

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA



TESIS

**“DISEÑO Y ELABORACIÓN DE UN PROTOTIPO DE
ELECTROESTIMULACIÓN DE APLICACIÓN NO INVASIVA
PARA LA REDUCCIÓN DEL TEJIDO ADIPOSO ACUMULADO EN
EL CUERPO HUMANO, CALLAO 2020”**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
ELECTRÓNICO**

AUTORES:

**BACH. CANALES ESCALANTE, CARLOS ANDRES
BACH. PASCUAL PANDURO, CELSO PAOLO**

ASESOR:

Dr. Ing. RUBIÑOS JIMENEZ, SANTIAGO LINDER

**Callao, 2022
PERÚ**

INFORMACIÓN BÁSICA

FACULTAD: FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

UNIDAD DE INVESTIGACIÓN: UNIDAD DE INVESTIGACIÓN DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA (UIFIEE)

TÍTULO: DISEÑO Y ELABORACIÓN DE UN PROTOTIPO DE ELECTROESTIMULACIÓN DE APLICACIÓN NO INVASIVA PARA LA REDUCCIÓN DEL TEJIDO ADIPOSO ACUMULADO EN EL CUERPO HUMANO, CALLAO 2020

AUTORES:

CANALES ESCALANTE, CARLOS ANDRES

CÓDIGO ORCID: 0000-0002-4029-9997

DNI: 48270647

PASCUAL PANDURO, CELSO PAOLO

CÓDIGO ORCID: 0000-0001-6577-8065

DNI: 42549895

ASESOR:

RUBIÑOS JIMENEZ, SANTIAGO LINDER

CÓDIGO ORCID: 0000-0003-0095-6988

DNI: 43324583

LUGAR DE EJECUCIÓN: DISTRITO DE VENTANILLA – CALLAO

UNIDAD DE ANÁLISIS: PERSONAS CON SOBREPESO

TIPO: EXPERIMENTAL CUASI EXPERIMENTAL

ENFOQUE: CUANTITATIVO

DISEÑO DE INVESTIGACIÓN: APLICATIVO

TEMA OCDE: INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

HOJA DE REFERENCIA DEL JURADO

MIEMBROS DEL JURADO

DR. : JACOB ASTOCONDOR VILLAR	PRESIDENTE
DR. : JORGE ELÍAS MOSCOSO SÁNCHEZ	SECRETARIO
DR. : EDWIN HUARCAYA GONZALES	MIEMBRO
DR. : ADAN ALMIRCAR TEJADA CABANILLAS	MIEMBRO
DR. : SANTIAGO LINDER RUBIÑOS JIMENEZ	ASESOR

N.º DE LIBRO :

FOLIO :

FECHA DE APROBACIÓN :

RESOLUCIÓN DIRECTORAL :

DEDICATORIA

A Dios, por acompañarme y bendecirme en cada decisión que tomo en su nombre. A mi familia, en especial, mis padres Esther Escalante y Carlos Canales, hermana Liliana y sobrino Josué, quienes incondicionalmente me apoyaron y motivaron a lo largo de mi carrera universitaria. A mis grandes amigos Dennis Huaman, Alfredo Arroyo y mi comunidad Melodías de Sión, quienes confían me convierta en un profesional y siempre sé puedo contar con ellos.

Carlos Andrés Canales Escalante

Se lo dedico a Dios por haber forjado mi camino, a mi abuelo Luis Panduro por el apoyo y amor incondicional, a mi novia Rocío por acompañarme y motivarme cada día, a mi hijo Paolo por ser el motor de mi esfuerzo, a mis padres por haberme forjado como la persona que soy, y a mis hermanos que tanto quiero, pues sin el apoyo de todos ellos no lo habría logrado.

Celso Paolo Pascual Panduro

AGRADECIMIENTO

Antes que nada, el agradecimiento a nuestros docentes de la Facultad de Ingeniería eléctrica y electrónica de la Universidad Nacional del Callao, porque sus enseñanzas son la base e inspiración de este trabajo de investigación.

Así mismo, agradecer al Instituto de investigación de la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica por permitirnos fortalecer este trabajo de investigación, alcanzando un nivel profesional adecuado.

Autores

ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS.....	5
ÍNDICE DE TABLAS	8
RESUMEN.....	9
ABSTRACT	10
INTRODUCCIÓN.....	11
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	12
1.1. Descripción de la realidad problemática.....	12
1.2. Formulación del problema	13
1.2.1. Problema General	13
1.2.2. Problemas Específicos	13
1.3. Objetivos	14
1.3.1. Objetivo General	14
1.3.2. Objetivos Específicos	14
1.4. Justificación.....	14
1.4.1. Justificación teórica	14
1.4.2. Justificación tecnológica	14
1.4.3. Justificación económica.....	14
1.4.4. Justificación social.....	15

1.5. Delimitantes de la investigación	15
1.5.1. Delimitante teórica.....	15
1.5.2. Delimitante temporal.....	15
1.5.3. Delimitante espacial	16
II. MARCO TEÓRICO	17
2.1. Antecedentes: Internacional y nacional	17
2.1.1. Antecedentes internacionales.....	17
2.2. Bases teóricas	22
2.3. Marco conceptual	25
III. HIPÓTESIS Y VARIABLES	35
3.1. Hipótesis	35
Hipótesis general.....	35
Hipótesis específicas.....	35
3.1.1. Operacionalización de las variables	35
IV. METODOLOGÍA DEL PROYECTO	39
4.1. Tipo y diseño de investigación	39
4.2. Método de investigación	39
4.2.1. Elección de onda eléctrica.....	39
4.2.2. Diseño electrónico de electroestimulador	40

4.2.3.	Simulación del diseño.....	48
4.2.4.	Implementación del prototipo.....	50
4.2.5.	Pruebas de funcionamiento	52
4.3.	Población y muestra	52
4.4.	Lugar de estudio y periodo desarrollado	52
4.5.	Técnicas e instrumentos para la recolección de la información ...	53
4.5.1.	Técnicas para la recolección de la información	53
4.5.2.	Instrumentos para la recolección de la información	53
4.6.	Análisis y procesamiento de datos	54
4.7.	Aspectos éticos en investigación.....	56
V.	RESULTADOS.....	57
VI.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	79
6.1.	Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados	
	79	
VII.	CONCLUSIONES	82
VIII.	RECOMENDACIONES	83
IX.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	84
ANEXOS		88
	Anexo 1: Matriz de consistencia.....	89
	Anexo 2: Esquemático del diseño del circuito	92

Anexo 3: Formato de guía de observación	93
Anexo 4: Formato de cuestionario	94
Anexo 5: Datasheet de Atmega328P	95

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Aporte aproximado de AGL liberados de tejido adiposo [18].....	24
Figura 2. Efecto sobre la piel debido al paso de una densidad de corriente [20]	26
Figura 3. Generador de señal [22]	27
Figura 4. Señal de onda cuadrada [22]	28
Figura 5. Señal de onda triangular [22]	28
Figura 6. Señal de onda sinusoidal [22]	29
Figura 7. Amplificador Operacional Ideal [23].....	29
Figura 8. Amplificador inversor [23].....	30
Figura 9. Configuración del amplificador no inversor [24].....	31
Figura 10. Amplificador sumador [25]	32
Figura 11. Distribución de pines del Atmega328p [27]	34
Figura 12. Se configura los registros del timer1 para iniciar en FastPWM, un prescaler de 8	41
Figura 13. Conexiones del ATMEGA328P para su funcionamiento inicial.....	41
Figura 14. Configuración de los pines	42
Figura 15. Configuración de los potenciómetros para el control del ciclo de trabajo y la frecuencia de la señal KOTZ	42
Figura 16. Configuración del Optoacoplador 4N25 para el aislamiento del microcontrolador con la etapa de potencia.....	43

Figura 17. Etapa de potencia del circuito para la aplicación de los electrodos .	44
Figura 18. Etapa de conversión de 220VAC A 12VAC	44
Figura 19. Etapa de obtención de 5VDC.....	45
Figura 20. Etapa de mejora del suministro de corriente con el transistor 2N3055	45
Figura 21. Módulo TP4056 cargador de baterías	46
Figura 22. Circuito atmega328p y salida de los electrodos	46
Figura 23. PCB del cargador de baterías	47
Figura 24. Modelo 3D del cargador de baterías	47
Figura 25. Modelo 3D del cargador de baterías (Vista angular superior)	47
Figura 26. Modelo 3D del circuito atmega328p y salida de los electrodos	48
Figura 27. Onda de Kotz generada por el microcontrolador ATmega328P	48
Figura 28. Ciclo de trabajo variado de la Onda de Kotz	49
Figura 29. Salida de la señal hacia los electrodos	49
Figura 30. Programación del microcontrolador.....	50
Figura 31. Diseño del producto final en SketchUP	50
Figura 32. Modelo de electroestimulador Kotz con dos electrodos.....	51
Figura 33. Modelo de electroestimulador Kotz con dos electrodos.....	51
Figura 34. Pruebas realizadas en usuario anónimo	52
Figura 35. Lista de valores agregados a la encuesta en SPSS.....	55

Figura 36. Valores obtenidos de la encuesta	56
Figura 37. Primera sesión de aplicación	57
Figura 38. Sesión final de aplicación.....	57
Figura 39. Gráfico de barras de 1º pregunta	58
Figura 40. Gráfico de barras de 2º pregunta	59
Figura 41. Gráfico de barras de 3º pregunta	60
Figura 42. Gráfico de barras de 4º pregunta	61
Figura 43. Gráfico de barras de 5º pregunta	62
Figura 44. Gráfico de barras de 6º pregunta	63
Figura 45. Gráfico de barras de 7º pregunta	64
Figura 46. Gráfico de barras de 8º pregunta	65
Figura 47. Gráfico de barras de 9º pregunta	66

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Efecto sobre la piel derivados del paso de	25
Tabla 2. Matriz de operacionalización de variables	38
Tabla 3. Resultados de 1º pregunta	58
Tabla 4. Resultados de 2º pregunta	59
Tabla 5. Resultados de 3º pregunta	60
Tabla 6. Resultados de 4º pregunta	61
Tabla 7. Resultados de 5º pregunta	62
Tabla 8. Resultados de 6º pregunta	63
Tabla 9. Resultados de 7º pregunta	64
Tabla 10. Resultados de 8º pregunta	65
Tabla 11. Resultados de 9º pregunta	66
Tabla 12. Tabla cruzada	80
Tabla 13. Pruebas de chi-cuadrado	80

RESUMEN

La presente investigación propone un enfoque de solución a un problema existente desde hace mucho tiempo y que afecta a nivel mundial a todos los seres humanos, mayores consumidores de la cadena alimenticia. El problema abordado es el aumento de población que presenta sobrepeso, mismo que se acumula en forma de tejido adiposo, ya sea en el abdomen o en otras áreas del cuerpo humano según la prevalencia genética y grado de cuidado del cuerpo en la alimentación. En el informe final de tesis se expresa documentalmente en 8 secciones, las cuales en conjunto buscan brindar solución a un problema mediante la electrónica. La primera sección aborda el planteamiento del problema de investigación, formulación de los problemas y objetivos, así como la justificación y delimitantes. La segunda sección muestra información de antecedentes relativos a las variables de la investigación, bases teóricas y conceptuales, y un glosario de términos que permiten al lector, una mayor comprensión de la terminología técnica. En la tercera sección, se plantean la hipótesis general y específicas, además se operacionalizan las variables de investigación y definen las dimensiones, indicadores e ítems. La cuarta sección, aborda la metodología del proyecto como el diseño, método de la investigación, enfoque, técnicas e instrumentos de recolección de datos, destacando la onda de Kotz como la observada para acondicionar. La quinta sección muestra los resultados de la investigación, los cuales muestran de forma positiva como el prototipo del electroestimulador es capaz de reducir el tejido adiposo. La sexta y séptima sección se reflejan las conclusiones derivadas del análisis de resultados y las recomendaciones para futuros trabajos afines. Finalmente, en la octava sección se enlistan las referencias bibliográficas trabajadas con el gestor bibliográfico Mendeley.

Palabras claves: electroestimulador, tejido adiposo, obesidad, electrónica, Kotz

ABSTRACT

This research proposes a solution approach to a problem that has existed for a long time and that affects all human beings worldwide, major consumers of the food chain. The problem addressed is the increase of overweight population, which accumulates in the form of adipose tissue, either in the abdomen or in other areas of the human body depending on the genetic prevalence and degree of care of the body in the diet. The final thesis report is expressed in 8 sections, which together seek to provide a solution to a problem through electronics. The first section deals with the statement of the research problem, formulation of the problems and objectives, as well as the justification and delimiters. The second section shows background information on the research variables, theoretical and conceptual bases, and a glossary of terms that allow the reader to better understand the technical terminology. In the third section, the general and specific hypotheses are presented, in addition to operationalizing the research variables and defining the dimensions, indicators and items. The fourth section addresses the methodology of the project such as design, research method, approach, techniques and data collection instruments, highlighting the Kotz wave as the one observed for conditioning. The fifth section shows the results of the research, which show positively how the electrostimulator prototype is able to reduce adipose tissue. The sixth and seventh sections reflect the conclusions derived from the analysis of the results and the recommendations for future related work. Finally, in the eighth section we list the bibliographic references used in the bibliographic manager Mendeley.

Key words: electrostimulator, adipose tissue, obesity, electronics, Kotz.

INTRODUCCIÓN

Uno de los más grandes problemas en el sector salud respecto a los pacientes y que es causa de muchas enfermedades es el alto grado de exceso de lípidos en las distintas zonas del cuerpo humano. El exceso de grasa es acumulable en zonas internas no visibles y en zonas debajo de la piel. Ante ello, existe la necesidad de buscar un método eficaz de reducir el tejido adiposo acumulado en el cuerpo humano respecto a zonas donde es difícil de combatirlo.

En la actualidad, existe un alto grado de personas con problemas de obesidad y sobrepeso, problemas que a su vez generan diversas afecciones cardiovasculares, metabólicas e incluso psicológicas con mayor padecimiento en adolescentes, lo cual desencadena en una baja autoestima, estrés, depresión, ansiedad, así como también bulimia y anorexia.

Por ello las personas con estas afecciones recurren a centros médicos especializados, lugares en los cuales llevan un tratamiento con métodos en su

Sin embargo, muchos de estos métodos suelen ser costosos e incluso riesgosos para la salud del paciente, debido a la forma invasiva que se someten. Por ello el objetivo de este trabajo de investigación es diseñar un dispositivo el cual mediante estimulación eléctrica sea capaz de reducir la acumulación el tejido adiposo de una manera no invasiva, siendo este de bajo costo e igual efectividad, el cual a la vez pueda ser usado de manera personal es decir de fácil aplicación por el paciente, sin correr riesgo alguno. Con lo cual se atendería una gran demanda que corresponde a aquellas personas de bajos recursos que tienen problemas de obesidad y que no puedan pagar un tratamiento particular.

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la realidad problemática

El problema abordado en el presente informe final de tesis fue brindar una solución para disminuir el tejido adiposo acumulado en la zona abdominal en las personas mayores de 15 años que presentan sobrepeso.

