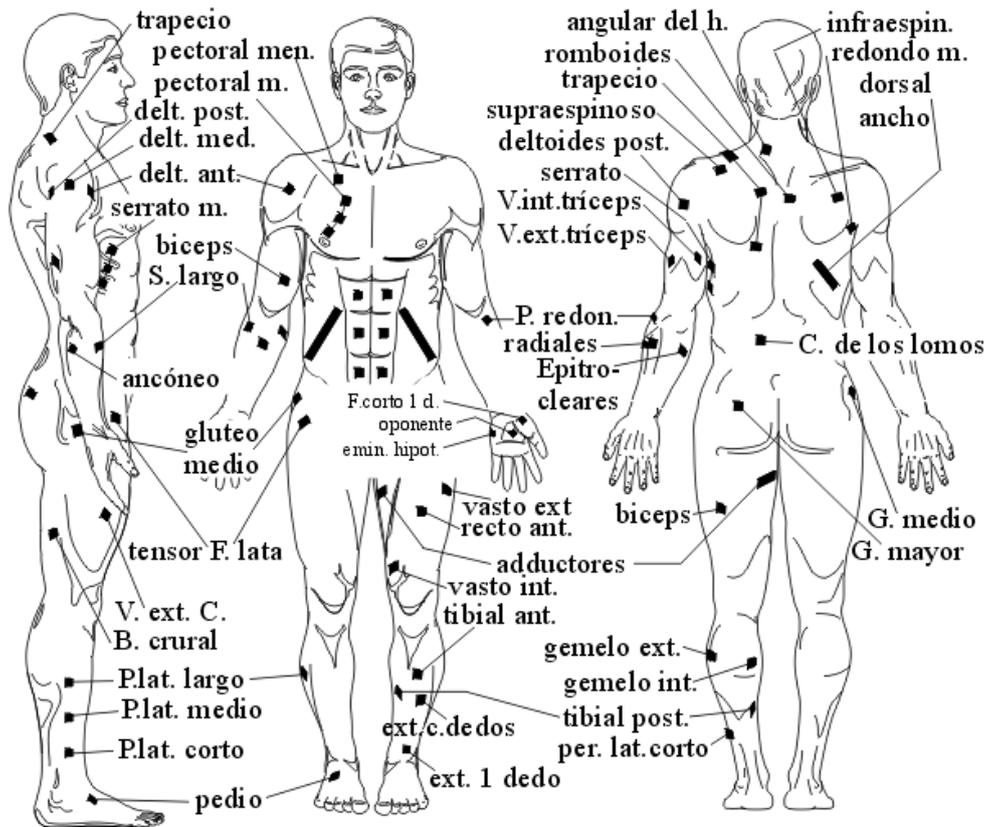


Figura 5.9

Etapa de control.

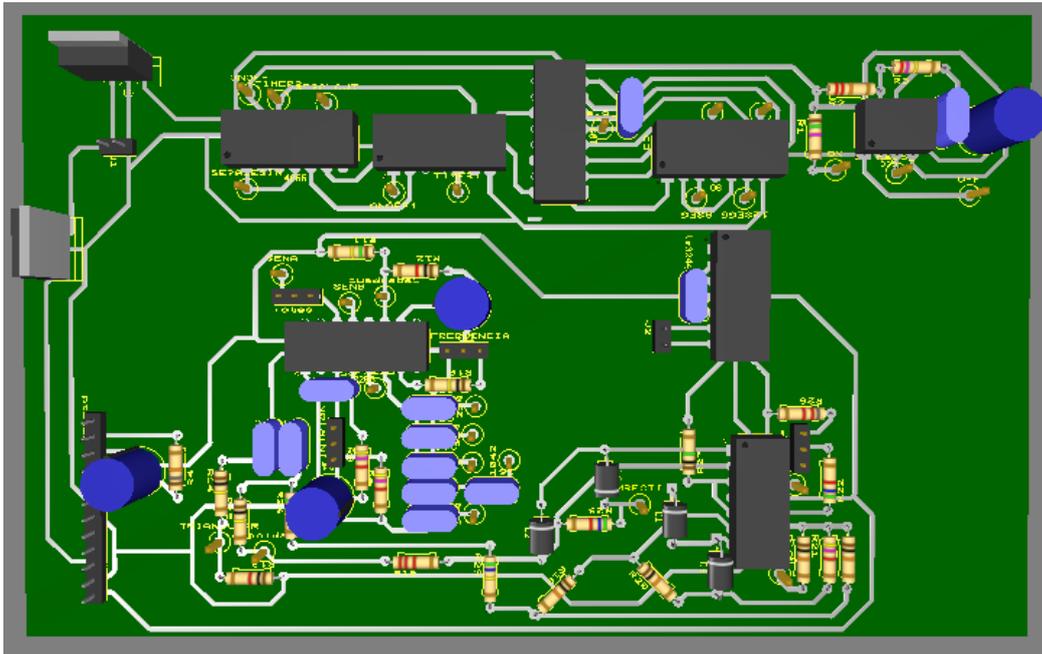


Figura 6.0

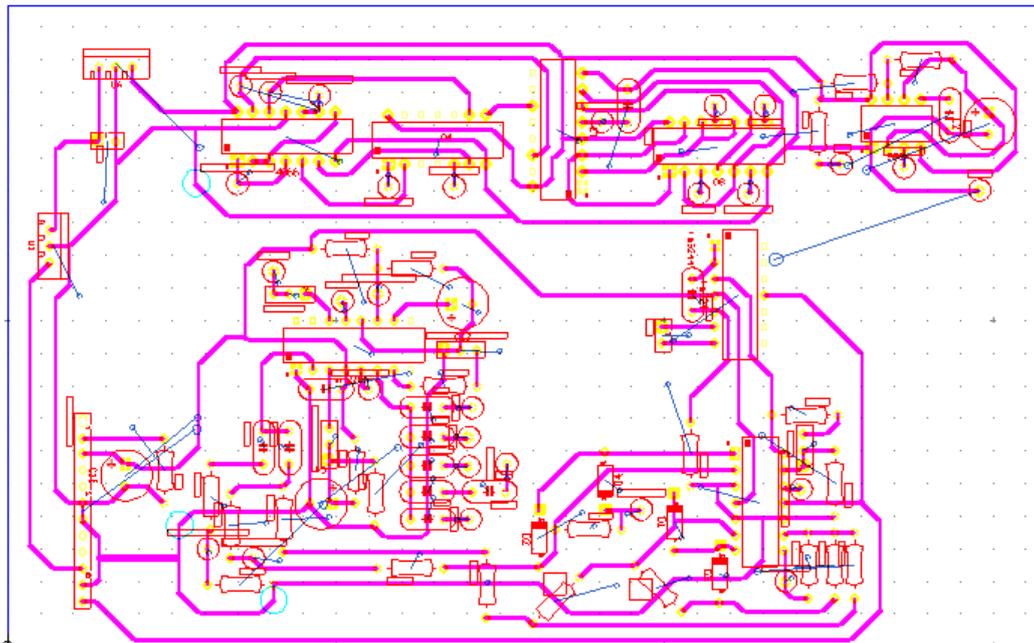


Figura 6.1

Etapa de potencia.

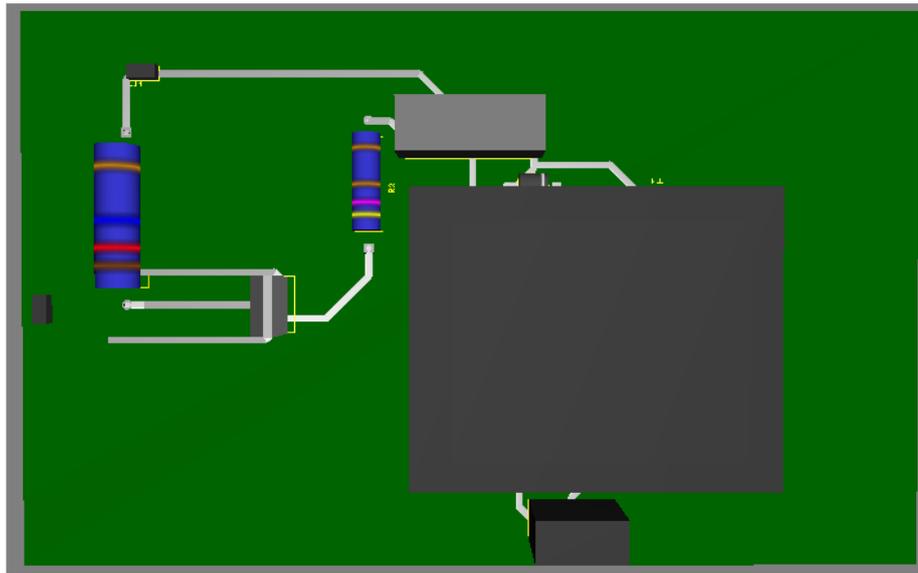


Figura 6.2

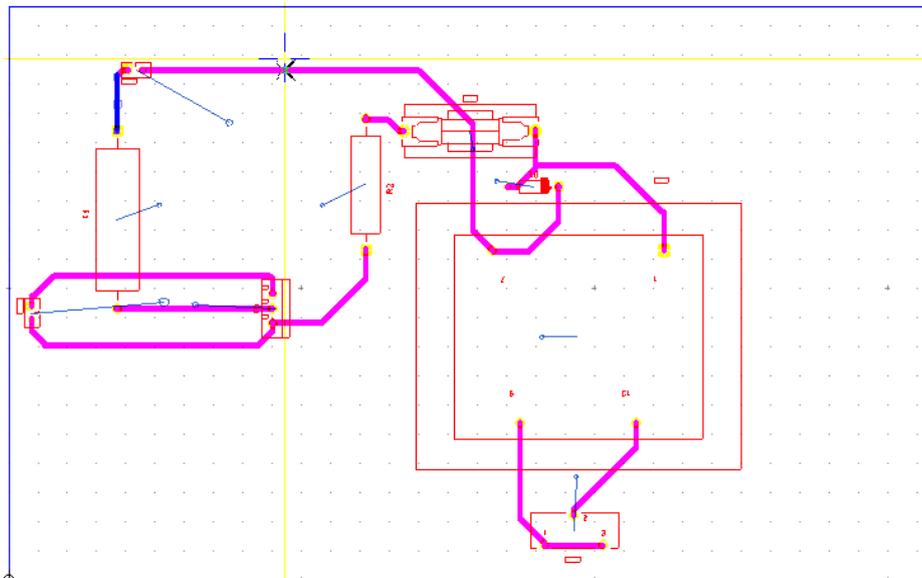


Figura 6.3

PRUEBAS, RESULTADOS Y CONCLUSIONES.

a) Pruebas de Funcionamiento.