El sobrepeso y la obesidad son dos de los más grandes problemas del presente siglo respecto a enfermedades no transmisibles de alto impacto en el cuerpo y su composición. [1] En el año 2004, fue considerada una pandemia del siglo XXI y en el año 2011, la OMS acuñó el término “globesidad” ante la alta cifra de personas con sobrepeso en el mundo y la baja tasa de reducción de esta cantidad afectada. [2] Actualmente, al año 2022 la cifra sigue aumentando y son alarmantes los distintos efectos manifestados en forma de agravantes enfermedades. [3]

En el Perú, actualmente existe un alto índice de personas con diversas afecciones, como, por ejemplo: cardiovasculares, metabólico-endocrinológicas, etc. Dichas enfermedades son originadas y agravadas debido a la acumulación excesiva de tejido adiposo en el cuerpo humano. En el 2018, la Encuesta Demográfica y de Salud Familiar (ENDES) registró que de las personas de 15 y más años de edad, el 22,7% sufren de problemas de obesidad, notándose un aumento comparado al registro del año 2017 cuya cifra fue del 21,0%. En la distribución por sexo, el 26,0% de personas obesas son mujeres y el 19,3% son hombres. Según área de residencia, en el área urbana el 25,3% padece de obesidad y en el área rural el 12,1%. Según departamento, los mayores porcentajes de personas de 15 y más años de edad con obesidad residen en Moquegua (32,4%), Tacna (31,1%), Madre de Dios (30,7%), Ica (30,5%), Provincia Constitucional del Callao (29,1%), provincia de Lima (27,0%), Región Lima (26,4%) y Tumbes (25,8%). [4]

Es importante indicar que el gran impacto psicológico y social que genera la obesidad en los adolescentes, produce en su mayoría de casos introversión,

dificultad para crear vínculos sociales, niveles bajos de autoestima, distorsión de una correcta imagen corporal, estrés, ansiedad, depresión y enfermedades psicológicas relacionadas a la obsesión por bajar de peso (bulimia y anorexia).
[5]

Este informe final de tesis tuvo por finalidad demostrar la reducción del tejido adiposo acumulado en el cuerpo humano mediante la aplicación de pulsos eléctricos a través de un dispositivo electroestimulador no invasivo. De esa manera se busca ayudar a reducir el índice de obesidad en personas las cuales a pesar de un tratamiento de nutrición estricto es complicado, como también para aquellas personas que llevan ya un régimen alimenticio sano y cuerpo sano, quieran definir alguna zona de su cuerpo.

1.2. Formulación del problema

De lo expuesto en la sección anterior se formulan las siguientes preguntas de investigación.

1.2.1. Problema General

- ¿En qué medida el diseño y elaboración de un prototipo de electroestimulación de aplicación no invasiva permitirá la reducción del tejido adiposo acumulado en el cuerpo humano, Callao 2020?

1.2.2. Problemas Específicos

- **PE1:** ¿En qué medida el diseño y elaboración de un prototipo de electroestimulación de aplicación no invasiva permitirá la reducción del peso acumulado en el cuerpo humano, Callao 2020?
- **PE2:** ¿En qué medida el diseño y elaboración de un prototipo de electroestimulación de aplicación no invasiva permitirá la reducción de la medida abdominal acumulada en el cuerpo humano, Callao 2020?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

- Diseñar y elaborar un prototipo de electroestimulación de aplicación no invasiva para la reducción del tejido adiposo acumulado en el cuerpo humano, Callao 2020

1.3.2. Objetivos Específicos

- **OE1:** Diseñar y elaborar un prototipo de electroestimulación de aplicación no invasiva para la reducción del peso acumulado en el cuerpo humano, Callao 2020
- **OE2:** Diseñar y elaborar un prototipo de un prototipo de electroestimulación de aplicación no invasiva para la reducción de la medida abdominal acumulada en el cuerpo humano, Callao 2020

1.4. Justificación

1.4.1. Justificación teórica

De acuerdo con los objetivos de estudio, su resultado permitió reducir la grasa corporal en las personas con sobrepeso, a través del diseño de un sistema de electroestimulación, el cual servirá para futuros proyectos similares.

1.4.2. Justificación tecnológica

El presente proyecto de investigación permitió desarrollar un sistema de electroestimulación el cual puede ser implementado y utilizado en centros de salud del país, teniendo mayor impacto en las zonas descentralizadas en donde por falta de apoyo, estos recursos médicos son escasos.

1.4.3. Justificación económica

Actualmente hay equipos de electroestimulación sofisticados, que, a pesar de su elevado costo, no cumplen específicamente con la función de reducción de grasa en el cuerpo humano. Este proyecto de tesis se enfocó

exclusivamente en buscar reducir la grasa corporal de manera competente, pero a un costo de implementación aceptable.

1.4.4. Justificación social

El presente proyecto de investigación constituye un gran cambio en el campo de la salud, debido a su práctica implementación y uso, el cual puede alcanzar a todas las zonas del territorio, sin distinción alguna.

1.5. Delimitantes de la investigación

La presente investigación tomó como muestra una población de personas mayores de 15 años de edad con problemas de sobrepeso procedentes del distrito de Ventanilla - Callao. La principal limitante para el desarrollo del proceso de investigación es el tiempo que demanda el realizar el modelado del dispositivo y efectuar pruebas a distintas personas, ya que debido a la realidad actual del país respecto a la pandemia causada por el virus Sars-Cov2 restringe la movilización y el libre contacto entre personas.

1.5.1. Delimitante teórica

Existen investigaciones afines a la electroestimulación de forma general; pero en nuestro país y a nivel global existen escasos informes acerca de pruebas para reducir tejido adiposo o electrolipólisis. Mucha de la información de referencia posee teorías en idioma francés, ruso o inglés de esta forma la investigación se torna más rigurosa en términos de facilidad de edición y selección de información de calidad.

1.5.2. Delimitante temporal

Esta investigación donde los cálculos de porcentaje de reducción de la grasa subcutánea teóricos involucran un gran cálculo numérico y adaptable a distintos casos de corrientes para poder encontrar la factibilidad de uso de ondas interferenciales efectivas en el cuerpo humano.

1.5.3. Delimitante espacial

En cuanto a límites espaciales, la investigación se ve afectada debido a la actual coyuntura de cuarentena, la cual impide la reunión o la búsqueda de información en repositorios y bibliotecas en zonas fuera de la UNAC y zonas de difícil alcance debido a los protocolos de aislamiento social.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes: Internacional y nacional

2.1.1. Antecedentes internacionales

Corvalán, Miranda y Riquelme (2019) en su tesis de pregrado titulada “Efecto del uso de electrolipólisis abdominal y/o entrenamiento de alta intensidad y corta duración sobre la composición corporal en mujeres sedentarias con sobrepeso entre 20 y 30 años” tuvieron como objetivo el estudio de los efectos de entrenamiento de alta intensidad y corta duración combinado con la aplicación de estimulación eléctrica por electrolipólisis bajo el análisis de variables antropométricas y de bioimpedancia respecto a la población de 40 mujeres sedentarias con rango de edad entre 20 y 30 años de edad que presentaban como característica común el sobrepeso. Dentro del estudio, los autores dividieron la realización del estudio en 4 diferentes formas de terapia para poder analizar el impacto en cada una de ellas, las cuales son: control, electrolipólisis, HIIT y combinación de electrolipólisis con HIIT. La metodología utilizada fue el estudio cuantitativo y de alcance correlacional con un diseño de carácter analítico, longitudinal, experimental y prospectivo.

Se realizaron mediciones al inicio y final del tratamiento utilizando variables cuantitativas de masa y longitud de zonas corporales. Entre las variables utilizadas destaca la masa corporal (kg) analizada en entrenamientos de 10 sesiones ejecutadas 2 veces por semana.

Se obtuvieron los resultados de la investigación por medio de un test de doble vía en base a medidas repetidas de las variables en cuestión, obteniéndose un resultado de disminución de masa corporal de forma significativa con valor ($p < 0,05$). [6]

Diaz (2017). En su tesis para obtener el grado de maestro, titulado “Propuesta metodológica para el mantenimiento de la capacidad de resistencia con electroestimulación de cuerpo completo en sujetos físicamente activos”, tuvo como objetivo comprender la utilidad conveniente de los EMS como también sus

criterios de corriente y variantes de carga, con la cual implementar una sugerencia para el mantenimiento de la amplitud resistiva. Actualmente distintas instituciones deportivas hacen uso de la electroestimulación como táctica en su preparación, pero en su mayoría desconocen su correcto uso lo que conlleva a que la terapia no sea la más adecuada y de mala calidad. Este trabajo de investigación realizó una exploración exhaustiva en distintas bases de datos obteniendo valores resistivos adecuados lo cual hace que su proyecto metodológico del tratamiento de electroestimulación sea de mayor calidad. [7]

Trelles, M.; Ardiaca, M. y Trelles, K. (2020). En su artículo de investigación técnica titulado "Remodelación de la grasa localizada con ultrasonidos de baja frecuencia, intensidad media y múltiple focalización: conclusiones preliminares" tuvo como objetivo remodelar la grasa localizada a través de ultrasonidos baja frecuencia, pero de alta intensidad, disolviendo el adipocito por calor y de manera no invasiva.

El estudio se realizó en 10 personas entre 24 y 56 años de edad con un IMC<28, en 3 sesiones de tratamiento en la zona abdominal siguiendo los mismos protocolos para los 10 pacientes y con una separación de 3 semanas cada sesión. Se midió con plicometría el contorno abdominal y el espesor del pliegue graso. También se hicieron fotografías para comparar la zona en cuestión, además de complementar el estudio con cuestionarios.

Los resultados fueron favorables dado que, en las fotografías, plicometría y contorno abdominal, post tratamiento, se encontró una reducción de volumen abdominal, y ante los cuestionarios realizados a pacientes y médicos evaluadores, estos fueron positivos debido a los resultados.

Desde la primera sesión se notaron cambios del adipocito, donde 9 de los 10 pacientes confirmaron su satisfacción por la reducción del volumen abdominal. En conclusión, el sistema aplicado sobre el tejido subcutáneo para reducir la grasa localizada resulto ser eficaz, además de ventajoso al ser un tratamiento no invasivo. [8]

Osorio (2019). En su tesis de grado titulada “Diseño y construcción de un módulo de generación de ondas para modelado dinámico de generadores síncronos a partir de la metodología de barrido en frecuencias a rotor bloqueado”, tuvo como objetivo es diseñar e implementar un sistema que realice barridos de frecuencia y obtenga valores del generador síncrono, a través de la obtención de ondas de voltaje y variación de frecuencia. Los resultados propuestos en este proyecto de investigación se consiguieron a través de un análisis minucioso del modelo matemático de un rotor síncrono para así obtener los datos del barrido de frecuencia, luego se diseñó un sistema para generar ondas de voltaje y frecuencia con una amplitud de 1mHz a 1 kHz. Las simulaciones se realizaron en el software Matlab y Simulink, y para la implementación se utilizó el microcontrolador Arduino Mega 2650. Como resultado se pudo disminuir el tiempo de ejecución en los transistores bipolares IGBT, se logró cambiar los divisores de frecuencia del control de pulso de ancho de banda del Arduino. Finalmente, después de las pruebas ejecutadas se logró controlar el valor de las inductancias en la zona de filtro, obteniendo la onda que se buscaba. [9]

Cabrera y Hoyos (2015). En su tesis de grado titulado “Diseño y construcción de un electroestimulador muscular digital”, tuvo como objetivo diseñar e implementar un sistema de electroestimulación muscular digital, el cual por medio de una interfaz accesible el operario pueda ejecutar el tratamiento de tonificación en el musculo dañado o con dolor. Este proyecto de investigación está dividido en dos etapas: la primera etapa de generación de señal, en donde se enlazan los electrodos hacia el paciente y la segunda etapa de control en el cual se ejecuta la aplicación, que está diseñada para ser usada por medio de dispositivos móviles con sistema operativo Android. En esta etapa de control es donde se eligen los tipos de onda y corriente que se va utilizar para la aplicación en el paciente, cuyo valor depende del operador especializado en el campo, variando la frecuencia y el tiempo de exposición en la piel del paciente a tratar. El autor ratificó el buen desempeño del equipo y la simplicidad de uso en la interfaz para dispositivos móviles, a su vez recomendó que a pesar de la sencillas del equipo este sea utilizado solo por personal capacitado para así evitar cualquier tipo de accidente. [10]

2.1.2. Antecedentes nacionales

Grados, J. y Rubiños S. (2020) en el trabajo de investigación científico “Diseño de un electroestimulador muscular asequible para poblaciones de zonas rurales” lograron el modelado y diseño base de un dispositivo de electroestimulación de bajo costo y de gran potencial de acción. El dispositivo contó con el uso de un microcontrolador que por medio de programación y un convertidor digital-análogo logró generar el tipo de onda deseada. Los resultados de dicho trabajo permiten establecer bases para el diseño del dispositivo de la actual investigación. [11]

Jimenez y Peña (2020). En su tesis de grado titulada “Diseño de un prototipo Low cost de electroestimulador Tens-Ems orientado a mejorar el proceso de rehabilitación de personas que padecen de enfermedades musculares”, tuvo como objetivo diseñar un prototipo que pueda otorgar un efectivo control de Electroestimulación TENS y EMS, para ello el autor tuvo que modelar y evaluar los criterios que requiere el electroestimulador, simular estas variables y plantear un equipo que permita hacer múltiples procesos y sea de bajo costo. Este proyecto de investigación pudo reducir el tiempo de tratamiento a los pacientes, pero más importante fue poder disminuir el costo para la construcción del mismo. La implementación de este proyecto pudo resolver problemas como la ejecución de un circuito que transforme el voltaje de 220 Vac a 36 voltios pico, permite escoger al usuario la frecuencia y corriente que desea utilizar. Este proyecto disminuye gastos de adquisición por lo que tiene un impacto positivo en las ventas. El estudio concluyó que, en nuestro país, 850 mil personas al año no perciben este tipo de tratamiento, a pesar de que en la capital hay 75 centros especializados en condiciones de brindar este tratamiento. El autor concluyó la implementación del electroestimulador con 4 salidas, las cuales podrá brindar terapia a 2 personas al mismo tiempo, voltaje de la señal a usar debe ser de +/- 5v de tal forma poder reducir el impacto de la corriente sobre el paciente. Las frecuencias a utilizar deben ser menores a 50 Hz y la corriente estimada debe ser menor de 150 mA ya que valores más grandes causarían problemas en la piel del paciente. [12]

Apéstegui (2013). En su tesis de grado titulado “Desarrollo de un dispositivo de electroestimulación muscular para el entrenamiento y fortalecimiento de fibras musculares”, tuvo como objetivo implementar un dispositivo de electroestimulación para fortalecer el musculo, y como objetivos específicos consideró el empleo de una señal cuadrada bifásica, considerando variables como amplitud, y tiempos de ejecución, analizándose en diferentes pruebas de entrenamiento, también el diseño de la parte amplificadora, que pueda emitir los pulsos eléctricos soportables para el usuario. Se desarrollo una interfaz para la optimización del uso del dispositivo. El autor concluyó en base a las pruebas realizadas los parámetros a utilizar óptimos para trabajar la fibra muscular, como también que la interfaz desarrollada es sumamente amigable para el usuario. También concluyó que, al elevar la frecuencia de electroestimulación, se requiere incrementar el tiempo de reposo y reducir el tiempo de contracción como también las repeticiones ya que esto causaba malestar en la fibra muscular de los pacientes. [13]

Tame (2019), en su tesis de grado titulado “Diseño e implementación de un dispositivo electro estimulador portátil utilizando un microcontrolador e interfaz gráfica para reducir el estrés laboral de los trabajadores administrativos de la empresa Medinet S.A.C.” Tuvo como objetivo el desarrollar un equipo de electroestimulación que pueda disminuir el estrés laboral que aquejan los trabajadores administrativos en la empresa Medinet SAC. Este trabajo de investigación a empleado una metodología cuantitativa, descriptiva y explicativa, guiándose de antecedentes similares. El autor consideró 3 sección en este proyecto de investigación, la primera correspondiente al diseño de la etapa generadora de señal, luego una etapa de amplificación y una última sección correspondiente al desarrollo de la interfaz gráfica, la cual permite escoger los parámetros necesarios para una óptima estimulación. Este equipo usa un microcontrolador para obtener los pulsos en forma de onda cuadrada, el cual puede ser manejado por el usuario a través de la interfaz, estas señales pasan por los electrodos y se ejecutan en la fibra muscular. El autor concluyó que el uso de una interfaz gráfica permitió la facilidad de empleo por parte del usuario

como también la confianza de este, debido a que se pueden variar los parámetros evitando dolores o daños a la piel. [14]

Pauccara (2021). En su tesis titulada “Diseño de un analizador de corrientes TENS de un electroestimulador”, tuvo como finalidad corroborar los parámetros que intervienen en un electroestimulador de corrientes TENS, que son, la intensidad de corriente y la frecuencia de operación. El autor se basó en que muchos de estos aparatos para la recuperación muscular embarcan estos parámetros y sin embargo no están disponibles en los tratamientos de terapia física y rehabilitación. El autor busca con este proyecto poder llegar a más hogares y familias de bajos recursos por su asequible costo, con lo cual poder tratar en casa algún problema muscular. Para la etapa de diseño de este equipo se hicieron toma de mediciones calibradas, para que se pueda respaldar los datos conseguidos de manera eficaz. En la siguiente etapa se hizo uso de microcontroladores para la generación de señal y frecuencia a emplearse. El autor concluyó que ambas etapas diseñadas se concretaron de manera asertiva llegando a los objetivos planteados. Con esto se buscó incrementar el desarrollo tecnológico y promover en estudiantes el continuar ejecutando proyectos de investigación. [15]

2.2. Bases teóricas

El sobrepeso y la obesidad

Actualmente el sobrepeso y la obesidad es un padecimiento de gran magnitud que se va incrementando cada año. Su predominancia cambia de estado dependiendo del país en que se encuentre. Por ejemplo, en EEUU esta enfermedad se incrementó aproximadamente de 19.8% a 26.7% en tan solo 9 años, considerando que el sobrepeso y obesidad en personas que sufren diabetes tipo 2 es del 64.8% en el 2002, Y esto viene ocurriendo en diversos países como Canadá, Reino Unido, Bélgica y en varios países de Europa. En el año 2014 el 39% de las personas adultas tienen sobrepeso y el 13% obesidad. Por lo tanto, se infiere que para el año 2030 el 100% de las personas americanas ya presentarán esta enfermedad, y en Europa un promedio del 33% lo tendrá. [16]

Ante esto el sobrepeso y la obesidad es considerada una enfermedad epidemiológica lo que genera una gran preocupación en la salud mundial, cuyo efecto es lesivo para la salud, ya que genera enfermedades como diabetes, cáncer, y distintas enfermedades cardiovasculares. Se dice que el promedio de mortalidad mundial en personas con obesidad es aproximadamente de 3 millones de personas al año y se viene incrementando con el tiempo. [16]

Factores que incurren en la manifestación del sobrepeso y obesidad

Los factores recurrentes en el sobrepeso y la obesidad se deben al dispendio desmesurado de calorías superando el gasto energético, haciendo que las calorías que adquirimos se transforman en grasa. Otros factores que no se pueden cambiar son la edad, sexo, raza, habitad. Sin embargo, los que si se pueden rectificar son la alimentación, la ingesta de bebidas alta en azúcares como también la aplicación de actividad física, además del sedentarismo, los cuales generan un aumento de sobrepeso y obesidad. [16]

La obesidad infantil es una preocupación ascendente en la salud a nivel mundial. En el año 2018, el 5.9% de la población infantil a nivel mundial tiene sobrepeso, y este valor seguirá aumentando con el paso de los años. Y es en países desarrollados donde se ven diversos valores según el sexo o región analizada. En el Perú, en el año 2019, el 6.7% de los menores a 5 años de edad, tienen sobrepeso, de los cuales el 1.9% son obesos. [17]

Este problema que aqueja a menores, afecta perjudicialmente la salud, considerando un riesgo hasta la adultez, a la vez incrementa el peligro de contraer dolencias como el asma, diabetes, hipertensión, en la adolescencia, generando una tasa de mortalidad no mayor a los 55 años. [17]

Adicionalmente de los daños físicos, la obesidad infantil también influye en la salud mental. Es decir, los infantes con obesidad padecen de problemas psicológicos, como la depresión, la ansiedad, la baja autoestima. Y también se puede evidenciar estos problemas con su desenvolvimiento escolar, lo cual a su vez genera una conducta agresiva hacia otros niños o adolescentes. [17]

La abundancia de tejido adiposo es más peligrosa que la grasa subcutánea en el cuerpo, y esto es debido a que los adipocitos en el abdomen tienen una acción lipolítica mayor, transportando ácidos grasos libres hacia el hígado, lo que incrementa los triglicéridos, y a su vez disminuye la oposición a la insulina. [18]

Es debido a esto que los estudios indican que la grasa en el hígado es sumamente peligrosa y riesgosa. Existen acciones quirúrgicas que remueven el tejido adiposo en las vísceras, lo cual reduce en parte la grasa y así progresa el metabolismo. [18]

Se determinó que el 20% de los ácidos grasos libres en las personas con obesidad, se obtienen de las vísceras, generando triglicéridos y fallas metabólicas, tal como podemos observar en la siguiente figura. [18]

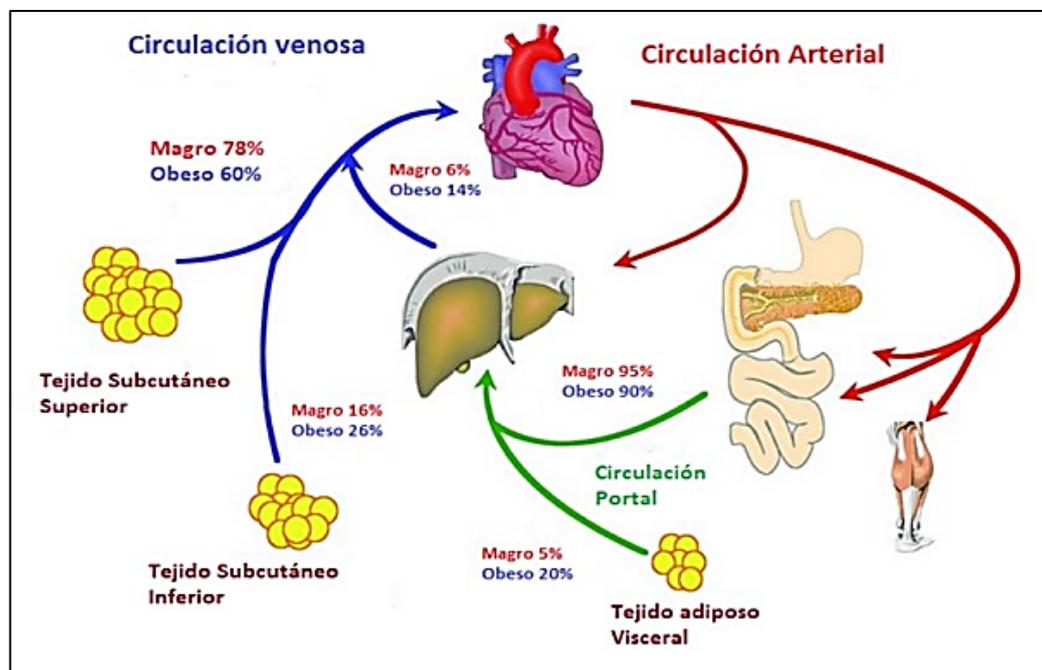


Figura 1. Aporte aproximado de AGL liberados de tejido adiposo [18]

El grado de adiposidad

La mortalidad en una persona con obesidad se reduce con respecto al sobrepeso, considerándose en 4 años menor para una persona con sobrepeso

del 25%, obteniéndose un peligro de hasta 3 veces con respecto a las personas no obesas.

Si el IMC sobrepasa el valor de 35, la esperanza de muerte disminuye a la mitad y para un IMC mayor a 40, esta muerte es más concurrente. [19]

2.3. Marco conceptual

Los seres humanos al entrar en acción con la corriente eléctrica sufren un malestar, sin embargo, no todo el sistema se ve perjudicado de la misma forma. Hay algunas partes de nuestro cuerpo que se ven más perjudicadas que otras. Y entre ellas tenemos:

- La piel
- El sistema nervioso
- El corazón
- El sistema muscular

Tal y como podemos observar en la siguiente figura y tabla:

Tabla 1. Efecto sobre la piel derivados del paso de una densidad de corriente [20]

Zona	Quemaduras: Efectos fisiológicos.
0	No hay alteración apreciable de la piel, salvo casos de largas explosiones.
1	Hinchazón y enrojecimiento alrededor del punto de contacto con el electrodo.
2	Notable cambio de coloración e hinchazón con quemaduras incipientes.
3	Quemadura grave de la piel, con carbonización de la misma.

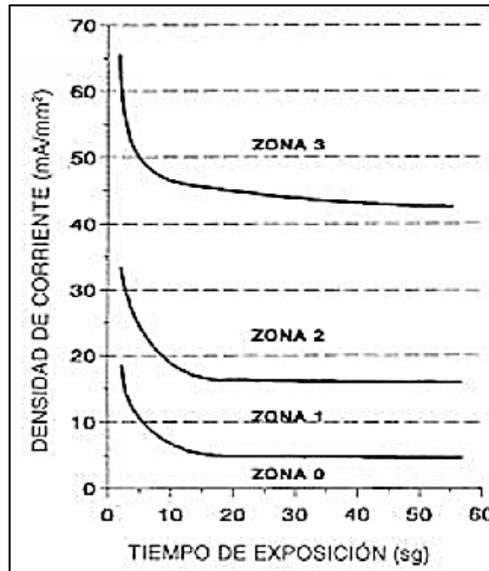


Figura 2. Efecto sobre la piel debido al paso de una densidad de corriente [20]

Consecuencias de la corriente eléctrica en el cuerpo humano

El recorrido de la corriente eléctrica a través del cuerpo humano provoca laceraciones como golpes, caídas, pero generalmente fallecimiento por fibrilación ventricular. Un individuo se electrocuta, cuando se vuelve parte del sistema circuital eléctrico, viéndose puntos de entrada y de salida de la electricidad.

La fibrilación ventricular es el golpe brusco al corazón, haciendo que deje de bombear sangre a los diferentes órganos, y que, a pesar de estar en pulsación, no mantiene su articulación habitual.

La tetanización es la contracción brusca de los músculos, a cargo del traspaso de la electricidad, y dependiendo de la parte afectada se reducirá el manejo de esta.

Ahora cuando la corriente eléctrica ingresa o pasa por el sistema nervioso, este produce asfixia, lo que ocasiona problemas respiratorios.

También hay diferentes causas como contracciones musculares, incremento de la presión en la sangre, detenimiento momentáneo del corazón, siendo todos estos factores que pueden causar la muerte a cualquier persona. [21]

Generadores de señal

El generador de señal tiene como utilidad el suministrar señales eléctricas que ayudan para analizar algún proceso que se realice en las salidas a través de un oscilador, proporcionando cambiar los valores de ejecución según sea el caso. [22]



Figura 3. Generador de señal [22]

Ondas:

Las ondas son la consecuencia originada por una perturbación o movimiento oscilatorio que puede ser variado por diferentes parámetros. [22]

Entre los tipos de ondas más comunes tenemos:

Las ondas cuadradas:

Estas varían de valor en sus extremos, y se asemeja a pulsos generados por 0 y 1. [22]

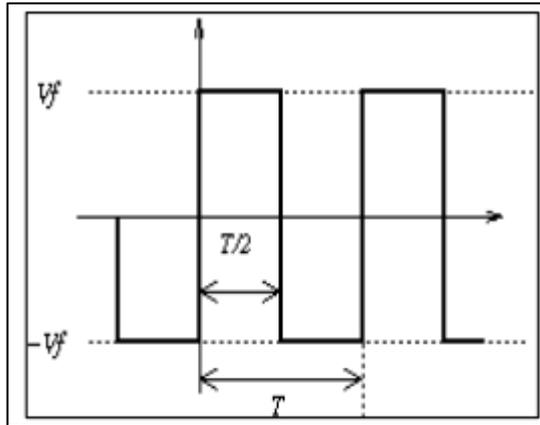


Figura 4. Señal de onda cuadrada [22]

Las ondas triangulares:

Son muy parecidas a las ondas senoidales, debido a que tiene como particularidad una pendiente en el extremo, y puede ser usada como un oscilador. [22]

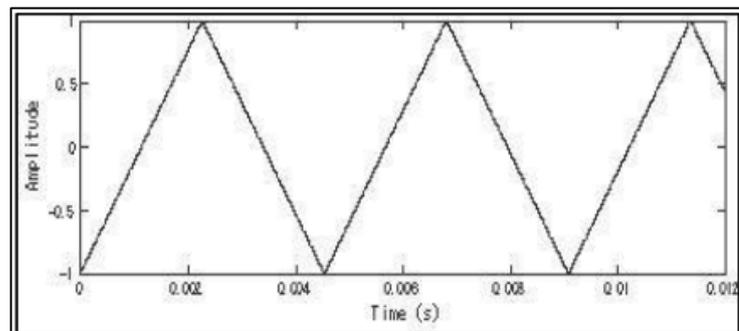


Figura 5. Señal de onda triangular [22]

Ondas sinusoidales

Estas se generan por la corriente alterna y está constituida por la alteración de las funciones trigonométricas de seno y coseno. [22]

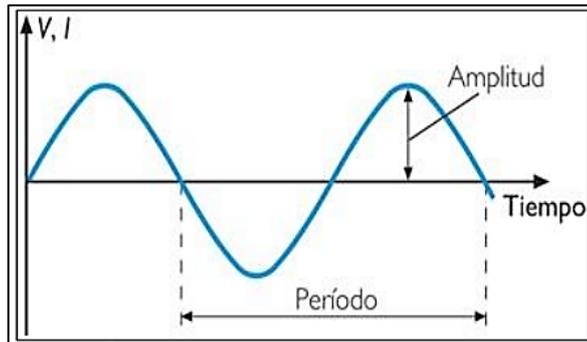


Figura 6. Señal de onda sinusoidal [22]

AMPLIFICADOR OPERACIONAL

Se asignó amplificador operacional en el año 1940, para denominar o nombrar a unos tipos de amplificadores, los cuales admiten ejecutar diferentes operaciones como la suma, resta, multiplicación, integración y diferenciación, los cuales eran muy necesarios en esa época. [23]

El amplificador operacional ideal está representado de la siguiente manera, y tiene las siguientes características:

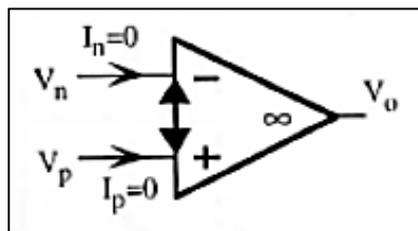


Figura 7. Amplificador Operacional Ideal [23]

Donde:

1. Resistencia de entrada infinita ∞
2. Resistencia de salida 0
3. Ganancia en la tensión de modo diferencial infinito ∞
4. Ganancia en la tensión de modo común 0
5. Corriente de entrada 0 ($I_p = I_n = 0$)
6. Ancho de banda infinito ∞