1. Formas de onda.

La forma de onda más común es una onda cuadrada, equilibrada, simétrica, bifásica con valor medio igual a cero del componente neto de corriente directa. El área debajo de la onda positiva es igual al área debajo de la onda negativa. No hay reacciones adversas de cualquier tipo debido al uso.

Además de ésta forma de onda contamos con 4 tipos más; onda triangular bifásica, senoidal, monofásica fija y bifásica fija.

Onda Cuadrada.

Forma de onda rectangular, es una corriente unidireccional (un solo sentido) puede producir estimulación fuerte de las fibras nerviosas de la piel y del músculo. Muy utilizada en unidades de estimulación portátiles.

Modo de salida.....Electrodos.
Intensidad de Salida.....0 -350 mA.
Duración de la fase..... 0.50 s – 5.0 ms.
Frecuencia.....2 –200 Hz.
Tiempo de tratamiento.....1 – 60min.

Onda Triangular.

Forma de onda bifásica triangular (la cual contiene tanto un lóbulo positivo como negativo), es una corriente unidireccional (un solo sentido). Muy utilizada en caso de flacidez muscular y de parálisis neuromuscular.

Modo de salida.....Electrodos.
Intensidad de Salida.....0 -500 mA.
Duración de la fase..... 0.50 s – 5.0 ms.
Frecuencia.....2 – 200 Hz.
Tiempo de tratamiento.....1 – 60min.

Onda Senoidal.

Forma de onda bifásica sinusoidal (la cual contiene tanto un lóbulo positivo como negativo), es una corriente unidireccional (un solo sentido). Muy útil si un músculo está en estado degenerativo, éste puede activarse por una terapia persistente y estimuladora.

Modo de salida.....Electrodos.
Intensidad de Salida.....0 -500 mA.
Duración de la fase..... 0.50 s – 5.0 ms.
Frecuencia.....2 – 200 Hz.
Tiempo de tratamiento.....1 – 60min.

Monofásica Fija.

Forma de onda diadinámica, siendo una corriente sinusoidal de alterna rectificada de media onda, logrando obtener una corriente unidireccional (un solo sentido). Usada como tónico de los músculos así como también en lugares dolorosos muy definidos llamados puntos trigger.

Modo de salida.....Electrodos.
Intensidad de Salida.....0 -350 mA.
Duración de la fase..... 0.50 s – 5.0 ms.
Frecuencia.....2 – 200 Hz.
Tiempo de tratamiento.....1 – 60min.

Bifásica fija.

Es una corriente sinusoidal de alterna rectificada de onda completa. Al no existir pausas entre las impulsiones, es prácticamente una corriente continua pulsante. Tiene la ventaja de servir como analgésico durante un periodo de tiempo corto y así como sedante sobre el sistema simpático.

Modo de salida.....Electrodos.
Intensidad de Salida.....0 -350 mA.
Duración de la fase..... 0.50 s – 5.0 ms.
Frecuencia.....2 – 200 Hz.
Tiempo de tratamiento.....1 – 60min.

2. Amplitud en relación con el nivel de estimulación.

Para los niveles de estimulación encontramos diferentes niveles para indicar la amplitud necesaria para obtener una estimulación selectiva eficaz. Cuando le aplicamos el TENS a una persona sana (nosotros), y se va aumentando lentamente la amplitud se van a producir las reacciones, se pueden presentar las reacciones siguientes:

- a) Se alcanza el umbral de sensibilidad.
- b) Se alcanza el umbral de excitación.
- c) Se alcanza el umbral de dolor, experimentando el paciente contracciones y dolor.

Esta técnica se utiliza en todas las aplicaciones de corrientes eléctricas para verificar la sensibilidad del paciente. Aunque mencionaremos las dos clasificaciones más utilizadas para indicar la amplitud correcta.

3. Clasificación que se basa en la sensación provocada en el paciente y según los niveles de estimulación sensorial y motora.

En nuestro caso referimos cada uno de nosotros los siguientes niveles:

- ✓ Sensibilidad subliminal: Es un nivel de estimulación, en que la amplitud casi no se percibe.
- ✓ Sensibilidad liminal: Es un nivel de estimulación, en que la amplitud se percibe apenas.
- ✓ Sensibilidad supraliminal: Nivel de estimulación, en que la amplitud se percibe claramente.
- ✓ Nivel de tolerancia: Nivel de estimulación, en que la amplitud alcanza el umbral de tolerancia.

Desgraciadamente esta clasificación tiene como desventaja principal de que el aplicador del tratamiento depende de la información dada por el paciente, además que no se considera la actividad motora.

Para los niveles de estimulación sensorial y motora encontramos los siguientes niveles y características:

- ✓ Nivel de estimulación subsensorial.
- ✓ Nivel de estimulación sensorial.
- ✓ Nivel de estimulación motora: Contracciones motoras visibles.
- ✓ Umbral de tolerancia: Contracciones musculares fuertes, casi dolorosas.
- ✓ Umbral de dolor.

Esta clasificación resulta más práctica y útil. De cualquier manera queda como interrogante de saber si el nivel motor se encuentra efectivamente debajo del umbral de tolerancia. En condiciones donde se sufra de alguna patología puede de cierta manera cambiar la secuencia que se mencionó con anterioridad, debido a factores como el tipo de patología, la sensibilidad del paciente y el trofismo de la piel, dando como resultado la dificultad de indicar valores exactos para los límites entre los diferentes niveles de estimulación.

4. Frecuencia de las señales.

La frecuencia de las señales puede ajustarse como máximo entre 5 y 200 Hz. De esta manera se pueden estimular selectivamente las fibras nerviosas de mayor a menor grosor en sus respectivas frecuencias naturales, es decir, en la frecuencia propia de cada una de las fibras nerviosas. Como es sabido y expuesto en los temas anteriores la frecuencia entre 50 y 100 Hz es la más eficaz para amortiguar el dolor Ericsson y Sjölund en 1981 demostraron en investigaciones experimentales que una frecuencia de 80 Hz es la más eficiente para combatir el dolor.

5. Duración y forma de la señal.

La duración de las señales elegida para el comienzo del tratamiento suele ser breve de 16 a 33 ms. Se ha optado por esta duración con el fin de conseguir un estímulo eficaz para cualquier tipo de fibra muscular consiguiendo resultados sensitivos adecuados y soportables para cada uno de nosotros.

La forma de la señal cuadrada es completamente rectangular sin líneas oblicuas lo que garantiza su eficacia. Por otro lado en cada una de las formas de ondas no se ha percibido variación alguna en su composición obteniendo sensaciones distintas en cada una de ellas ya que en cada uno de los casos la forma de la señal es diferente. Se obtiene un valor componente de corriente directa igual a cero o en su caso extremadamente pequeño con un valor aproximado de 0.01 mV.

6. Electrodo.

Utilizamos electrodos de propósitos generales muy comunes en la mayor parte de las veces por los equipos biomédicos son de goma de silicón con látex, impregnada de carbono. **Para nuestro equipo utilizamos electrodos de 5cm de ancho por 5cm de largo (ambos electrodos son del mismo tamaño y dimensiones) marca Valutrode cuya disipación de potencia es de 0.1 Watts/cm²**, en nuestro caso no fue necesario utilizar gel electro conductor ya que los electrodos cuentan con una pequeña base de dicho gel para su uso inmediato. Pero para la realización de estas pruebas se utilizó gel electro conductor para obtener mejores resultados tanto de sensación como de conducción de las señales eléctricas.

Por fortuna ninguno de los involucrados en la pruebas presentó reacción alérgica a los electrodos aunque como se indicó en el párrafo anterior es esencial que se utilice gel electro conductor aunque otro medio no tan efectivo es el gel de ultrasonidos ya que no posee las mismas propiedades de cohesión que el gel específico para la electroestimulación. Este último es recomendado ya que se mantendrá extendido sobre la almohadilla del electrodo durante las estimulaciones prolongadas, mientras que los otros geles no recomendados se secan y se concentrarán en el centro de la almohadilla. Como dato adicional este gel electro conductor tiene propiedades cohesivas, hipoalérgicas y de alta conducción eléctrica y esta destinado específicamente para ser usado por unidades TENS.

La colocación de los electrodos fue y es de suma importancia para conseguir una estimulación eficaz. Antes de iniciar las pruebas fue necesario localizar un área afectada en alguno de nosotros además fue necesario conseguir la sensación cutánea adecuada. Los estímulos se aplicaron en la zona afectada, no obstante por recomendación de los fisioterapeutas, en determinadas ocasiones dichos estímulos no pueden o no deben aplicarse localmente. En estos casos puede seguirse algunos de los siguientes procedimientos:

- Aplicación segmental.
- Estimulación de los puntos "trigger".
- Estimulación del sistema vegetativo.
- Estimulación de los puntos de acupuntura.

A continuación se describen brevemente las distintas formas de aplicación de los electrodos, de todos modos, nuestra experiencia con el equipo se baso solo en la primera de estas formas, aunque será la experiencia de cada fisioterapeuta la que determine la colocación de los electrodos dependiendo de la patología que se vaya a tratar:

- ◆ *Aplicación en el punto de dolor:* Para este tratamiento se aplica directamente el cátodo (-) al punto de dolor y el ánodo (+) a un punto inmediatamente próximo.
- ◆ *Aplicación en nervio:* Ambos electrodos sobre la piel en el recorrido del nervio. En general el cátodo (-) se coloca en posición distal respecto al ánodo (+).
- ◆ *Aplicación vasotrópica:* En caso de desórdenes periféricos los electrodos se colocan a lo largo de un vaso sanguíneo superficial. Nuevamente el cátodo (-) se coloca en posición distal respecto al ánodo.
- ◆ *Aplicación segmental:* En este caso se realiza a través de un segmento de la piel. El ánodo (+) se coloca en el segmento a tratar, próximo a la médula espinal. El cátodo (-) se coloca en posición periférica o caudal respecto al segmento a tratar.
- ◆ *Aplicación tranregional:* En esta forma de tratamiento se expone a la corriente una determinada zona del cuerpo. Este es el principal modo de aplicación en el tratamiento de las articulaciones. El tratamiento de las articulaciones de la médula espinal es una forma especial de tratamiento transregional, también conocido como aplicación paravertebral. Los electrodos se colocan a ambos lados de la espina dorsal, con el cátodo en el punto más aquejado de dolor.
- ◆ *Aplicación miogénica:* En este caso se trata tejido muscular. Ambos electrodos se colocan en la piel sobre el músculo a tratar, con el cátodo (-) en el punto más doloroso.

7. Manejo.

El TENS puede empezar a funcionar una vez fijados correctamente los electrodos a la piel. En primer lugar es de suma importancia informarle al paciente como funciona el aparato y que sensación le producirá la estimulación, haciendo hincapié que no puede hacerles daño ya que como es de esperarse a la mayoría de los pacientes les asusta el término corriente eléctrica.

Hay que señalar que la única manera en que el paciente puede percibir una experiencia desagradable es si se manipula el aparato de una forma incorrecta lo cual producirá en algunos casos una subida o bajada de intensidad. Sin embargo, esto no es posible con aparatos más sofisticados ya que disponen de pantallas protectoras o botones de presión que protegen al paciente de estas posibles fallas.

Con todos los controles puestos a su nivel mínimo procedemos a encender el aparato y se va incrementando la amplitud hasta que el paciente perciba una sensación de pulsación. Enseguida se debe manipular la frecuencia de la señal de mínimo a máximo para mostrarle la gama al paciente (en este caso a nosotros mismos). Entonces se le puede pedir al paciente que varíe la intensidad hasta encontrar el nivel más confortable y más eficaz para aliviar el dolor.

Generalmente el paciente deja de percibir los estímulos al cabo de unos minutos y es necesario subir la intensidad hasta que se vuelva a sentir la estimulación. Hay que instruir al paciente al principio que el estímulo no tiene que ser fuerte para ser eficaz, no debiendo ser ni demasiado fuerte ni doloroso.

Como dato adicional se puede aumentar la intensidad del estímulo aumentando la anchura de la señal. Sin embargo, esto puede estimular algunas fibras motoras provocando un efecto no necesario.

8. Seguridad, contraindicaciones básicas y relativas.

El uso del TENS es extremadamente seguro; las contraindicaciones generalmente se basan en el sentido común, los más comunes incluyen:

- ❖ Deben indicarse responsablemente los objetivos a conseguir.
- ❖ Debe observarse y preguntar sobre las respuestas obtenidas al paciente y aclarar sus dudas en caso de tenerlas.
- ❖ Es recomendable estar pendiente de la evolución del paciente a lo largo de la sesión e interrumpirla en caso de requerirla.
- ❖ Se debe comprobar antes de cada inicio de sesión que los electrodos que se van a utilizar están en correcto estado.
- ❖ Es de suma importancia verificar la correcta fijación de los electrodos.
- ❖ No es recomendable en personas que utilicen marcapasos o padezcan enfermedades del corazón o arritmias (a menos que lo recomiende el cardiólogo después de evaluar al paciente).
- ❖ No deben utilizarlo personas que sufran o padezcan dolor sin diagnosticar (a menos que lo recomiende un médico después de evaluar al paciente).
- ❖ Su uso no es apto en personas que padezcan epilepsia, sin consultar los cuidados y consejos necesarios con el médico.
- ❖ No es recomendable su utilización durante los tres primeros meses del embarazo.
- ❖ No debe utilizarse en la boca.
- ❖ No debe utilizarse sobre el trayecto de la arteria carótida.
- ❖ Debe abstenerse su uso en zonas donde la piel este lesionada o sobre la piel anestesiada.
- ❖ Es inadecuado su uso sobre el abdomen durante el desarrollo del embarazo.
- ❖ No es recomendable su uso cerca de los ojos.

Existen pocos datos que apoyen la afirmación de algunos fabricantes de que no se debe utilizar durante le embarazo, algunos estudios han demostrado que es inofensivo el uso del TENS durante el embarazo.

De hecho, muchos fisioterapeutas obstétricos recomiendan el uso de TENS en lugar de fuertes medicamentos analgésicos durante el embarazo y la lactancia (Polden 1994). Resumiendo y en espera de más estudios, el uso de TENS puede aplicarse en zonas que no sea el abdomen de la embarazada, como podría ser por ejemplo el cuello (Mannheimer y Lampe, 1984)

Los principios de seguridad incluyen:

- * Mantener el aparato fuera del alcance de los niños.
- * No utilizar el equipo mientras se maneja aparatos potencialmente peligrosos ni vehículos.
- * Apagar el aparato antes de colocar y quitar los electrodos.
- * Después de la aplicación prolongada, puede ocurrir irritación local de la piel o una reacción alérgica debajo o alrededor de los electrodos después de la estimulación.
- * Se asegura el cuidado de la piel si la zona de aplicación y los electrodos se lavan después de la estimulación para evitar irritación excesiva y para que no se pudra la goma del electrodo.

La respuesta alérgica y la irritación de la piel constituyen el problema de uso más corriente con este tipo de equipos. Hay muchas razones por las cuales no se debe usar este tipo de terapias pero consideramos que es una de las técnicas para el alivio del dolor menos invasivas.

Un dato importante no abordado por nosotros en la implementación del prototipo fue el relacionado a las pruebas y normas referentes a seguridad eléctrica del equipo, puesto que al no contar con el equipo necesario y la norma respectiva, se relegó el tema, sin darle la seriedad necesaria. Dado que se deja abierta la posibilidad de modificación del equipo se conmina a que se realicen dichas pruebas con el fin de brindar la seguridad y certeza que el prototipo cumple con los estatutos internacionales tanto de seguridad como de calidad.

Junto con esto, se realizó el apéndice correspondiente con la única razón de informar al lector el nombre y características de la norma a seguir, además de cada una de las pruebas a realizarse y los requerimientos de cada una de estas. Sin embargo es de vital importancia la posibilidad de la adquisición de la norma, ya que esta dará la pauta a seguir, y por consiguiente, no existirá la posibilidad de una sanción en caso del mal desempeño del equipo si se llegará a presentar algún desperfecto.

NOTA: *Verificar apéndice sobre pruebas y normas internacionales relacionadas con la seguridad eléctrica.*

b) Resultados.

Puede que no sea posible cambiar el comportamiento total del dolor sino solamente algunas facetas de sus características.

Un análisis cuantitativo del dolor utilizando una escala analógica de 10cm puede ser una buena manera de medir el alivio objetivo del dolor en sesiones sucesivas de tratamiento pero en este caso se utilizará para ver el desempeño del equipo.

Nombre: Salvador Altamirano Andrés	Fecha: 04.02.08 al 08.02.08
Fecha: 04.02.08	
Antes de la estimulación.	No dolor 0... 1... 2... 3... 4... 5... 6... 7... 8... 9... 10... Máximo dolor.
Después de la estimulación.	No dolor 0... 1... 2... 3... 4... 5... 6... 7... 8... 9... 10... Máximo dolor.
Fecha: 05.02.08	
Antes de la estimulación.	No dolor 0... 1... 2... 3... 4... 5... 6... 7... 8... 9... 10... Máximo dolor.
Después de la estimulación.	No dolor 0... 1... 2... 3... 4... 5... 6... 7... 8... 9... 10... Máximo dolor.
Fecha: 06.02.08	
Antes de la estimulación.	No dolor 0... 1... 2... 3... 4... 5... 6... 7... 8... 9... 10... Máximo dolor.
Después de la estimulación.	No dolor 0... 1... 2... 3... 4... 5... 6... 7... 8... 9... 10... Máximo dolor.
Fecha: 07.02.08	
Antes de la estimulación.	No dolor 0... 1... 2... 3... 4... 5... 6... 7... 8... 9... 10... Máximo dolor.
Después de la estimulación.	No dolor 0... 1... 2... 3... 4... 5... 6... 7... 8... 9... 10... Máximo dolor.
Fecha: 08.02.08	
Antes de la estimulación.	No dolor 0... 1... 2... 3... 4... 5... 6... 7... 8... 9... 10... Máximo dolor.
Después de la estimulación.	No dolor 0... 1... 2... 3... 4... 5... 6... 7... 8... 9... 10... Máximo dolor.