7. Insuficiencia de desviación con la temperatura

Configuraciones básicas del amplificador operacional

Amplificador inversor

Para conseguir la ganancia de tensión en la salida del amplificador inversor se analiza el circuito considerando las características de un amplificador operacional ideal. Por lo tanto, las corrientes en las líneas de entrada son nulas, obteniéndose: [23]

$$\frac{V_i - V_n}{R_1} = \frac{V_n - V_o}{R_2}$$

Según el amplificador operacional ideal tenemos: $V_n = V_p$. Sin embargo, en este caso $V_n = V_p = 0$. Por lo tanto, nombramos a este punto como tierra virtual al tener una tensión de 0 V. Ahora reemplazamos en la ecuación anterior y obtenemos como ganancia "A" lo siguiente: [23]

$$A = \frac{V_o}{V_i} = -\frac{R_2}{R_1}$$

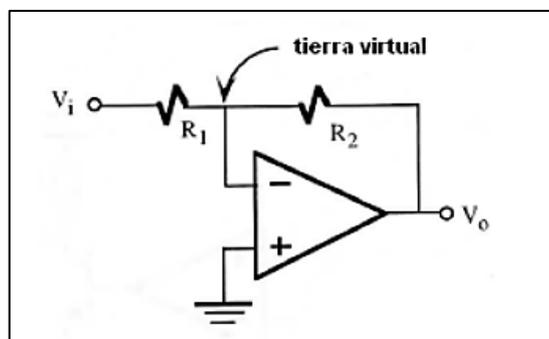


Figura 8. Amplificador inversor [23]

El signo negativo que resulta en la ganancia se debe a un desfase de 180° entre la salida y la entrada, siendo en este circuito la impedancia de entrada R_1 . [23]

Amplificador no inversor

El amplificador no inversor usa realimentación en la parte negativa, de esta forma estabiliza la ganancia de tensión, incrementando la impedancia de entrada y reduciendo la impedancia en la salida. [24]

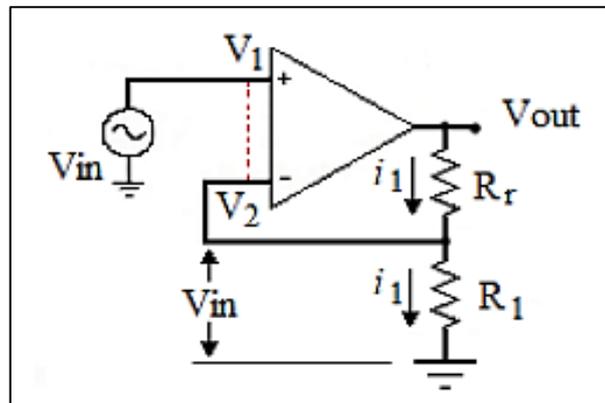


Figura 9. Configuración del amplificador no inversor [24]

EL voltaje de entrada es el mismo en V1 y V2. Entonces la corriente I1 traspasa a través de la resistencia R1, por lo tanto:

$$V_{in} = I_1 * R_1$$

Debido al corto circuito, la corriente que fluye a través de R1 es la misma I1. Lo que genera en el voltaje de salida:

$$V_{out} = I_1(R_f + R_1)$$

Dividiendo el voltaje de entrada V_{in} entre el voltaje de salida V_{out} , obtenemos lo siguiente:

$$A_v = \frac{R_f + R_1}{R_1} = A_v = \frac{R_f}{R_1} + 1$$

Amplificador sumador inversor

De la misma manera que con el amplificador inversor, el voltaje $V(+)$, está unido a tierra, por lo tanto el voltaje inversor, se considerará una tierra virtual, y ya que la impedancia de entrada es infinita, se deduce que la corriente que circula es a través de la resistencia R_F y la nombraremos I_2 . Haciendo que la corriente I_1 sea la suma de las corrientes dadas por los voltajes V_1, V_2 y V_3 . [25]

De la siguiente manera:

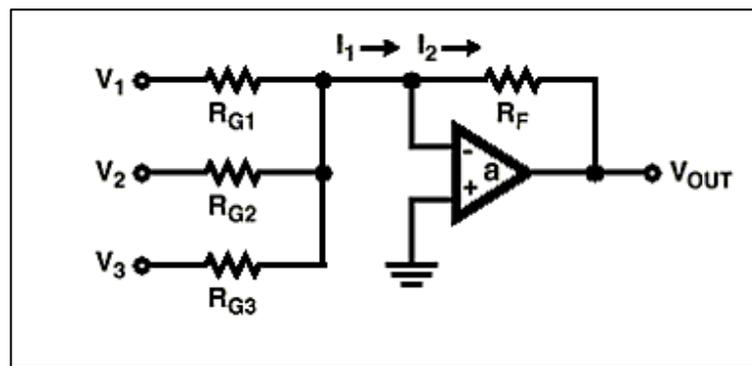


Figura 10. Amplificador sumador [25]

$$I_1 = \frac{V_1}{R_{G1}} + \frac{V_2}{R_{G2}} + \frac{V_3}{R_{G3}}$$

Y de la misma manera:

$$I_2 = -\frac{V_{out}}{R_F}$$

Como sabemos que $I_2 = I_1$ se obtiene:

$$V_{out} = -\left(V_1 \frac{R_F}{R_{G1}} + V_2 \frac{R_F}{R_{G2}} + V_3 \frac{R_F}{R_{G3}}\right)$$

Convertidor digital analógico R2R

Es un conversor Digital – analógico de 8 bits, que se obtiene a través de un arreglo de resistencias en forma de escalera, este arreglo funciona por medio del divisor de voltaje que tiene en cada punto del arreglo, de tal manera que en cada ingreso del arreglo saldrá un valor proporcional al voltaje. Es decir, si en la entrada hay la combinación de 00000000 la salida corresponderá a 0 voltios, y de la misma manera si en la entrada hay 11111111, en la salida corresponderá a 5 voltios. [26]

Microcontrolador Atmega328P

Es un integrado de gran rendimiento elaborado por la industria Atmel, Microchip. Pertenece a la clase de AVR y tiene 8 bits. [27]

El Atmega328P tiene las siguientes características:

- 23 pines I/O disponibles
- La arquitectura de CPU es de 8 bit
- La memoria de programa flash de 32 kB
- SRAM de 2 kB
- EEPROM de datos de 1 kB
- El oscilador externo de 20 MHz
- Voltaje de operación 1.8 V a 5.5 V
- Tiene 6 canales PWM
- Interfaces: UART, TWI, SPI.
- Temperatura de operación: -40° a 85°C

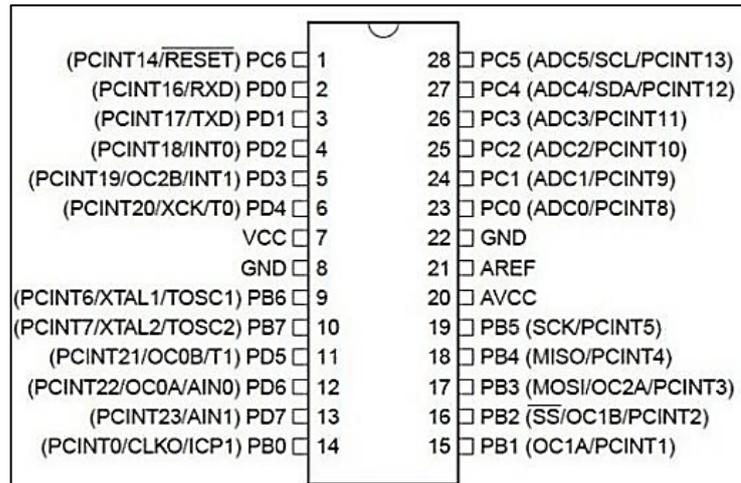


Figura 11. Distribución de pines del Atmega328p [27]

Definición de términos básicos

Lípidos: Son biomoléculas también nombradas grasas cuando están en su estado sólido y aceites cuando se encuentran a temperatura ambiental, pero muchas veces hace referencia para denominar a la grasa subcutánea. [28]

Electrocoagulación: Es una técnica que a través de un bisturí eléctrico llega a romper los tejidos usando corriente alterna a frecuencias altas. [29]

Grasas Trans: Son un tipo de ácidos insaturados que están generalmente en los alimentos que ingerimos, los cuales fueron procesados. De forma natural puede ubicarse en la leche y dentro del organismo de algunos mamíferos. [30]

El Colesterol: Es una sustancia que está generalmente en la sangre y suele ocasionar problemas cardiovasculares. [31]

Actividad Cardiovascular: Hace referencia a la actividad del corazón, teniendo en cuenta variables como el ritmo cardiaco y el pulso sanguíneo. [32]

III. HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1. Hipótesis

A continuación, se presentan las hipótesis que se plantearon para poder ser contrastadas al final de la investigación.

Hipótesis general

En función a las siguientes interrogantes planteadas del problema así con los objetivos específicos, se plantea la siguiente hipótesis.

- **HI:** El Diseño y elaboración de un prototipo de electroestimulación de aplicación no invasiva permitirá la reducción el tejido adiposo acumulado en el cuerpo humano, Callao 2020.
- **HO:** El Diseño y elaboración de un prototipo de electroestimulación de aplicación no invasiva NO permitirá reducirá el tejido adiposo acumulado en el cuerpo humano, Callao 2020.

Hipótesis específicas

- **HE1:** El Diseño y la elaboración de un prototipo de electroestimulación de aplicación no invasiva permitirá la reducción del peso acumulado en el cuerpo humano, Callao 2020
- **HE2:** El Diseño y la elaboración de un prototipo de electroestimulación de aplicación no invasiva permitirá la reducción de la medida abdominal acumulada en el cuerpo humano, Callao 2020

3.1.1. Operacionalización de las variables

El propósito de la presente investigación es realizar el prototipo de un electroestimulador de aplicación no invasiva para la reducción del tejido adiposo acumulado en el cuerpo humano, por ello seleccionamos la variable independiente al “diseño y elaboración”, así como variable dependiente al tejido

adiposo, la medida que se plantea reducir al finalizar el periodo de prueba del sistema en el cuerpo del usuario en la presente investigación.

a) Variable independiente

X: Diseño y elaboración de un prototipo de electroestimulación

Es el sistema implementado mediante etapas de adecuación de señal eléctrica a fin de que logre un estímulo sobre la unidad de análisis y genere un impacto de reducción del tejido adiposo mediante el efecto calórico.

Dimensiones:

- Amplitud de voltaje
- Tiempo de aplicación por sesión
- Ancho de Banda

Indicadores:

- Intensidad de corriente
- Nivel de satisfacción
- Frecuencia de electroestimulación

b) Variables dependientes

Y: Tejido adiposo

Tejido que almacena energía en forma de grasa y se almacena en su mayoría de veces, en zonas concretas del cuerpo humano. El tejido adiposo es el cual se busca reducir mediante el funcionamiento del prototipo

Dimensiones:

- Variación de peso
- Medida abdominal

Indicadores:

- Porcentaje de peso reducido
- Medición de plicómetro

En la siguiente tabla se aprecia la relación que guardan las variables definidas para la investigación, de la misma forma se mencionan la dimensión, indicadores e ítems por cada variable.

Datos a considerar:

V_{pp} : voltaje pico a pico

V_{rms} : voltaje RMS

$P_{inicial}$: Peso inicial

P_{final} : Peso final

$M_{inicial}$: Medida inicial con plicómetro

M_{final} : Medida final con plicómetro

Tabla 2. Matriz de operacionalización de variables

VARIABLE	DENIFICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ÍTEMS
VARIABLE INDEPENDIENTE "X"				
Diseño y elaboración de un prototipo de electroestimulación	Es el sistema implementado mediante etapas de adecuación de señal eléctrica a fin de que logre un estímulo sobre la unidad de análisis	Amplitud de voltaje	Intensidad de corriente	$V_{pp} = V_{rms} \times 2\sqrt{2}$
		Tiempo de aplicación por sesión	Nivel de satisfacción	Niveles: [1-5]
		Frecuencia de electroestimulación	Frecuencia de electroestimulación	Rango [2-150Hz]
VARIABLE DEPENDIENTE "Y"				
Tejido adiposo	Tejido que almacena energía en forma de grasa, el cual se busca reducir mediante el funcionamiento del prototipo	Variación de peso	Porcentaje de peso reducido	$\frac{P_{inicial} - P_{final}}{P_{inicial}} \times 100\%$
		Medida abdominal	Medición de plicómetro	$M_{inicial} - M_{final}$

Fuente: Elaboración propia

IV. METODOLOGÍA DEL PROYECTO

4.1. Tipo y diseño de investigación

El diseño de la investigación fue experimental cuasi experimental de tipo aplicada, ya que tiene como objetivo diseñar un prototipo de electroestimulación no invasivo, capaz de reducir el tejido adiposo acumulado en el cuerpo humano, pues es el que mejor se adapta a las necesidades del estudio.

4.2. Método de investigación

El presente trabajo de investigación será diseñado bajo el planteamiento metodológico del enfoque cuantitativo. El método consiste en 5 etapas de investigación:

4.2.1. Elección de onda eléctrica

Durante la etapa elección se realizó un estudio de las diversas ondas utilizadas en las etapas de electroestimulación basados en la frecuencia, amplitud y efectos que estas realizan sobre la piel a fin de prever a través de datos comprobados, los umbrales de aprovechamiento de cada efecto y lograr la elección más oportuna a fin de lograr reducción del tejido adiposo de forma no invasiva y de la forma más saludable posible.

Onda de Kotz

Las corrientes rusas o denominadas, corrientes de Kotz, estimulan de forma profunda los músculos. La forma eficaz de su acción se debe a la dualidad de abordaje (panículo adiposo y sistema circulatorio periférico venoso y linfático). El trabajo realizado sobre el músculo incrementa el metabolismo del cuerpo humano, lo cual desemboca en el gasto de energía por medio de la quema de calorías y aumento de tonalidad muscular. [33]

4.2.2. Diseño electrónico de electroestimulador

Consideraciones generales para el diseño del sistema

Para el diseño del sistema se tomaron en cuenta los siguientes apartados:

- Crear un sistema que permita variar la frecuencia de la onda Kotz, asimismo el ciclo de trabajo para la aplicación del tratamiento de acuerdo a determinado tiempo que se le asigne.
- Elegir el adecuado microcontrolador para poder generar la señal de Kotz, señal de 2500 Hz.
- Amplificación mediante configuración de transistores en Darlington.
- Aislamiento de las salidas del microcontrolador para evitar dañarlo al momento de exigir potencia al circuito.
- Diseñar la etapa de alimentación para la carga de baterías del dispositivo.

Generación de ondas de Kotz

La presente investigación basa su uso en la aplicación de las ondas de Kotz para los tratamientos correspondientes. Para ello se eligió como microcontrolador al ATMEGA328P, este microcontrolador ofrece muchas ventajas respecto a los PIC, debido a su fácil programación que puede realizarse con la IDE de Arduino, el cual utiliza programación tanto en C/C++, ofreciendo ventajas en la rapidez de compilación y mantenimiento del programa para futuras versiones de desarrollo.

Este microcontrolador utiliza un cristal a 16 MHz, 32 KB de memoria flash, 2KB de memoria RAM, 23 pines de E/S y un voltaje de funcionamiento de 5VDC, además de contar con varios modos de ahorro de energía para optimizar la duración de la batería mientras se realiza el tratamiento, por estas características, este microcontrolador es suficiente para los propósitos de esta investigación [27].