Por el contrario si usamos una puntuación del tipo verbal de 0 a 10 tiene la desventaja de ser menos precisa, aunque sigue siendo un punto de partida útil desde el cual evaluar el desempeño del equipo y la sesión de tratamiento. Una evaluación o puntuación antes de cada prueba ayuda, utilizamos una semana de prueba ya que es necesario obtener datos precisos del dolor y la disminución del mismo además de un registro de la colocación de los electrodos (esto último es esencial para dejar constancia de colocaciones sucesivas).

Por otro lado tratamos de colocar los electrodos en el mismo sitio con el fin de obtener éxito y resultados más veraces aunque siempre puede haber mejoras con la asesoría de un experto en cuanto a la técnica y a la colocación de los mismos.

Por este motivo fue necesario implementar otra tabla en la que incluimos el tiempo de tratamiento, la colocación de electrodos, los parámetros utilizados y la respuesta. Aunque también incluimos una columna de comentarios con el fin de encontrar alguna anomalía o reacciones físicas.

A su vez tratamos de comenzar las pruebas al inicio de la semana para evitar periodos largos sin estimulación de la zona además de no poder realizar dichas pruebas en fin de semana por diversos factores.

Fecha	Numero de Prueba	Hora de Comienzo	Hora de Terminación	Posición de los Electrodo	Comentarios
04.02.08	01	11:30 a.m.	12:00 p.m.	Músculos gemelos de la pierna izquierda.	Sensación de cosquilleo y disminución del dolor.
05.02.08	02	11:30 a.m.	12:00 p.m.	Músculos gemelos de la pierna izquierda.	Disminución significativa del dolor.
06.02.08	03	11:30 a.m.	12:00 p.m.	Músculos gemelos de la pierna izquierda.	Sensación de relajación
07.02.08	04	11:30 a.m.	12:00 p.m.	Músculos gemelos de la pierna izquierda.	Sin muestras de dolor en la parte afectada.
08.02.08	05	11:30 a.m.	12:00 p.m.	Músculos gemelos de la pierna izquierda.	Sin muestras de dolor en la parte afectada.

A su vez se realizó un estudio comparativo con los manuales de operación y con las especificaciones obtenidas de diversos TENS con el fin de verificar los rangos operativos de nuestro equipo y los de uso comercial utilizados en el Hospital de Jesús del Distrito Federal. Cabe hacer notar que el equipo utilizado para las pruebas fue el de la marca interferencial ya que los demás, al ser equipos de alto costo monetario no se nos permitió hacer pruebas con estos, solo se nos facilitaron los manuales junto con características generales de dichos equipos.

Especificaciones	FIDO	INTELECT	INTERFERENCIAL	PROYECTO
Fuente de Voltaje.	9 V	4.8 V	9 V	12 V
Numero de Canales.	2	2	2	1
Numero de Formas de Onda.	1	14	1	5

Frecuencia.	2-150 Hz	0.1- 1 KHz	1- 250 Hz	2-200 Hz
Ancho de pulso.	30- 260 us		1- 4 ms	0.5 -5 ms
Voltaje de Salida.	0- 7 V		0- 8 V	0- 8V
Intensidad de Corriente.	14 mA	200 mA	100 mA	500 mA
Salida.	Electrodos	Electrodos	Electrodos	Electrodos
Tiempo de Sesión.	0- 60 min	0- 60 min	0- 60 min	0- 60 min

Como dato adicional se realizaron pruebas en 3 personas diferentes con el fin de obtener las variaciones tanto de sensación como de funcionamiento del equipo. En cada una de ellas se aplicaron las 5 señales durante tiempos iguales, para corroborar las diferentes sensaciones de las señales y así observar los diferentes efectos sobre un músculo en común del antebrazo.

Nombre: Canales Luna Luis	Fecha: 05.04.08 al 09.04.08
Fecha: 05.04.08	
Antes de la estimulación.	No dolor 0... 1... 2... 3... 4... 5... 6... 7... 8... 9... 10... Máximo dolor.
Después de la estimulación.	No dolor 0... 1... 2... 3... 4... 5... 6... 7... 8... 9... 10... Máximo dolor.
Fecha: 06.04.08	
Antes de la estimulación.	No dolor 0... 1... 2... 3... 4... 5... 6... 7... 8... 9... 10... Máximo dolor.
Después de la estimulación.	No dolor 0... 1... 2... 3... 4... 5... 6... 7... 8... 9... 10... Máximo dolor.
Fecha: 07.04.08	
Antes de la estimulación.	No dolor 0... 1... 2... 3... 4... 5... 6... 7... 8... 9... 10... Máximo dolor.
Después de la estimulación.	No dolor 0... 1... 2... 3... 4... 5... 6... 7... 8... 9... 10... Máximo dolor.
Fecha: 08.04.08	
Antes de la estimulación.	No dolor 0... 1... 2... 3... 4... 5... 6... 7... 8... 9... 10... Máximo dolor.
Después de la estimulación.	No dolor 0... 1... 2... 3... 4... 5... 6... 7... 8... 9... 10... Máximo dolor.
Fecha: 09.04.08	
Antes de la estimulación.	No dolor 0... 1... 2... 3... 4... 5... 6... 7... 8... 9... 10... Máximo dolor.
Después de la estimulación.	No dolor 0... 1... 2... 3... 4... 5... 6... 7... 8... 9... 10... Máximo dolor.

Fecha	Tipo de Onda	Hora de Comienzo	Hora de Terminación	Posición de los Electrodo	Sensación
05.04.08	Cuadrada	13:30 a.m.	13:35 p.m.	Músculos flexores de la muñeca y los dedos.	Cosquilleo, parecido a tic nervioso sobre los electrodos.
06.04.08	Monofásica	13:35 a.m.	13:40 p.m.	Músculos flexores de la muñeca y los dedos.	Hormigueo sensación de corriente entre los dos electrodos.
07.04.08	Bifásica	13:40 a.m.	13:45 p.m.	Músculos flexores de la muñeca y los dedos.	Hormigueo suave entre los electrodos.
08.04.08	Senoidal	13:45 a.m.	13:50 p.m.	Músculos flexores de la muñeca y los dedos.	Hormigueo generalizado en todo el brazo.
09.04.08	Triangular	13:50 a.m.	13:55 p.m.	Músculos flexores de la muñeca y los dedos.	Piquetes sobre la zona de electrodos y hormigueo generalizado en todo el brazo.

Nombre: Chávez Aguirre Fabián.	Fecha: 05.04.08 al 09.04.08
Fecha: 05.04.08	
Antes de la estimulación.	No dolor 0... 1... 2... 3... 4... 5... 6... 7... 8... 9... 10... Máximo dolor.
Después de la estimulación.	No dolor 0... 1... 2... 3... 4... 5... 6... 7... 8... 9... 10... Máximo dolor.
Fecha: 06.04.08	
Antes de la estimulación.	No dolor 0... 1... 2... 3... 4... 5... 6... 7... 8... 9... 10... Máximo dolor.
Después de la estimulación.	No dolor 0... 1... 2... 3... 4... 5... 6... 7... 8... 9... 10... Máximo dolor.
Fecha: 07.04.08	
Antes de la estimulación.	No dolor 0... 1... 2... 3... 4... 5... 6... 7... 8... 9... 10... Máximo dolor.
Después de la estimulación.	No dolor 0... 1... 2... 3... 4... 5... 6... 7... 8... 9... 10... Máximo dolor.
Fecha: 08.04.08	
Antes de la estimulación.	No dolor 0... 1... 2... 3... 4... 5... 6... 7... 8... 9... 10... Máximo dolor.
Después de la estimulación.	No dolor 0... 1... 2... 3... 4... 5... 6... 7... 8... 9... 10... Máximo dolor.
Fecha: 09.04.08	
Antes de la estimulación.	No dolor 0... 1... 2... 3... 4... 5... 6... 7... 8... 9... 10... Máximo dolor.
Después de la estimulación.	No dolor 0... 1... 2... 3... 4... 5... 6... 7... 8... 9... 10... Máximo dolor.

Fecha	Tipo de Onda	Hora de Comienzo	Hora de Terminación	Posición de los Electrodo	Sensación
05.04.08	Cuadrada	13:00 p.m.	13:05 p.m.	Músculos flexores de la muñeca y los dedos.	Tic nervioso y presión sobre los electrodos.
06.04.08	Monofásica	13:05 p.m.	13:10 p.m.	Músculos flexores de la muñeca y los dedos.	Hormiguelo sensación mínima entre los dos electrodos.
07.04.08	Bifásica	13:10 p.m.	13:15 p.m.	Músculos flexores de la muñeca y los dedos.	Barrido suave y constante entre los electrodos.
08.04.08	Senoidal	13:15 p.m.	13:20 p.m.	Músculos flexores de la muñeca y los dedos.	Sensación de corriente generalizada en todo el brazo.
09.04.08	Triangular	13:20 p.m.	13:25 p.m.	Músculos flexores de la muñeca y los dedos.	Piquetes sobre la zona de electrodos.

Nombre: Rivera Colín Luis.	Fecha: 05.04.08 al 09.04.08
Fecha: 05.04.08	
Antes de la estimulación.	No dolor 0... 1... 2... 3... 4... 5... 6... 7... 8... 9... 10... Máximo dolor.
Después de la estimulación.	No dolor 0... 1... 2... 3... 4... 5... 6... 7... 8... 9... 10... Máximo dolor.
Fecha: 06.04.08	
Antes de la estimulación.	No dolor 0... 1... 2... 3... 4... 5... 6... 7... 8... 9... 10... Máximo dolor.
Después de la estimulación.	No dolor 0... 1... 2... 3... 4... 5... 6... 7... 8... 9... 10... Máximo dolor.
Fecha: 07.04.08	
Antes de la estimulación.	No dolor 0... 1... 2... 3... 4... 5... 6... 7... 8... 9... 10... Máximo dolor.
Después de la estimulación.	No dolor 0... 1... 2... 3... 4... 5... 6... 7... 8... 9... 10... Máximo dolor.
Fecha: 08.04.08	
Antes de la estimulación.	No dolor 0... 1... 2... 3... 4... 5... 6... 7... 8... 9... 10... Máximo dolor.
Después de la estimulación.	No dolor 0... 1... 2... 3... 4... 5... 6... 7... 8... 9... 10... Máximo dolor.
Fecha: 09.04.08	
Antes de la estimulación.	No dolor 0... 1... 2... 3... 4... 5... 6... 7... 8... 9... 10... Máximo dolor.
Después de la estimulación.	No dolor 0... 1... 2... 3... 4... 5... 6... 7... 8... 9... 10... Máximo dolor.

Fecha	Tipo de Onda	Hora de Comienzo	Hora de Terminación	Posición de los Electrodo	Sensación
05.04.08	Cuadrada	14:30 p.m.	14:35 p.m.	Músculos flexores de la muñeca y los dedos.	Pulsos y sensación de trabajo sobre los electrodos.
06.04.08	Monofásica	14:35 p.m.	14:40 p.m.	Músculos flexores de la muñeca y los dedos.	Cosquilleo sensación de trabajo entre los dos electrodos.
07.04.08	Bifásica	14:40 p.m.	14:45 p.m.	Músculos flexores de la muñeca y los dedos.	Cosquilleo alrededor de la palma de la mano.
08.04.08	Senoidal	14:45 p.m.	14:50 p.m.	Músculos flexores de la muñeca y los dedos.	Vibración en todo el brazo y sobre los electrodos.
09.04.08	Triangular	14:50 p.m.	14:55 p.m.	Músculos flexores de la muñeca y los dedos.	Calentamiento y vibración profunda en el musculo del antebrazo.

1. Ventajas y Desventajas.

Es importante tener en cuenta los parámetros básicos y factores a la hora de evaluar nuestro equipo, dentro de los principales tenemos a favor los siguientes:

- * Es compacto, pequeño y ligero de peso.
- * Es robusto y duradero.
- * Cuenta con controles fáciles de utilizar además de protecciones para evitar golpes accidentales.
- * Cuenta con cables resistentes que no se rompen con facilidad.
- * Se le puede dar mantenimiento en caso de necesitarlo.
- * Proporciona diversos tipos de onda para proveer una correcta estimulación.
- * Proporciona una buena gama de frecuencias con las cuales se pueden obtener resultados acordes a los padecimientos más comunes.
- * Se implementó con dispositivos de uso más frecuente en el mercado.
- * Se contó con la asesoría de un especialista en el ramo durante su implementación con el fin de cumplir con las necesidades propuestas por el.
- * Puede rediseñarse en caso de requerir alguna mejora en su desempeño.

Dentro de los contras que ofrece el equipo encontramos:

- No cuenta con una amplia variedad de señales ya que los equipos especializados como los mencionados arriba pueden tener hasta 14 formas de onda diferentes.

- A pesar de ser portátil es necesario alimentarlo a la corriente eléctrica ya que se utiliza una corriente considerable para la estimulación la cual una pila recargable no nos podría proporcionar. Y es necesario el uso de una batería lo que incrementaría las dimensiones y peso del equipo significativamente.
- Solo se cuenta con un solo canal, lo cual en caso de requerirse estimulación en varios sitios del cuerpo humano se requiere esperar el término de la sesión para estimular los puntos siguientes.
- Solo se cuenta con dos tipos de señales interferenciales de mediana frecuencia lo cual en caso de requerir algún otro tipo de señal se requerirá utilizar otro equipo que si las posea.
- En el caso relacionado al transformador se realizaron los cálculos adecuados pero debido a que los fabricantes en su mayoría cuentan con conocimiento empírico no nos fue posible disminuir su tamaño a como hubiera sido lo deseable.
- Aunque el tamaño es pequeño en comparación con los electroestimuladores portátiles es ligeramente mayor en tamaño y peso.
- El prototipo no ha cumplido con las normas de seguridad eléctrica IEC 601-1 por lo que aunque su funcionamiento es el adecuado de acuerdo a las especificaciones requeridas por el usuario, se necesita la certeza de correcto desempeño del mismo bajo las normas internacionales tanto de calidad como de seguridad.

c) Conclusiones obtenidas.

El equipo básico de electroterapia que nos dimos por construir es un dispositivo que cumple con los objetivos para los que fue creado, con las condiciones técnicas que establecen los aparatos comerciales existentes y con la seguridad para las personas que lo emplean.

Es necesario entender que los TENS proporcionan una modalidad no-invasiva y barata para aliviar el dolor. Es de vital importancia que se controle y evalúe correctamente debido a que nos encontramos en un contexto donde la recuperación funcional completa es vital sin olvidarnos de la reducción del dolor crónico.

El dispositivo que desarrollamos, dado sus características, debe ser empleado con la supervisión médica, ya que las personas que tengan alguna deficiencia cardiaca, o que por prescripción médica no puedan tener agitaciones, podría resultar contraindicatorio, y en el mismo caso podrían estar personas que utilizan marcapasos. Por lo tanto, antes de la aplicación del tratamiento es conveniente que un médico lo apruebe.

La falta de información e instrucciones a los pacientes, del control y seguimiento necesarios les negará a los pacientes que padecen dolores crónicos, la oportunidad de apreciar plenamente el alcance en relación a su mejora con este pequeño aparato.

La colocación de los electrodos debe ser de tal forma, que según el músculo o grupo de músculos que requieren ser excitados, habrá de colocarse un electrodo en un extremo del músculo y el segundo en el otro extremo. Para la colocación de estos electrodos, por consiguiente, hay que tener conocimiento de la distribución y función de los músculos.

A su vez pudimos desarrollar de una manera simple, efectiva y económica un dispositivo, el cual como se expresó en líneas anteriores, es competitivo, de fácil manejo, utilizando tecnología comunmente encontrada en el mercado. Con esto se garantiza no solo su modificación en caso de necesitarla, si no que nos da la posibilidad de repararlo sin temor a alterar su funcionamiento, contando con la ventaja que el equipo desarrollado ha sido probado por un especialista en el ramo.

Por otro lado pudimos conocer y experimentar el manejo de equipos profesionales específicos de la rama de electroterapia, los cuales sirvieron como referencia para obtener el desempeño más óptimo del equipo desarrollado. No debemos dejar de lado los resultados obtenidos de las pruebas realizadas tanto en pacientes como en nosotros mismos ya que estas fueron de gran ayuda para observar y verificar que el prototipo implementado no solo funcionaba si no que realizaba su labor de ayudar a pacientes o personas que hayan sufrido alguna lesión o patología específica a tratar por la electroterapia.

Para concluir dejamos abierta la posibilidad de una mejora, por personas que deseen retomar el proyecto, puesto que como es de esperarse, la mejora en la tecnología empleada ayudará no solo a reducir su tamaño si no que como se espera, de una mayor eficiencia al dispositivo. A su vez la investigación realizada ayudó a conocer los diversos enfoques de la ingeniería en la medicina siendo este un ramo sumamente extenso el cual puede desarrollarse de muchas maneras con la investigación pertinente del problema a tratar o solucionar.

No hay que olvidarse del punto referente a la seguridad y certificación del prototipo bajo las normas internacionales establecidas, ya que si se requiere mejorar el proyecto solo bastaría con realizar las pruebas pertinentes mencionadas en la norma y comprobar el desempeño del mismo bajo diferentes circunstancias con la certeza de que no se corre peligro alguno en su uso tanto para el usuario como para el paciente.

Solo resta que el presente trabajo sea de utilidad para las personas que desean profundizar en el tema o que deseen comprender de manera general el funcionamiento de estos equipos sin dejar de lado las bases históricas y teóricas del desarrollo de los mismos.

APÉNDICE.

De entre todos los tipos de energía, es posiblemente la eléctrica la de más amplia difusión en las últimas décadas. Hoy día es difícil imaginar alguna de nuestras actividades ya sean laborales o domésticas sin la intervención directa o indirecta de la electricidad.

Para la mayor parte de las personas, el umbral de percepción de la piel a un estímulo producido por un ligero contacto con los dedos es aproximadamente 500 mA, a medida que aumenta la corriente aumentan las sensaciones de calor y picoteo, a la vez que aparecen contracciones musculares hasta que, finalmente, se alcanza un valor de intensidad de corriente en la que la persona no puede soltar el conductor. El valor de intensidad a la que la persona es aún capaz de soltar un conductor utilizando los músculos estimulados, se define como intensidad límite.

De conformidad con la normativa CE (93/42/CEE) a partir de junio de 1998, no podrá comercializarse ningún producto sanitario sin el marcado CE, que significa que la directiva obliga a todos los fabricantes a ofrecer sobre sus artículos una serie de garantías, entre la que figura la norma IEC 601-1 ó EN 60601-1 que regula las medidas de Seguridad Eléctrica de los Equipos Electromédicos.

Con el fin de ofrecer un servicio de máxima calidad basado en la normativa existente, se propone la inspección y comprobación de los equipos de acuerdo a la vigente normativa, que garantiza la seguridad a los usuarios y operadores de dichos equipos y garantizan que están dentro de las tolerancias aceptables a fin de obtener los resultados esperados en sus aplicaciones.

Es decir, cuando se adquiere un equipo para ser utilizado, éste ya habrá pasado por multitud de ensayos y comprobaciones para asegurar que se tenga un producto con el más alto nivel de seguridad y confianza posible.

De acuerdo con la norma IEC 601-1 a todos los equipos electromédicos se les debe de realizar las siguientes pruebas de seguridad eléctrica:

- Continuidad, tierra de protección.
- Resistencia de aislamiento entre alimentación y envolvente.
- Resistencia de aislamiento entre partes aplicadas y envolvente.
- Corriente de fuga a tierra (condiciones normales.)
- Corriente de fuga a tierra (alimentación abierta).
- Corriente de fuga a envolvente (condiciones normales.)
- Corriente de fuga a envolvente (alimentación abierta.)
- Corriente de fuga a paciente (condiciones normales.)
- Corriente de fuga a paciente (alimentación abierta.)