La programación del microcontrolador se basa en el uso del timer1 para poder lograr la frecuencia de 2500Hz. A continuación, se presenta la programación realizada para el microcontrolador.

```

void setup()
{
  pinMode(Kotz, OUTPUT);
  pinMode(A0, INPUT);
  pinMode(A1, INPUT);
  pinMode(6, INPUT);

  TCCR1A = 0;
  TCCR1B = 0; // Se limpia el registro
  TCCR1B |= (0<<CS10)|(1<<CS11)|(0 << CS12); // PR = 8: CS12 = 0, CS11 = 1 y CS10 = 0

  TCNT1 = 0x63A9; // Iniciar el timer por desbordamiento
  TIMSK1 |= (1 << TOIE1); // Habilitar la interrupción del TIMER1
}

```

Figura 12. Se configura los registros del timer1 para iniciar en FastPWM, un prescaler de 8

Fuente: Elaboración propia

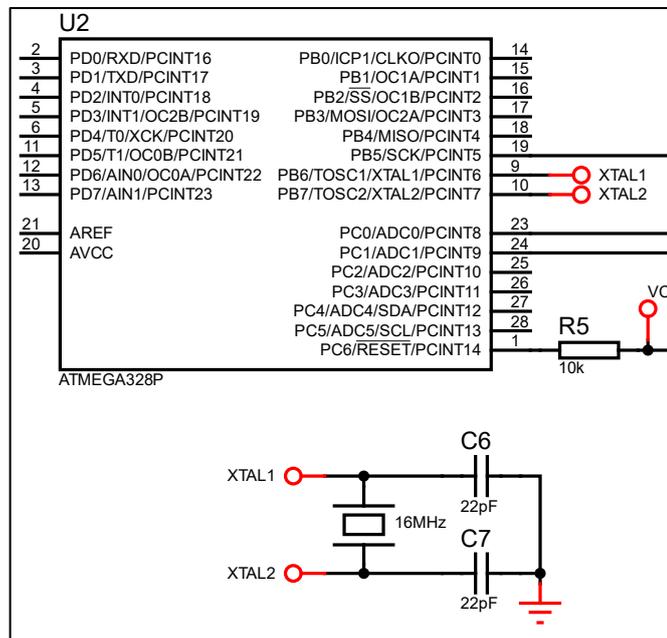


Figura 13. Conexiones del ATMEGA328P para su funcionamiento inicial

Fuente: Elaboración propia

Control del ciclo de trabajo y de la frecuencia de la señal de Kotz

La necesidad de poder controlar el ciclo de trabajo para poder manipular los intervalos del tratamiento y la intensidad. Para ello se optó por usar

potenciómetros para controlar el ciclo de trabajo y la frecuencia de la señal de Kotz. Cabe destacar que la señal generada que se controló es una señal PWM.

```
void setup()
{
  pinMode(Kotz, OUTPUT);
  pinMode(A0, INPUT);
  pinMode(A1, INPUT);
  pinMode(6, INPUT);
}
```

Figura 14. Configuración de los pines

Fuente: Elaboración propia

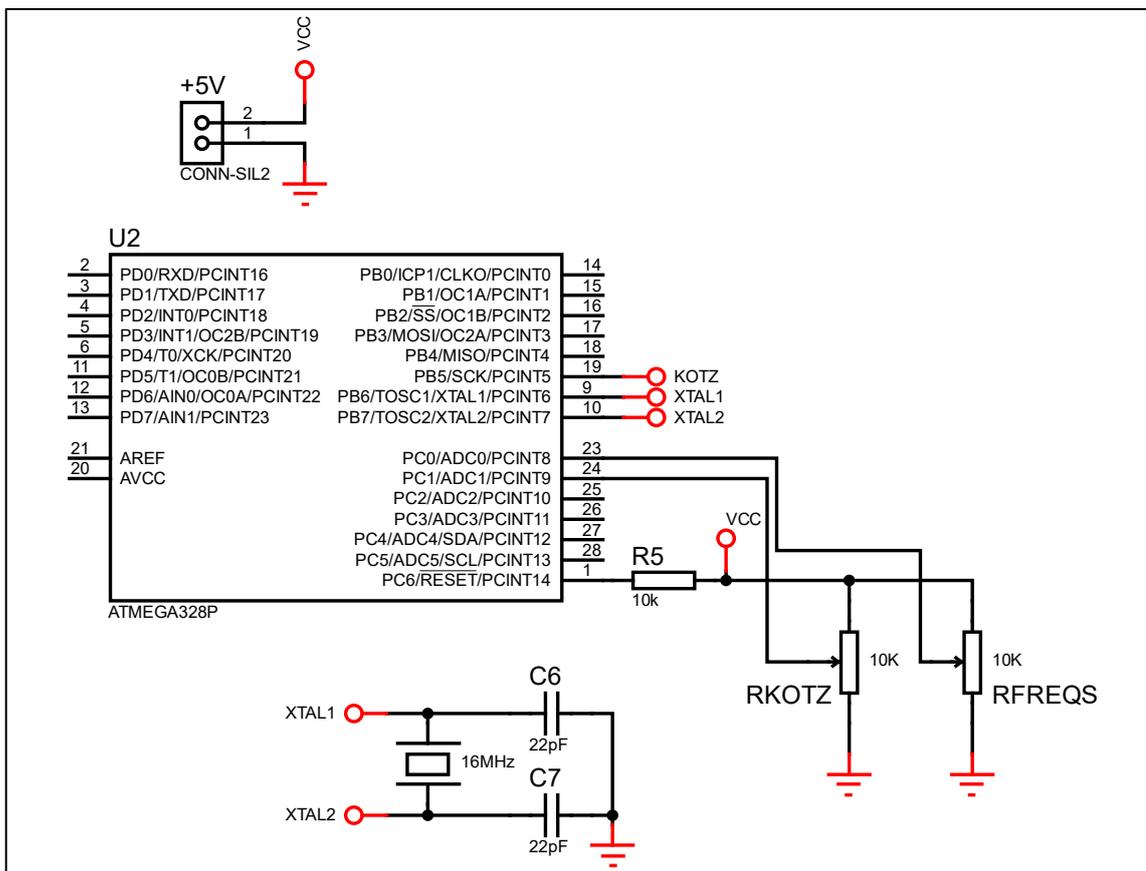


Figura 15. Configuración de los potenciómetros para el control del ciclo de trabajo y la frecuencia de la señal KOTZ

Fuente: Elaboración propia

Etapa de aislamiento del microcontrolador con la etapa de aplicación de la señal de Kotz

Para realizar esta etapa, se optó por el uso del optoacoplador 4N25, este integrado permite el aislamiento físico del circuito del microcontrolador con la etapa de potencia que va directamente hacia los electrodos. Esto se hace para evitar dañar los pines de salida de la señal del microcontrolador debido a la limitación de corriente que este ofrece por pin, de aproximadamente 40 mA. [27]

Para la alimentación del optoacoplador, se utiliza una batería de 9VDC que alimenta la etapa aislada del microcontrolador.

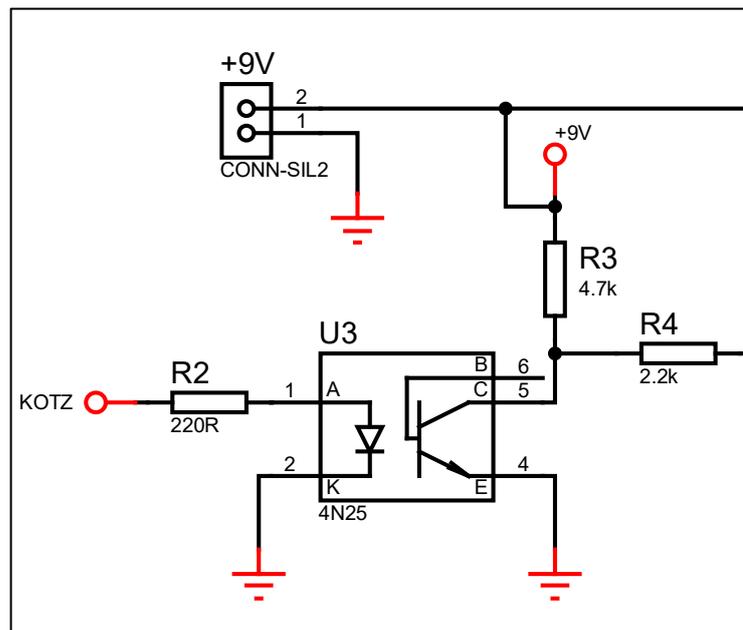


Figura 16. Configuración del Optoacoplador 4N25 para el aislamiento del microcontrolador con la etapa de potencia

Fuente: Elaboración propia

Etapa de potencia del circuito

Se utilizó los transistores TIP122 en configuración Darlington, los cuales permiten manejar cargas de hasta 5A [34]. Luego, la señal aplicada al

transformador se amplifica y se transfiere a los electrodos regulados para la aplicación del tratamiento al paciente.

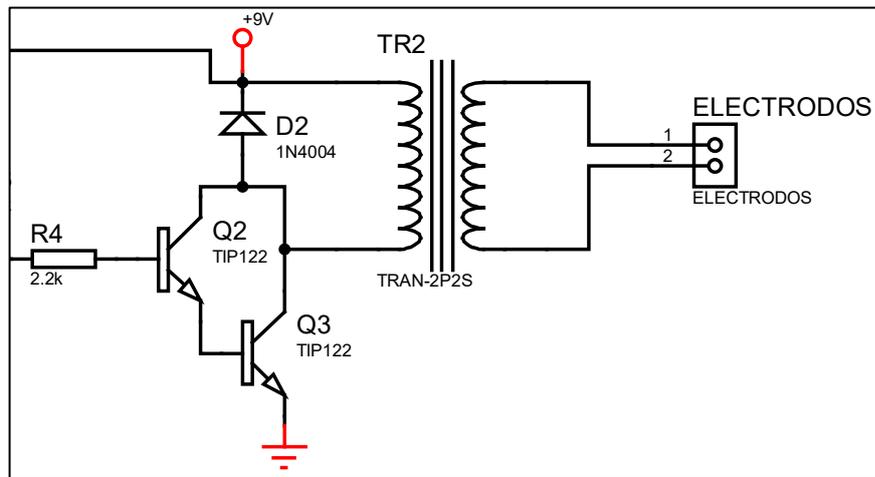


Figura 17. Etapa de potencia del circuito para la aplicación de los electrodos

Fuente: Elaboración propia

Etapa de carga de baterías

Para la etapa de carga de la batería se optó por utilizar un transformador de 220VAC a 12VAC, el cual pasa a un puente rectificador de 2A.

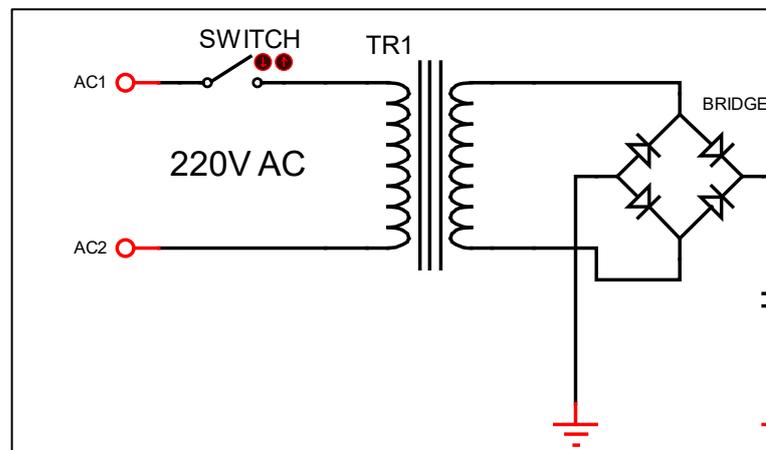


Figura 18. Etapa de conversión de 220VAC A 12VAC

Fuente: Elaboración propia

Luego la señal rectificada pasa a un LM7805 para regular la salida a 5VDC, el uso de los capacitores es para eliminar el rizado de la señal rectificada.

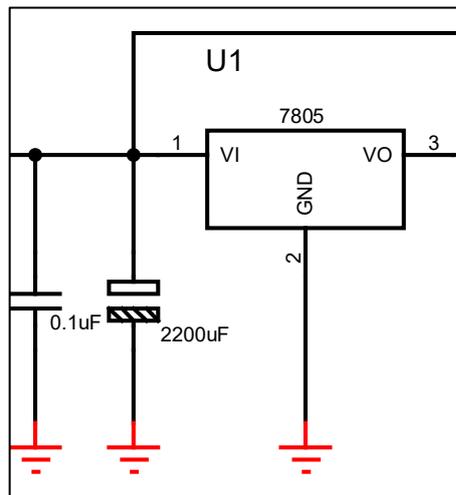


Figura 19. Etapa de obtención de 5VDC

Fuente: Elaboración propia

Debido a las limitaciones física del integrado LM7805 de proveer hasta máximo 1A, se coloca un transistor 2N3055 para amplificar la corriente obtenida del circuito.

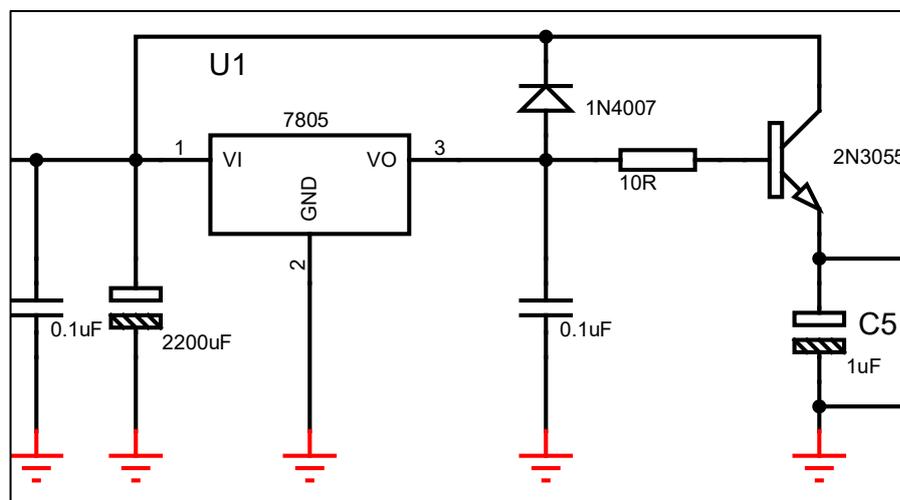


Figura 20. Etapa de mejora del suministro de corriente con el transistor 2N3055

Fuente: Elaboración propia

Por último, se colocó un módulo cargador de baterías TP4056 que permite regular el voltaje de carga de las baterías y así evitar el daño y desgaste de las mismas.