- Corriente de fuga a paciente (tierra abierta.)
- Corriente de fuga a paciente (alimentación en partes aplicadas.)
- Corriente auxiliar de paciente (condiciones normales.)
- Corriente auxiliar de paciente (alimentación abierta.)
- Corriente auxiliar de paciente (tierra abierta.)

Según la norma IEC 601-1 todos los equipos alimentados internamente o que sean alimentados por una batería o pila recargable, debe de cumplir con las siguientes pruebas de seguridad eléctrica:

- ❖ Corriente de fuga de paciente (condiciones normales.)
- ❖ Corriente de fuga de paciente (alimentación en partes aplicadas.)
- ❖ Corriente auxiliar de paciente (condiciones normales.)

Si se desea utilizar la norma IEC 601-1 es obligatorio realizar las pruebas especificadas por la misma además de las siguientes:

- ✓ Corriente de fuga a envolvente (condiciones normales)
- ✓ Corriente de fuga a envolvente (tierra abierta).

Además a las pruebas exigidas por la norma IEC 601-1, se pueden realizar algunas pruebas basadas en la norma VDE0751:

- Corriente de fuga alternativa equipo en funcionamiento.
- Corriente de fuga alternativa de equipo a través de tierra de protección.
- Corriente de fuga alternativa del equipo no a través de tierra.
- Corriente de fuga de paciente alternativa.

La calidad total, o deseable, en el funcionamiento de los equipos electromédicos, son el resultado de su aprovechamiento técnico. Ya que en este juega un papel decisivo la calidad intrínseca de los aparatos, equipos o instalaciones, así como la calidad del mantenimiento preventivo.

Siempre que el aprovechamiento técnico mejora, la calidad total crece y los costos para el desarrollo de tecnología y equipo tienden a reducirse con la inversión económica pertinente.

Además, tratándose de vidas humanas como es nuestro caso debemos de pretender el máximo aprovechamiento técnico basándonos en la supresión de la duda que produce la sensación de inseguridad, suplantándola por la certeza de un ambiente seguro.

Como es sabido algunos aparatos electromédicos por su utilización y a veces continuos traslados, son susceptibles de problemas o averías relacionadas con la seguridad eléctrica, de ahí que es necesario ofrecer a los pacientes la comprobación de la seguridad eléctrica de los equipos. Hay que hacer mención que las pruebas arriba mencionadas solo son parámetros internacionales a seguir y que además de estas se deben de realizar pruebas de parámetros eléctricos con el equipo en vacío, junto con las de funcionamiento normal con un paciente simulado y en condición de avería de contactos o de algún elemento del mismo.

ANEXO

Diagramas

a) 74HC193

(Contador reversible).

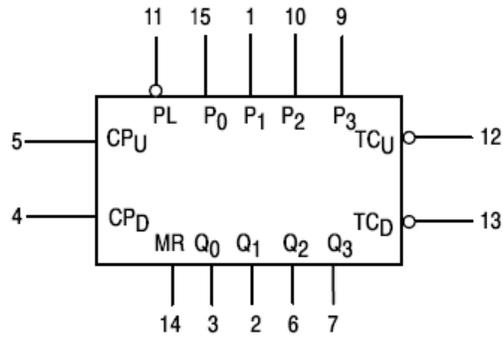


Figura 1

b) PT5061A

(Fuente de ± 12 V).

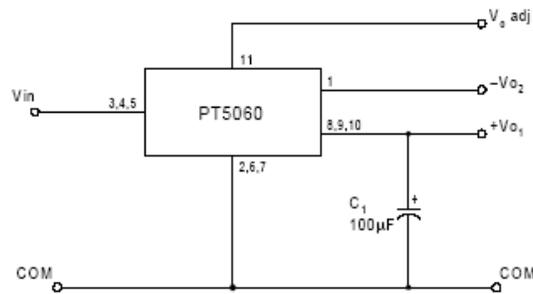


Figura 1.1

c) XR - 2206

(Generador de señales).

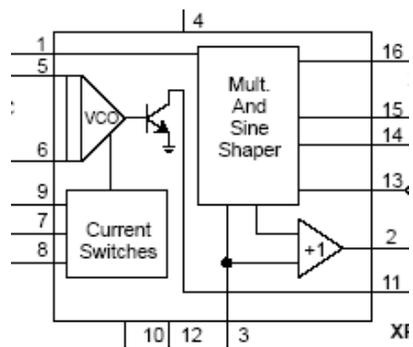


Figura 1.2

d)LM324

(4 Amplificadores operacionales).

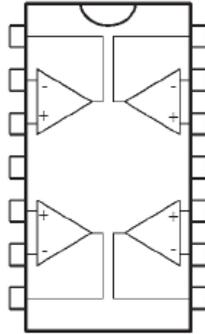


Figura 1.3

A continuación se muestran los diagramas que se utilizaron al implementar el dispositivo de electroterapia, además de los anteriormente mostrados:

e)LM555

(Temporizador).

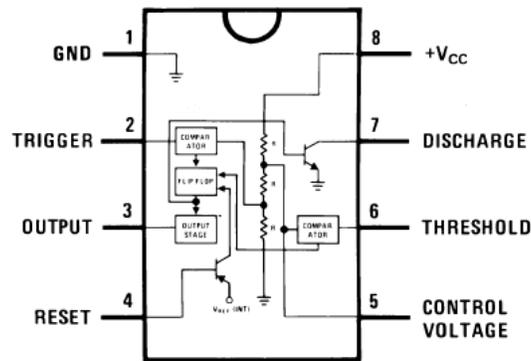


Figura 1.4

f)74HC4066N

(Cuatro interruptores).

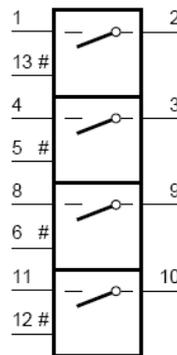


Figura 1.5

g)74HC04AN

(Seis compuertas NOT).

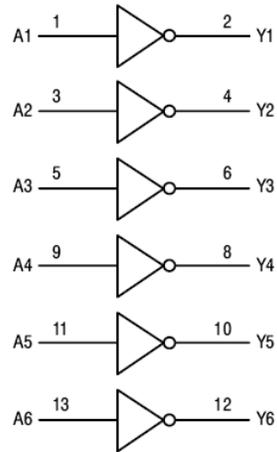


Figura 1.6

h)74HC08A

(Cuatro compuertas AND).

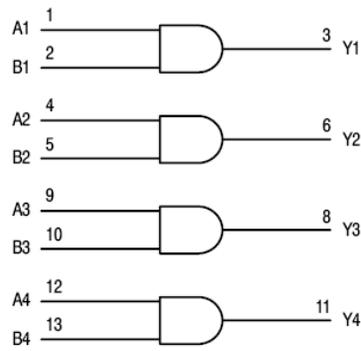


Figura 1.7

i)TL082

(2 Amplificadore JFET).

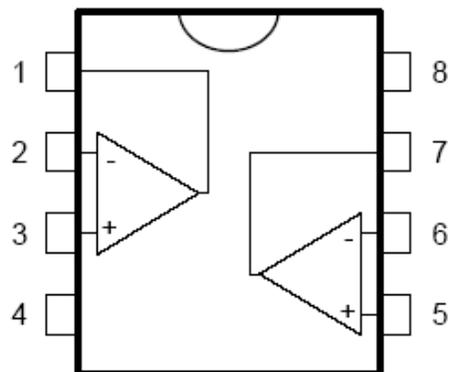


Figura 1.8

GLOSARIO DE TERMINOS.

Anquilosis: La anquilosis es la fusión ósea, fibrosa o cartilaginosa de las superficies que conforman tal articulación. La anquilosis puede presentarse en periodo de crecimiento o después de completado éste, afectando función y en ocasiones la estética facial. Los daños que puede presentar esta patología no son sólo funcionales o estéticos sino también psicológicos. Se define como un traumatismo que daña el área articular. El tratamiento está dirigido a eliminar la fusión ósea, y tener que crear una nueva articulación que contribuya a la movilidad y evitar la reanquilosis mediante la colocación de prótesis metálicas de titanio que sustituyan al cóndilo mandibular.

Antiespasmódico: Fármacos o rutina usados para controlar los espasmos, dolores tipo cólico y colitis. La Butilioscina es un espasmódico de uso común.

Antiinflamatorio: Término genérico que agrupa el conjunto de las sustancias medicamentosas capaces de oponerse a los fenómenos inflamatorios, sea cual sea su naturaleza y su causa.

Artrosis: La artrosis es una enfermedad producida por la alteración del cartílago, uno de los tejidos que forman las articulaciones, lo que origina la aparición de dolor y en ocasiones la pérdida de su movimiento normal. Es una enfermedad que todavía no se puede curar, los beneficios que se consiguen con un tratamiento correcto, pueden ser muy importantes, permitiendo llevar en muchos pacientes una vida prácticamente normal.

Artritis: La artritis es una enfermedad que se caracteriza por dolor e hinchazón en las articulaciones. Con el pasar del tiempo, la articulación puede ser lesionada gravemente. Las articulaciones son también conocidas como coyunturas y son aquellos lugares donde se unen dos huesos, tales como el codo y la rodilla. Algunas formas de artritis pueden estar acompañadas de problemas con otros órganos y partes del cuerpo, tales como los ojos, la piel y el pecho.

Artropatía: Enfermedad de las articulaciones que produce deformación o ruptura de la misma.

Atrofia Muscular: Es una enfermedad, caracterizada por la pérdida de músculo esquelético causada por la progresiva degeneración de las células del hasta anterior de la médula espinal. Esta enfermedad causa debilidad y atrofia de los músculos voluntarios encargados de funciones tales como gatear, caminar, control del cuello y deglución. La debilidad ocurre más a menudo en las piernas que en los brazos.

En consecuencia, el afectado no puede caminar, en muchos casos ni siquiera sentarse y, de acuerdo a la tipología, acarrea serios problemas respiratorios. Como característica también se observa que los pacientes son muy sociables e inteligentes.

Bursitis: Es la inflamación del saco lleno de fluido ubicado entre un hueso y un tendón, y que normalmente sirve para reducir la fricción en la articulación, con una función facilitadora del movimiento de dichas estructuras entre sí. Las causas más frecuentes de bursitis son las de origen traumático, sin embargo, también existen causas reumatológicas y metabólicas que pueden asociarse a una bursitis.

Ciática: Es un síntoma, consiste en dolor en la pierna, que puede parecer como un calambre que puede ser insoportable, un dolor punzante que hace que sea casi imposible ponerse de pie o sentarse. El dolor puede ser peor al sentarse, estornudar o cuando se tose. También se puede sentir debilidad, entumecimiento, o una sensación de quemazón o de hormigueo que corre por la pierna, posiblemente incluso en tus dedos. Algunos síntomas menos comunes pueden incluir la imposibilidad de doblar la rodilla o mover el pie y los dedos del pie. La ciática puede ser el síntoma de tener un “nervio pinzado” que afecte uno o más de los nervios de la parte inferior de la espina dorsal. El nervio puede estar pinzado en el interior o en el exterior del canal espinal cuando pasa por la pierna.

Cistitis: Es la inflamación aguda o crónica de la vejiga urinaria, con infección o sin ella. Puede tener distintas causas. La causa más frecuente de cistitis es la infección por bacterias gram negativas, destacando entre todas la *Escherichia coli*. Para que un germen produzca cistitis primero debe colonizar la orina de la vejiga (bacteriuria) y posteriormente producir una respuesta inflamatoria en la mucosa vesical.

Contusión: Es el aplastamiento y rotura de vasos sanguíneos de un músculo, generalmente a un nivel superficial (cercano a la piel). La causa es siempre un golpe violento. La gravedad depende en su mayor parte de dónde se ha recibido el golpe. No hay que confundir contusión con hematoma. Este último es el síntoma visible, la coloración morada de la piel a causa del derrame de sangre interno, y puede ser causado por una contusión o por una lesión de otro tipo una fractura y luxación, un desgarro muscular, etc.

Contractura Muscular: La contractura muscular consiste en la contracción persistente e involuntaria de un músculo, la contractura aparece esencialmente cuando se exige al músculo un trabajo superior al que puede realizar, ya sea intenso y puntual por ejemplo, un esfuerzo excesivo o mantenido y menos intenso por ejemplo, mantener unas horas una postura inadecuada.

Corrientes Diadinámicas: Son aquellas corrientes menores a 800 Hz, las cuales se caracterizan por ser corrientes de electroestimulación muscular que, debido a su conformación, permiten a su vez la aplicación de fármacos ionizables mediante iontoforesis.

Diatermia: Método consistente en elevar la temperatura de los tejidos profundos mediante el empleo de corrientes de alta frecuencia, aplicación de campos electromagnéticos oscilantes a los tejidos, calor producido generalmente por una corriente eléctrica al circular a través del organismo.

Dismenorrea: Menstruaciones dolorosas.

Distensión Muscular: Es una lesión en un músculo o tendón que se suele producir por sobreesfuerzo, fuerza o estiramiento. Se diagnostica distensión muscular con un examen físico,

Distonías: Son contracciones musculares que pueden ser permanentes o desencadenarse al efectuar determinados movimientos por ejemplo tortícolis espasmódica, calambres, distonías de torsión, etc.

Edema: O hidropesía es la acumulación de líquido en el espacio tisular intercelular o intersticial y también en las cavidades del organismo. El edema es apreciable, aparte de por la hinchazón, porque al apretar fuerte con el dedo y soltar el hundimiento permanece un tiempo, puede ser muy pocos segundos o varios minutos. Existen varios tipos de edema según la extensión:

Electroforesis: Es una técnica para la separación de moléculas (proteínas o ácidos nucleicos) según la movilidad de estas en un campo eléctrico a través de una matriz porosa, la cual finalmente las separa por tamaños moleculares y carga eléctrica, dependiendo de la técnica que se use. Los ácidos nucleicos ya disponen de una carga eléctrica negativa, que los dirigirá al polo positivo, mientras que las proteínas se cargan con sustancias como el SDS (detergente) que incorpora cargas negativas de una manera dependiente del peso molecular.

EMS: La estimulación muscular (EMS), tiene por objeto provocar mediante estímulos externos potenciales de acción capaces de alterar el potencial de reposo de las células neuromusculares. El EMS es un pequeño aparato destinado a los trabajos musculares en conjuntos neuromúsculo normales. El EMS está basado en sus precursores estimuladores chinos y portátiles para aplicar ELECTROPUNTURA, a la vez buscadores de puntos. Los electropuntores no solamente sirven para conectar a las agujas, también se pueden aplicar a electrodos estándar.

Epicondilitis: Es la inflamación crónica del tendón del codo producida en la mayoría de los casos por el sobreuso de los músculos extensores del antebrazo, relacionado principalmente por la actividad laboral o deportiva.

Ergonomía: Es un campo de conocimientos multidisciplinarios que estudia las características, necesidades, capacidades y habilidades de los seres humanos, analizando aquellos aspectos que afectan al entorno artificial construido por el hombre relacionado directamente con los actos y gestos involucrados en toda actividad de éste. En todas las aplicaciones su objetivo es común: se trata de adaptar los productos, las tareas, las herramientas, los espacios y el entorno en general a la capacidad y necesidades de las personas, de manera que mejore la eficiencia, seguridad y bienestar de los consumidores, usuarios o trabajadores

Esguince: Es la rasgadura, distensión o estiramiento excesivo de algún ligamento (banda resistente de tejido elástico que une los extremos óseos en una articulación). Se produce debido a un movimiento brusco, caída, golpe o una fuerte torsión de la misma, que hace superar su amplitud normal. También se le denomina "torcedura" en lenguaje común.

Furúnculo: Es una infección cutánea que compromete todo el folículo piloso y el tejido que lo rodea, (subcutáneo adyacente.) Los forúnculos son muy comunes y son ocasionados por la bacteria estafilococo, la cual se encuentra de manera natural en la superficie de la piel. Las lesiones en el folículo piloso permiten que esta bacteria penetre profundamente en sus tejidos y en los tejidos subcutáneos. Los forúnculos pueden originarse en el folículo piloso de cualquier parte del cuerpo, pero son más comunes en la cara, cuello, axila, nalgas e ingle.

Fractura: Es la pérdida de continuidad en la estructura normal de un hueso, sumado al trauma y la alteración del tejido blando y los tejidos neurovasculares circundantes. Las fracturas son causadas, en su mayoría, a traumas severos, es decir un impacto fuerte en el hueso; aunque hay también fracturas patológicas que no son causadas por traumas severos sino que son alteraciones propias del hueso que lo hacen propenso para que, con traumas menores, se produzcan las fracturas.

Geriatría: Es la rama de la medicina que se ocupa de los aspectos preventivos, curativos y de rehabilitación de las enfermedades del adulto mayor.

Gerontología: De (*geros*), anciano y (*logos*), estudio, es el área de conocimiento que estudia la vejez y el envejecimiento. A diferencia de la geriatría -rama de la medicina que se centra en las patologías asociadas a la vejez, y el tratamiento de las mismas-, la gerontología se ocupa, en el área de salud, estrictamente de aspectos de promoción de salud. Por lo demás, aborda aspectos psicológicos, sociales, económicos, demográficos y otros relacionados con el adulto mayor.

Gota: La gota es una de las formas de artritis más dolorosas. Ocurre cuando se acumula demasiado ácido úrico en el cuerpo.

Hiperemiante: Que produce gran aporte de sangre.

Intersticial. Relacionado o situado en los pequeños y angostos espacios existentes entre los tejidos o partes de un órgano.

Iontoforesis - Mesoterapia clásica, que en lugar de agujas, usa una corriente eléctrica de baja intensidad.

Lumbalgia: Es el dolor localizado en la parte baja de la espalda (región lumbar). Generalmente se presenta en forma brusca, luego de realizar un esfuerzo por levantar objetos pesados o al realizar movimientos bruscos. A la lumbalgia también se le conoce con el nombre de lumbago, dolor lumbar, o lumbodinia.

Mialgia: Son dolores musculares que pueden afectar a uno o varios músculos del cuerpo y pueden estar producidos por causas muy diversas. Estos dolores musculares pueden acompañarse en ocasiones de debilidad o pérdida de la fuerza y dolor a la palpación. También se asocia en ocasiones con calambres y contracturas de los músculos afectados y por tanto no deben confundirse con las mialgias. Las causas más frecuentes de mialgia son el sobreesfuerzo muscular y los traumatismos sobre los músculos.

Miofacial: Terapia Miofascial es un ramo de la fisioterapia dirigido al tratamiento manual de los desórdenes más comunes que afectan al aparato locomotor como consecuencia de diferentes tipos de traumatismos (fracturas, esguinces, torceduras, golpes, etc., limitando el movimiento y produciendo dolor), como también a raíz de los cambios relacionados con el proceso reumático, artrítico o artrósico que afecta el funcionamiento de la columna vertebral, las rodillas, los hombros y otras articulaciones del cuerpo.