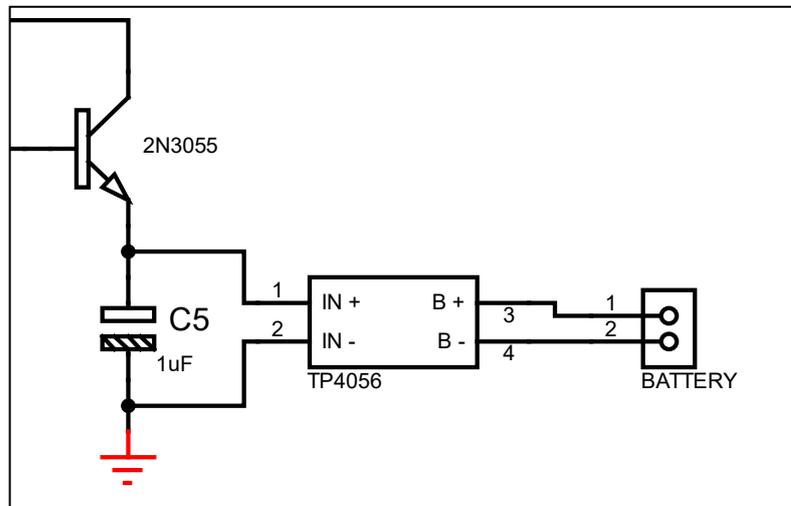


Figura 21. Módulo TP4056 cargador de baterías

Fuente: Elaboración propia

PCB del circuito

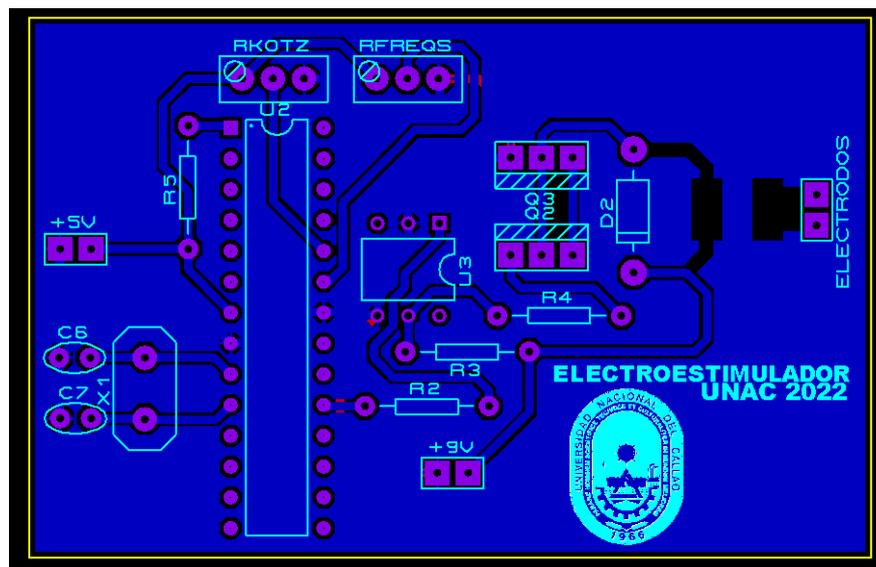


Figura 22. Circuito atmega328p y salida de los electodos

Fuente: Elaboración propia

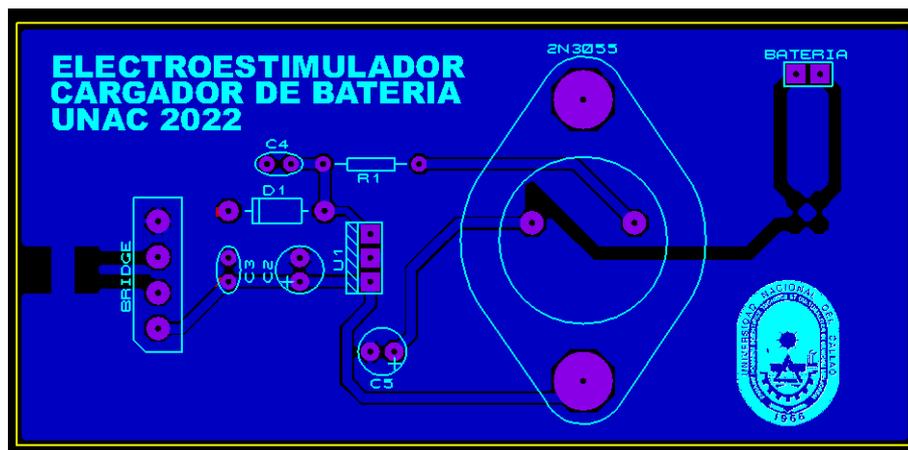


Figura 23. PCB del cargador de baterías

Fuente: Elaboración propia



Figura 24. Modelo 3D del cargador de baterías

Fuente: Elaboración propia



Figura 25. Modelo 3D del cargador de baterías (Vista angular superior)

Fuente: Elaboración propia

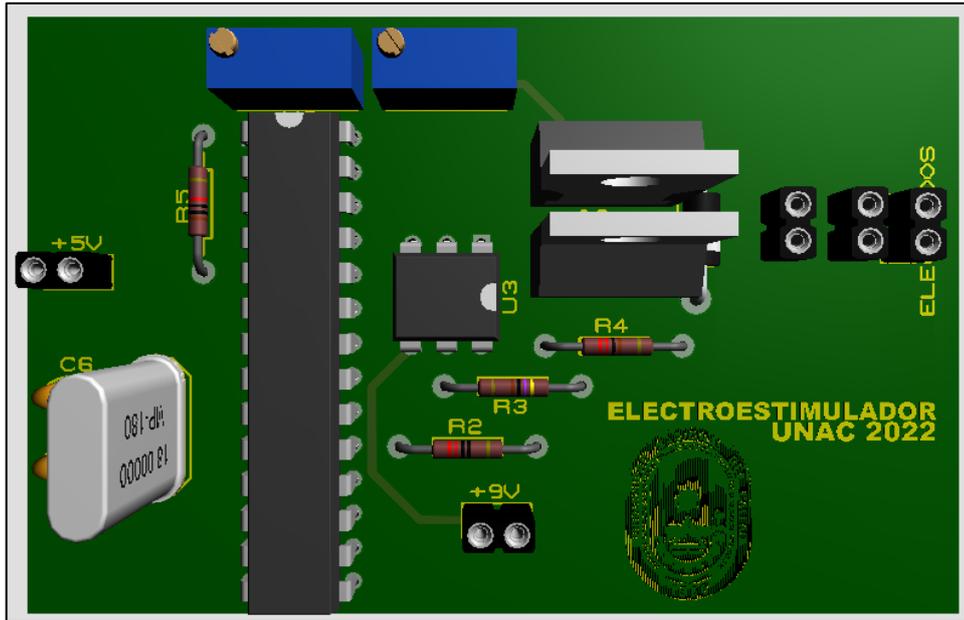


Figura 26. Modelo 3D del circuito atmega328p y salida de los electrodos

Fuente: Elaboración propia

4.2.3. Simulación del diseño

La simulación del circuito diseñado se corrobora la generación de la onda de Kotz, esta onda posee una frecuencia de 2500 Hz, lo cual comprobó el correcto funcionamiento, ver Figura 27.

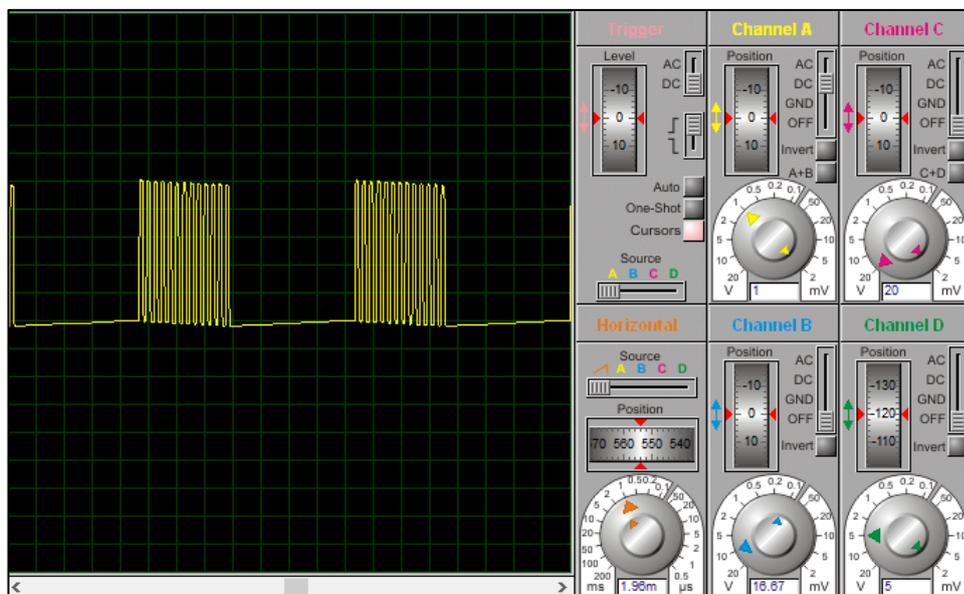


Figura 27. Onda de Kotz generada por el microcontrolador ATmega328P

Fuente: Elaboración propia

Una vez que se obtuvo la señal, se procedió a realizar la variación del ciclo de trabajo de la Onda de Kotz mediante los potenciómetros colocados con el dispositivo, la señal generada se aprecia en Figura 28.

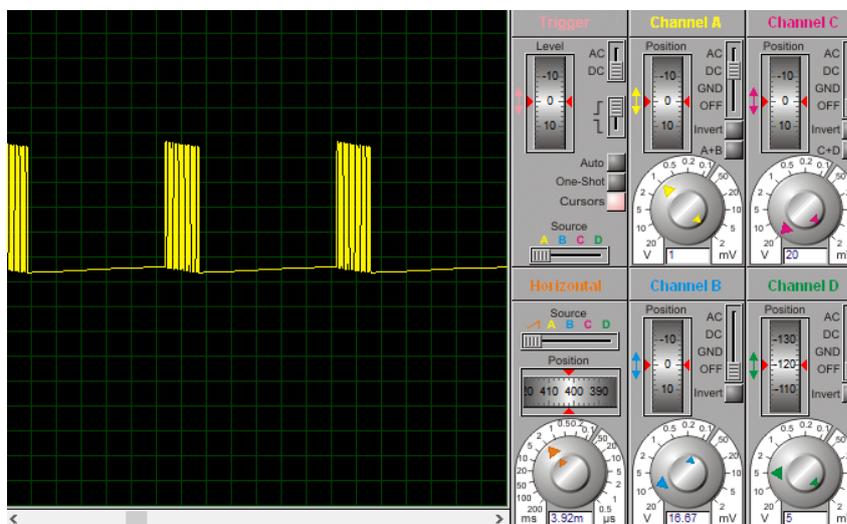


Figura 28. Ciclo de trabajo variado de la Onda de Kotz

Fuente: Elaboración propia

Una vez obtenida la Onda de Kotz, se procedió a enviarse a los electrodos por medio de un transformador y una configuración de transistores en Darlington, obteniendo una señal de 120 Vpp aproximadamente como muestra la Fig. X.

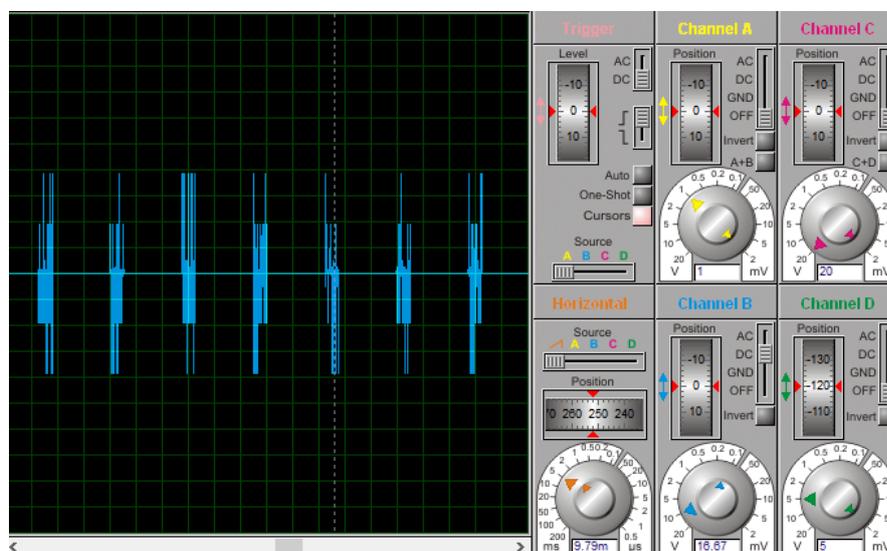


Figura 29. Salida de la señal hacia los electrodos

Fuente: Elaboración propia

4.2.4. Implementación del prototipo

Se realizó la subida de la programación al Atmega328P mediante el PICKit3

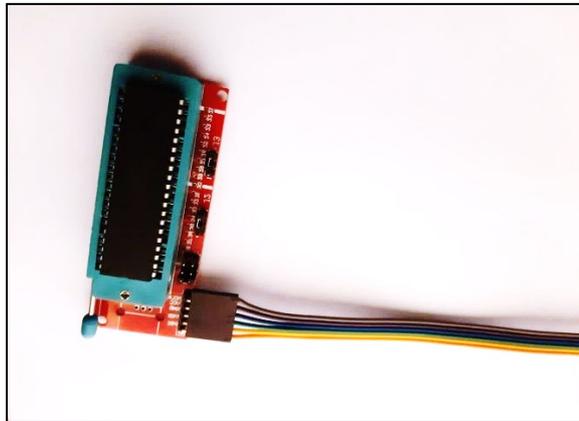


Figura 30. Programación del microcontrolador

Fuente: Elaboración propia

Se realizó el montaje de la placa PCB en un modelo por medio de una cápsula rectangular de color negro, la cual fue diseñada en el programa Sketchup. Cabe mencionar que el dispositivo recibió como nombre ELECTROADIPOLIZADOR UNAC, nombre que hizo alusión a la reducción de tejido adiposo.



Figura 31. Diseño del producto final en SketchUP

Fuente: Elaboración propia



Figura 32. Modelo de electroestimulador Kotz con dos electrodos

Fuente: Elaboración propia

El dispositivo tuvo botones para aumentar y disminuir la intensidad, así como el duty cycle

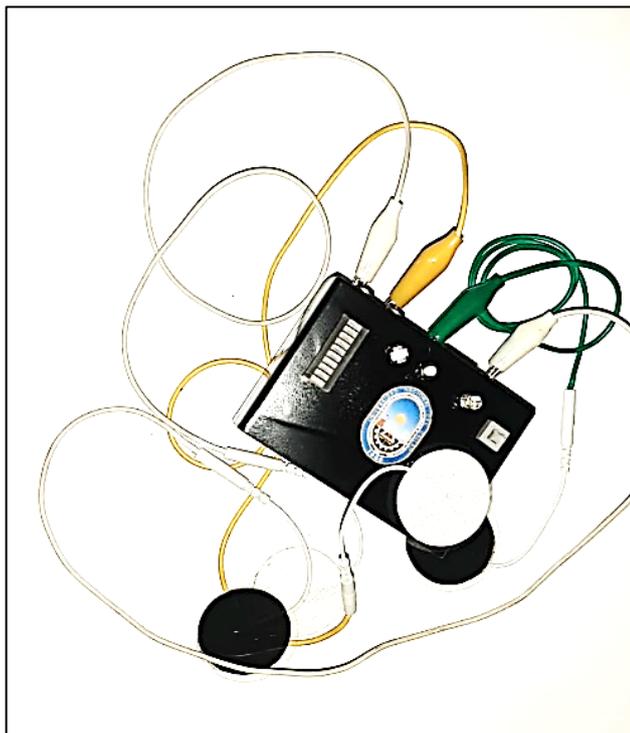


Figura 33. Modelo de electroestimulador Kotz con dos electrodos

Fuente: Elaboración propia

4.2.5. Pruebas de funcionamiento

En la etapa de pruebas de funcionamiento se realizaron en el área abdominal de los usuarios, tal cual se muestra en la siguiente figura:

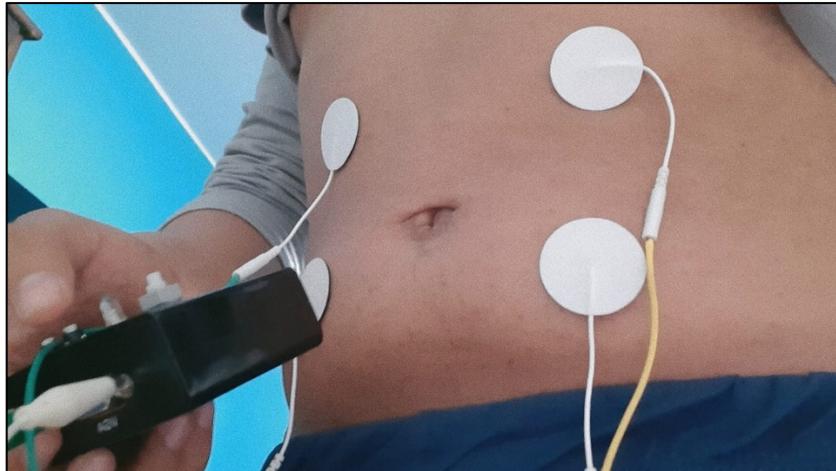


Figura 34. Pruebas realizadas en usuario anónimo

Fuente: Elaboración propia

4.3. Población y muestra

La población de estudio estuvo conformada por personas mayores de 15 años de edad del distrito de Ventanilla – Callao con problemas de sobrepeso.