Miositis: Es un edema o inflamación de los músculos voluntarios (esqueléticos) que, por lo general, es producida por una lesión o una infección.

Neuralgia: Es un síntoma provocado por un fallo del sistema nervioso consistente en una trastorno sensitivo o dolor sin que la función motora esté afectada. Si afecta a los nervios periféricos, provoca una alteración de la zona inervada correspondiente al nervio sin que se detecte una lesión en el propio nervio.

Neuritis: Es la inflamación de los nervios, que puede ser degenerativa, caracterizada por dolor y trastornos sensitivos, motores o tróficos según la naturaleza del nervio afectado.

Obstetricia: Del latín *obstare* (estar a la espera) o *tocología*, es la especialidad médica que se ocupa del embarazo y del parto. También comprende los aspectos psicológicos y sociales de la maternidad. Los médicos especializados en el parto se llaman obstetras, siendo casi todos ellos también ginecólogos. El personal de enfermería especializado en atender los partos normales se llaman matrona o matrono.

Osteomielitis: La osteomielitis es una infección en el hueso. La infección es más frecuente en los huesos largos del cuerpo pero también puede afectar cualquier hueso del cuerpo. La osteomielitis puede ocurrir en niños de todas las edades aunque, más a menudo, en los bebés prematuros o bebés que nacen con complicaciones.

Osteoporosis: Es una enfermedad de los huesos, que se caracteriza por la disminución de la masa ósea, condicionando su fragilidad y función inadecuada de soporte mecánico. Osteo (hueso) porosis (poroso), o con características de cavidades "Frágiles".

Otitis: Es una infección que puede afectar al oído interno o al oído externo, y que puede aparecer de repente y doler sólo unos cuantos días, o bien empezar a doler poco a poco y repetirse durante un largo período de tiempo.

Patología: Del griego, estudio (*logos*) del sufrimiento o daño (*paethothos*) es la parte de la medicina encargada del estudio de las enfermedades en su más amplio sentido, es decir, como procesos o estados anormales de causas conocidas o desconocidas.

Periodo Latente: Periodo de incubación que transcurre entre la exposición a un estímulo y la respuesta que se produce (por ejemplo, entre la infección de una bacteria por un fago y la lisis bacteriana, o entre la exposición a una noxa y la aparición de los síntomas o signos detectables).

Periodo Refractario: Tiempo en el que la membrana celular permanece despolarizada, es decir, no reacciona a un segundo estímulo. Tiene lugar después de una excitación de la célula.

Periostio: Se conoce como periostio peri (alrededor) y osteo (hueso) a una membrana de tejido conectivo muy vascularizada, fibrosa y resistente, que cubre al hueso por su superficie externa excepto en lugares de inserción de ligamentos, tendones, y superficies articulares (la superficie externa del hueso a nivel de las articulaciones está cubierta por cartílago hialino, llamado cartílago articular).

Pleuritis: Inflamación de la pleura o membrana que recubre los pulmones. Es consecuencia de una infección torácica como neumonía, bronquitis o tuberculosis. Cuando la pleura se inflama, la superficie de contacto se vuelve áspera y el deslizamiento (cada movimiento respiratorio) se vuelve doloroso.

En ocasiones, ocurre una sobreproducción de líquido, conocido como derrame pleural, esta lesión es peligrosa y requiere su extracción inmediatamente.

Praxis: Es el proceso por el cual una teoría o lección se convierte en parte de la experiencia vivida. Mientras que una lección es solamente absorbida a nivel intelectual en un aula, las ideas son probadas y experimentadas en el mundo real, seguidas de una contemplación reflexiva. De esta manera, los conceptos abstractos se conectan con la realidad vivida.

Profiláctico: Procedimiento o práctica médica que previene o protege contra una enfermedad o afección por ejemplo vacunas, antibióticos, medicamentos.

Prostatitis: La prostatitis es una inflamación de la próstata que causa dolor y molestias al orinar (escozor, aumento del número de micciones, etc.).

Reumatismo: Es un término no específico para problemas médicos que afectan el corazón, huesos, articulaciones, riñones, piel y pulmones. El estudio e intervenciones terapéuticas de estos desórdenes se denominan reumatología.

Sinusitis: La sinusitis es una enfermedad frecuente que se debe a la infección de uno o más de los senos paranasales (cavidades en los huesos del cráneo). La causa primaria que conduce a la sinusitis es la obstrucción de los orificios de los senos paranasales.

Sistema Neurovegetativo: Denominado también nervioso autónomo, involuntario, visceral, o gran simpático, es aquella parte del sistema nervioso que regula las funciones vitales fundamentales que son en gran parte independientes de la conciencia y relativamente autónomas, es decir, las funciones vegetativas (aparato cardiorrespiratorio, glándulas endocrinas, musculatura lisa, aparato pilo sebáceo y sudoríparo, etc).

TENS: Las siglas TENS responden al término en inglés Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation, en medicina, los electroestimuladores. Los TENS aproximadamente del tamaño de un control de televisión, están constituidos por un generador de impulsos eléctricos de baja frecuencia, un amplificador de señal y un juego de cables que da salida a los electrodos.

Temporomandibular: Las articulaciones temporomandibulares (ATM) conectan la mandíbula inferior al cráneo. Existen dos articulaciones de unión, una a cada lado de la cabeza, localizadas justo al frente de las orejas. La abreviación "ATM" se refiere literalmente a la articulación, aunque suele usarse para referirse a cualquier trastorno o síntoma que se presente en esta región.

Tales problemas abarcan: sonidos de chasquidos en la mandíbula, incapacidad para abrir completamente la boca, dolor en la mandíbula, dolores de cabeza, dolores de oído, dolores en los dientes y otros diversos tipos de dolor facial.

Tetania: Es una enfermedad producida por insuficiencia de la secreción de las glándulas paratiroides, caracterizada especialmente por contracciones dolorosas de los músculos de las extremidades y por la disminución del calcio en la sangre.

Tonificación: El tono muscular, también conocido como tensión muscular residual o tono, es la contracción parcial, pasiva y continua de los músculos. Ayuda a mantener la postura y suele presentarse durante la fase REM del sueño. Algunas personas usan el término tono muscular para referirse a la forma física de alguien. Técnicamente, a lo que se refieren es a la fuerza muscular o a tener poca grasa en relación a la cantidad de músculo. Tonificado en ese contexto en forma o con buena figura.

Trofismo: Relativo a la nutrición y sus procesos.

Urología: Es una especialidad médico-quirúrgica que se ocupa del estudio, diagnóstico y tratamiento de las patologías que afectan al aparato urinario de ambos sexos y al aparato reproductor masculino, sin límite de edad. Su nacimiento se remonta a la segunda mitad del siglo XIX como subespecialidad de la cirugía general.

Vasoconstricción: Es el estrechamiento de los vasos sanguíneos. Cuando los vasos sanguíneos se constriñen, el flujo de sangre se restringe o se torna lento. La vasoconstricción puede ser leve o severa. Puede deberse a enfermedad, medicamentos o trastornos psicológicos.

BIBLIOGRAFIA

- ✚ http://www.electroterapia.com/nomencl.htm#c_basicos.
- ✚ http://www.emagister.com/frame_cg.cfm?id_user=60936020608200720565248506955675&id_centro=27422070033149505256526748524548&id_curso=534360200502696965705550544548&id_estado=1&url_frame=http://www.tvtronica.com.ar/pulsos_digitales.htm
- ✚ http://pdf.rincondelvago.com/fisioterapia_1.html
- ✚ <http://es.wikipedia.org/wiki/Portada>
- ✚ <http://www.abalnearios.com/electroterapia/index.htm>
- ✚ <http://www.arturosoria.com/fisioterapia/art/first.asp>
- ✚ <http://www.efisioterapia.net/articulos/leer196.php>
- ✚ http://www.electroterapia.com/tens_ems.htm
- ✚ <http://www.tusalud.com/fisioterapia/html/fisiot/electroterapia/metodo.htm>
- ✚ <http://72.14.253.104/search?q=cache:I92jqAJzWLMJ:www.feoc.ugto.mx/super/obtenga/F0054.ppt+historia+de+la+terapia+fisica+en+mexico&hl=es&ct=clnk&cd=13&gl=mx>
- ✚ <http://es.wikipedia.org>
- ✚ <http://www.portalesdeinteres.com/fisio/article.asp?id=21>
- ✚ http://www.asifunciona.com/electrotecnia/ke_factor_potencia/ke_factor_potencia_2.htm
- ✚ <http://www.nootes.org/document/TrIZ4a0ZbTtYV>
- ✚ http://www.iontoforesis.com/ultrason/us_1/deosis_1.htm
- ✚ Schmid F. "Aplicación de corrientes estimulantes". Editorial JIMS. 1994. Pag. 01-86.
- ✚ Krusen. "Medicina física y rehabilitación". Cap. 05. Electroterapia. 1994. Pag. 389-409.
- ✚ Jose María Rodríguez Martín. "Electroterapia en fisioterapia". 1994. Cap. 02. Pag. 42-47, 70-73, 92-101.

- ✚ Francisco L. Singer. "Transformadores". Editorial Marcambo S.A. 1995. Cap 07. Pag. 134-143. 3ª Edición. Barcelona.
- ✚ Robert Boylestad, Louis Nashelsky. "Teoría de Circuitos y Dispositivos Electrónicos". 1992. Editorial Prentice Hall Carrer and Tecnology. E.U.
- ✚ Adel S. Sedra. "Dispositivos Electrónicos y Amplificación de Señales" 1989. Editorial Mc Graw Hill. México.
- ✚ Diccionario de Medicina Océano Mosby. Editorial Océano. 4ª Edición. España.
- ✚ Manual de usuario del equipo de electroterapia marca INTELEC MODEL STIM. Modelo TOC 2005.