En este trabajo se realizará el método de muestreo no probabilístico para enfoques cuantitativos.

4.4. Lugar de estudio y periodo desarrollado

El lugar del desarrollo de la presente investigación fue el distrito de Ventanilla – Callao, debido al contexto aún latente de pandemia y, en estado de emergencia ante una cuarta ola y extensión del contagio de la nueva enfermedad “viruela del mono”

4.5. Técnicas e instrumentos para la recolección de la información

A continuación, se muestra dos apartados donde se definen las técnicas y sus respectivos instrumentos por medio de los cuales se obtuvieron los datos necesarios en el periodo desarrollado a fin de lograr contrastar la hipótesis alternativa y nula.

4.5.1. Técnicas para la recolección de la información

Las técnicas de investigación son los distintos procesos por medio de los cuales el investigador realiza la recolección de datos importantes en el proceso de demostrar una teoría u obtener una tendencia para la contrastación de hipótesis. Para la presente investigación se utilizaron las siguientes técnicas:

Encuesta

La encuesta es una técnica que permite a quien la utiliza, la obtención y organización de datos de interés de forma eficiente y concreta. Es importante mencionar que la encuesta sigue un conjunto de procedimientos para realizar un correcto análisis de muestras de distintos casos o en el caso de la presente investigación, datos de las personas con sobrepeso.

Observación

Técnica que permite conocer el grado del protector facial al momento de ser usado por los usuarios, de este modo se comprobó mediante una escala numérica de validación el porcentaje de aceptación respecto a distintos factores.

4.5.2. Instrumentos para la recolección de la información

Guía de observación

El instrumento a utilizar fue el plicómetro ya que nos permitió medir el pliegue cutáneo de los pacientes, y para el peso se utilizó la balanza para poder consignar variaciones significativas en la masa corporal. Todo ello se consignó en la encuesta utilizada por un experto voluntario.

Datos considerados para la guía de observación

- Aplicación de electroestimulación en zona cutánea
- Nombre del paciente
- Sexo del paciente
- Edad del paciente
- Peso inicial del paciente (kg)
- Peso final del paciente (kg)
- Valor inicial medido por el plicómetro (mm)
- Zona de aplicación del electroestimulador
- Tiempo de electroestimulación
- Frecuencia de electroestimulación
- Nombre del personal a cargo

Cuestionario

En el cuestionario se consideraron 9 preguntas sobre el uso del dispositivo, todo el con el fin de poder medir el grado de satisfacción por parte de los usuarios.

4.6. Análisis y procesamiento de datos

Para el análisis y procesamiento de los datos, se utilizó el software IBM SPSS Statistic, en donde se agregaron los siguientes valores:

Datos estadísticos										
		P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9
N	Válidos	8	8	8	8	8	8	8	8	8
	Perdidos	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Donde:

- P1: Durante la aplicación del electroestimulador. ¿Sintió dolor muscular en la zona aplicada?

- P2: Después de la aplicación del electroestimulador. ¿Sintió dolor muscular en la zona aplicada?
- P3: Durante la aplicación del electroestimulador. ¿Sintió entumecimiento en la zona aplicada?
- P4: Después de la aplicación del electroestimulador. ¿Sintió entumecimiento en la zona aplicada?
- P5: Al finalizar la terapia de electroestimulación ¿tuvo quemaduras en la zona aplicada?
- P6: Después de la aplicación de electroestimulación ¿tuvo irritación a la piel en la zona aplicada?
- P7: ¿Durante la electroestimulación sintió alguna molestia en la zona aplicada?
- P8: ¿Qué tan conforme se siente con el resultado obtenido?
- P9: ¿Recomendaría usted este tratamiento a otras personas?

En el siguiente grafico se observa la vista de variables agregada al software estadístico:

	Nombre	Tipo	Anchura	Decimales	Etiqueta	Valores	Perdidos	Columnas
1	P1	Númérico	8	0	Durante la aplicación del electroestimulador. ¿Sintió dolor muscular en la zona aplicada?	{1, nunca}...	Ninguna	4
2	P2	Númérico	8	0	Después de la aplicación del electroestimulador. ¿Sintió dolor muscular en la zona aplicada?	{1, nunca}...	Ninguna	4
3	P3	Númérico	8	0	Durante la aplicación del electroestimulador. ¿Sintió entumecimiento en la zona aplicada?	{1, nunca}...	Ninguna	4
4	P4	Númérico	8	0	Después de la aplicación del electroestimulador. ¿Sintió entumecimiento en la zona aplicada?	{1, nunca}...	Ninguna	4
5	P5	Númérico	8	0	Al finalizar la terapia de electroestimulación ¿tuvo quemaduras en la zona aplicada?	{1, nunca}...	Ninguna	4
6	P6	Númérico	8	0	Después de la aplicación de electroestimulación ¿tuvo irritación a la piel en la zona aplicada?	{1, nunca}...	Ninguna	4
7	P7	Númérico	8	0	¿Durante la electroestimulación sintió alguna molestia en la zona aplicada?	{1, nunca}...	Ninguna	4
8	P8	Númérico	8	0	¿Está conforme con el resultado obtenido?	{1, nunca}...	Ninguna	4
9	P9	Númérico	8	0	¿Recomendaría usted este tratamiento a otras personas?	{1, nunca}...	Ninguna	4

Figura 35. Lista de valores agregados a la encuesta en SPSS

Fuente: Elaboración propia

En el siguiente grafico se observa los resultados de la encuesta realizada a los pacientes:

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9
1	1	1	1	1	1	1	1	5	5
2	2	2	1	1	1	1	1	4	5
3	1	1	1	1	1	1	2	4	4
4	2	2	2	2	1	1	2	4	4
5	2	2	1	1	1	1	2	4	5
6	2	2	2	2	1	1	2	4	4
7	2	2	1	1	1	1	2	5	5
8	2	2	1	1	1	1	2	4	4

Figura 36. Valores obtenidos de la encuesta

Fuente: Elaboración propia

4.7. Aspectos éticos en investigación

Los autores de la presente investigación dan fe de los datos utilizados son de autoría propia, así como las practicas realizadas a los 8 usuarios voluntarios, fueron siempre con el cuidado adecuado y las buenas prácticas del ejercicio como investigadores

V. RESULTADOS

5.1. Resultados descriptivos

Se muestran las figuras de un antes y después de la aplicación, se aprecia a simple inspección la disminución del grosor abdominal

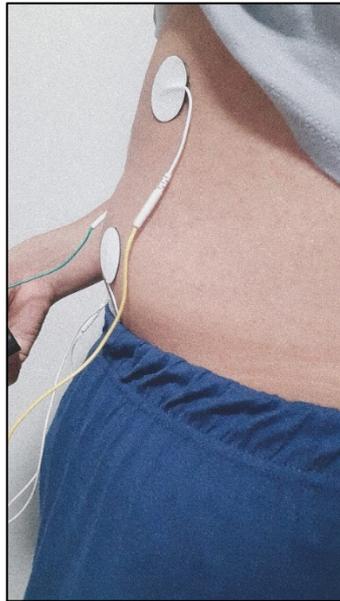


Figura 37. Primera sesión de aplicación

Fuente: Elaboración propia

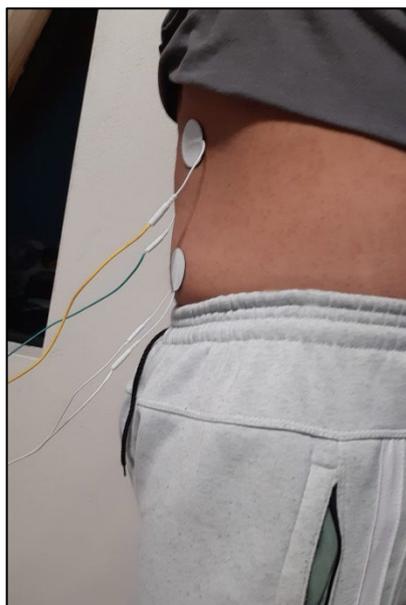


Figura 38. Sesión final de aplicación

Fuente: Elaboración propia

Se muestran los resultados obtenidos de la encuesta realizada, la cual registró los valores de datos de 8 personas

1. Durante la aplicación del electroestimulador. ¿Sintió dolor muscular en la zona aplicada?

Tabla 3. Resultados de 1º pregunta

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	nunca	2	25,0	25,0	25,0
	casi nunca	6	75,0	75,0	100,0
	Total	8	100,0	100,0	

Fuente: Elaboración propia

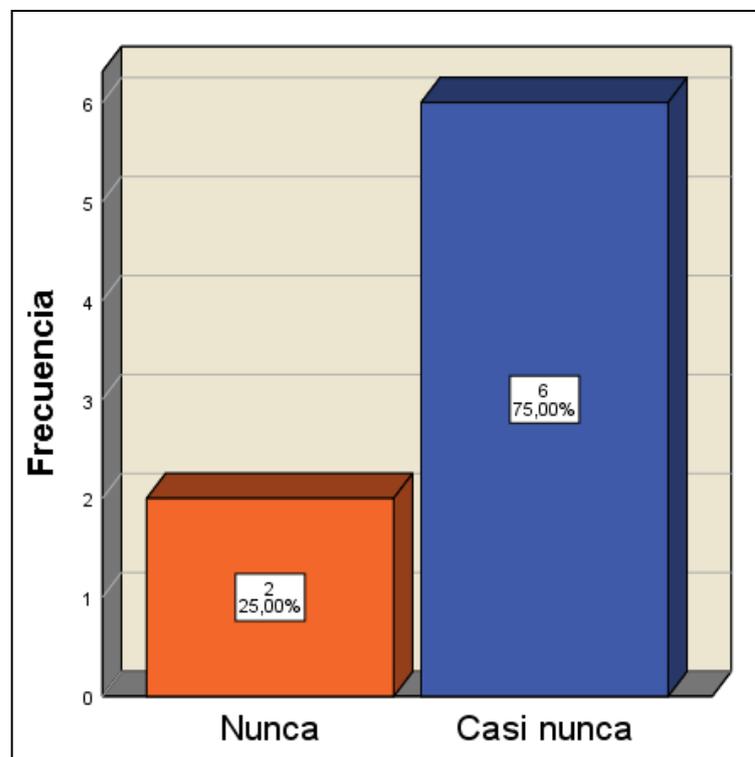


Figura 39. Gráfico de barras de 1º pregunta

Fuente: Elaboración propia

2. Después de la aplicación del electroestimulador. ¿Sintió dolor muscular en la zona aplicada?

Tabla 4. Resultados de 2º pregunta

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	nunca	2	25,0	25,0	25,0
	casi nunca	6	75,0	75,0	100,0
	Total	8	100,0	100,0	

Fuente: Elaboración propia

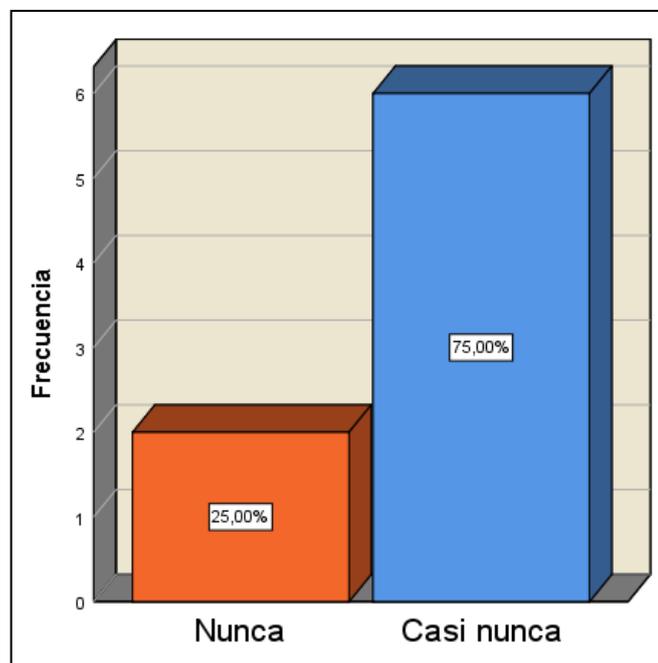


Figura 40. Gráfico de barras de 2º pregunta

Fuente: Elaboración propia

3. Durante la aplicación del electroestimulador. ¿Sintió entumecimiento en la zona aplicada?

Tabla 5. Resultados de 3º pregunta

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	nunca	6	75,0	75,0	75,0
	casi nunca	2	25,0	25,0	100,0
	Total	8	100,0	100,0	

Fuente: Elaboración propia

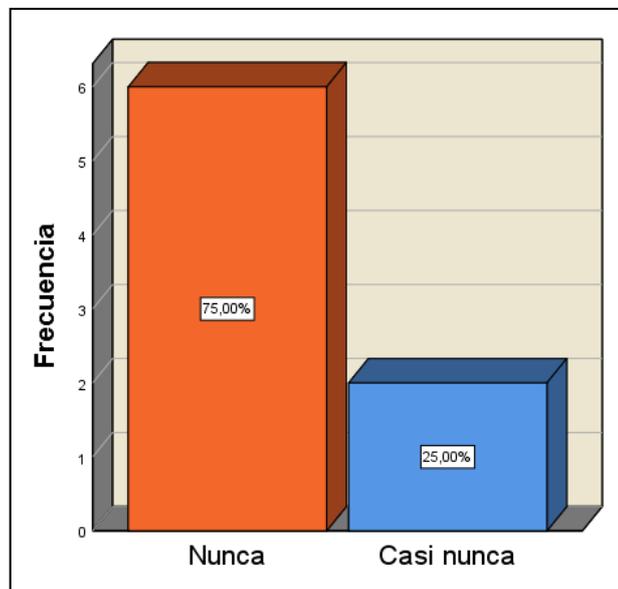


Figura 41. Gráfico de barras de 3º pregunta

Fuente: Elaboración propia

4. Después de la aplicación del electroestimulador. ¿Sintió entumecimiento en la zona aplicada?

Tabla 6. Resultados de 4º pregunta

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	nunca	6	75,0	75,0	75,0
	casi nunca	2	25,0	25,0	100,0
	Total	8	100,0	100,0	

Fuente: Elaboración propia

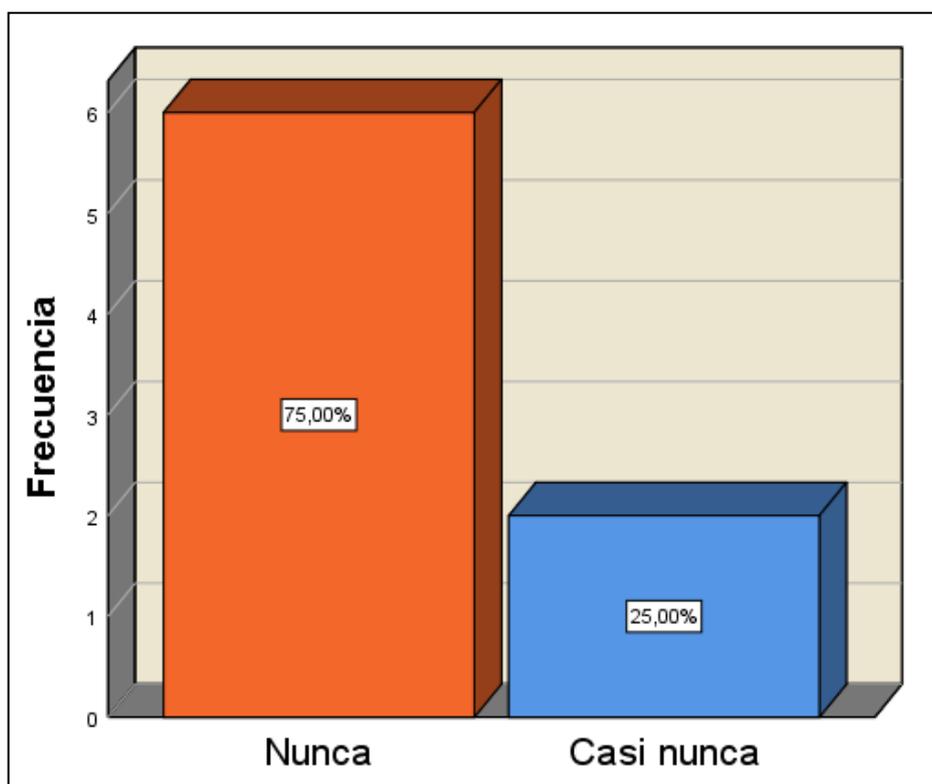


Figura 42. Gráfico de barras de 4º pregunta

Fuente: Elaboración propia

5. Al finalizar la terapia de electroestimulación ¿tuvo quemaduras en la zona aplicada?

Tabla 7. Resultados de 5º pregunta

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	nunca	8	100,0	100,0	100,0

Fuente: Elaboración propia

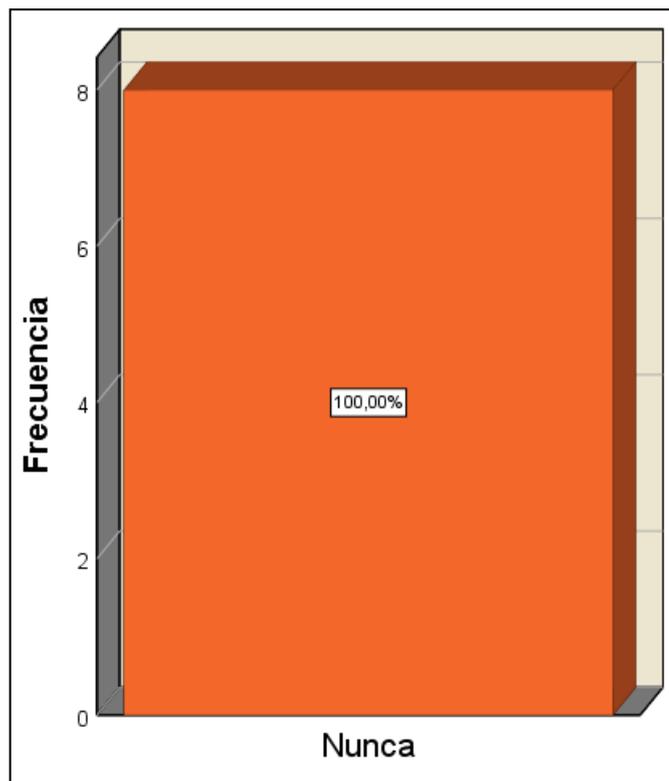


Figura 43. Gráfico de barras de 5º pregunta

Fuente: Elaboración propia

6. Después de la aplicación de electroestimulación ¿tuvo irritación a la piel en la zona aplicada?

Tabla 8. Resultados de 6º pregunta

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	nunca	8	100,0	100,0	100,0

Fuente: Elaboración propia

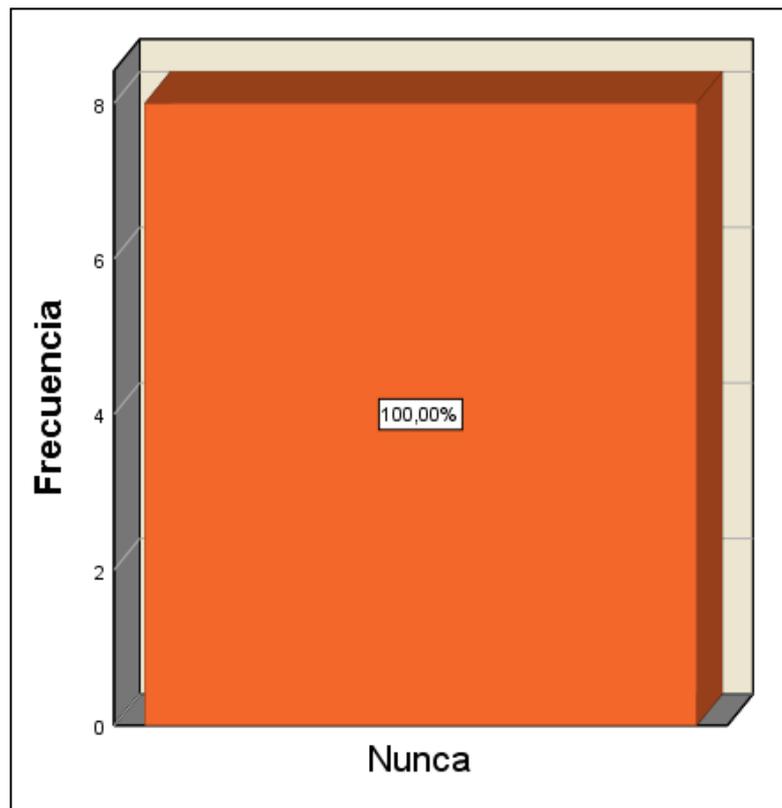


Figura 44. Gráfico de barras de 6º pregunta

Fuente: Elaboración propia

7. ¿Durante la electroestimulación sintió alguna molestia en la zona aplicada?

Tabla 9. Resultados de 7º pregunta

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	nunca	2	25,0	25,0	25,0
	casi nunca	6	75,0	75,0	100,0
	Total	8	100,0	100,0	

Fuente: Elaboración propia

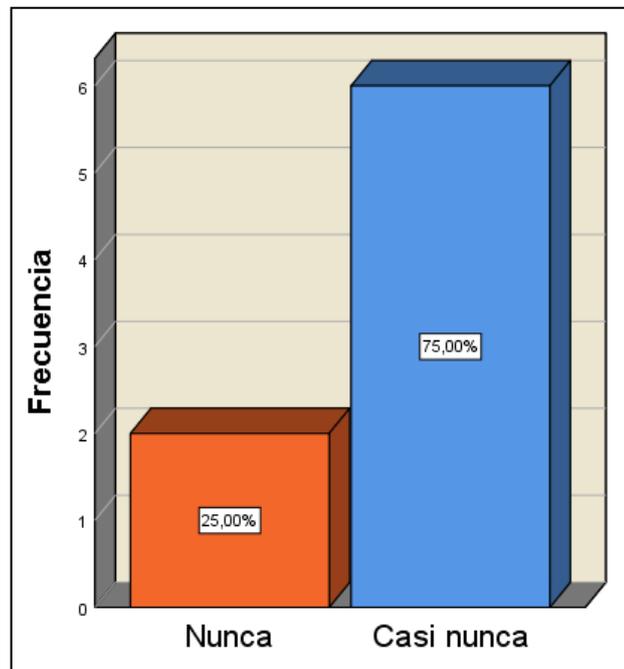


Figura 45. Gráfico de barras de 7º pregunta

Fuente: Elaboración propia

8. ¿Está conforme con el resultado obtenido?

Tabla 10. Resultados de 8º pregunta

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	casi siempre	6	75,0	75,0	75,0
	siempre	2	25,0	25,0	100,0
	Total	8	100,0	100,0	

Fuente: Elaboración propia

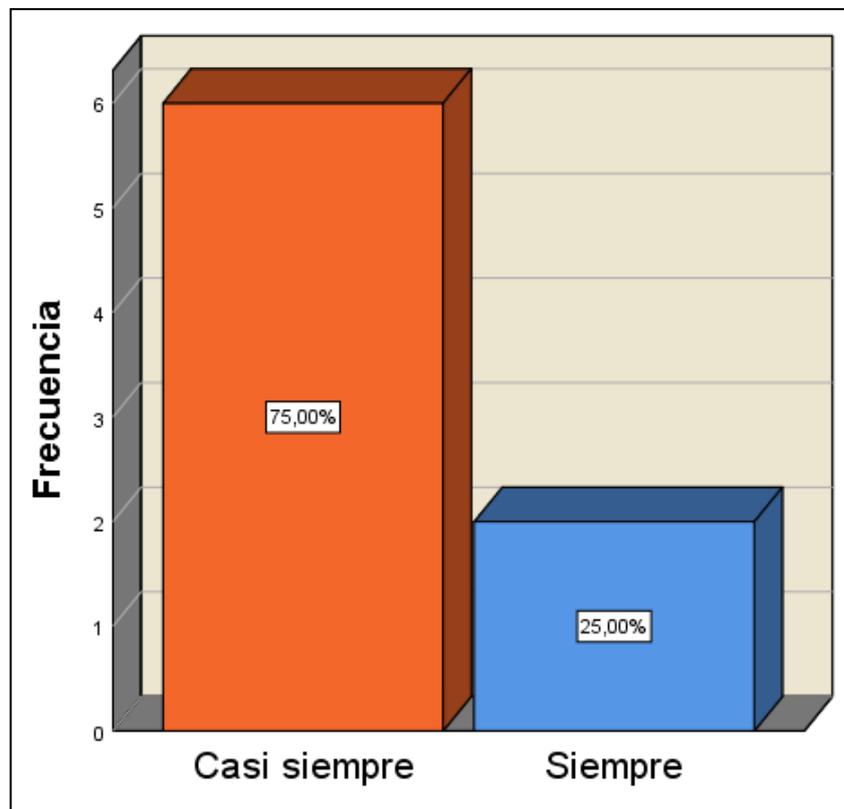


Figura 46. Gráfico de barras de 8º pregunta

Fuente: Elaboración propia

9. ¿Recomendaría usted este tratamiento a otras personas?

Tabla 11. Resultados de 9º pregunta

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	casi siempre	4	50,0	50,0	50,0
	siempre	4	50,0	50,0	100,0
	Total	8	100,0	100,0	

Fuente: Elaboración propia

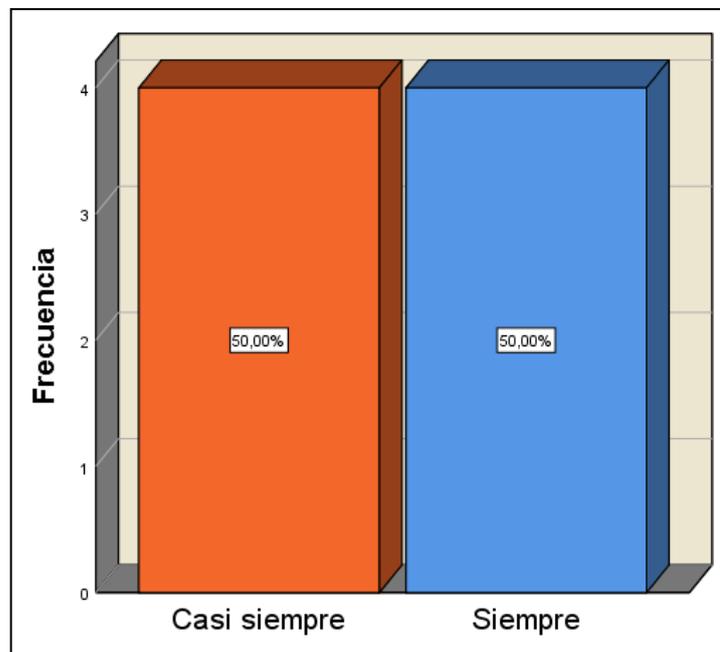


Figura 47. Gráfico de barras de 9º pregunta

Fuente: Elaboración propia

Datos obtenidos del paciente N°1:

Nombre del paciente	Paciente N°1
Sexo del paciente	Masculino
Edad del paciente	31 años
Peso inicial del paciente (kg)	89 kg
Peso final del paciente (kg)	87 kg
Valor inicial medido por el plicómetro	39 mm
Zona de aplicación del electroestimulador	Suprailíaco
Tiempo de electroestimulación	15 min
Frecuencia de electroestimulación	2.5 KHz

Sesión N°	Valor plicómetro
1	39
2	38.2
3	37.5
4	36.8
5	36
6	35
7	34.5
8	34
9	33.7
10	33
11	32
12	31
13	30.2
14	29.5
15	28.9
16	28.4

a) Porcentaje de peso reducido ($\%P_{reducido}$):

$$\%P_{reducido} = \frac{P_{final} - P_{inicial}}{P_{inicial}} \times 100\%$$

Reemplazando de los valores obtenidos, tendríamos:

$$\%P_{reducido} = \frac{87 - 89}{89} \times 100\%$$

$$\%P_{reducido} = -2.25\%$$

b) Medición del plicómetro (M):

$$M = M_{final} - M_{inicial}$$

Reemplazando de los valores obtenidos, tendríamos:

$$M = 28.4 - 39$$

$$M = -10.6 \text{ mm.}$$

$$M = -1.06 \text{ cm.}$$

Datos obtenidos del paciente N°2:

Nombre del paciente	Paciente N°2
Sexo del paciente	Masculino
Edad del paciente	37
Peso inicial del paciente (kg)	92
Peso final del paciente (kg)	90.7
Valor inicial medido por el plicómetro	41
Zona de aplicación del electroestimulador	Suprailíaco
Tiempo de electroestimulación	15 min
Frecuencia de electroestimulación	2.5 KHz

Sesión Nº	Valor plicómetro
1	41
2	40
3	38
4	37
5	36
6	35
7	33
8	32
9	31.2
10	28.5
11	27.8
12	27
13	26.4
14	26
15	25
16	24

a) Porcentaje de peso reducido ($\%P_{reducido}$):

$$\%P_{reducido} = \frac{P_{final} - P_{inicial}}{P_{inicial}} \times 100\%$$

Reemplazando de los valores obtenidos, tendríamos:

$$\%P_{reducido} = \frac{90.7 - 92}{92} \times 100\%$$

$$\%P_{reducido} = -1.41\%$$

b) Medición del plicómetro (M):

$$M = M_{final} - M_{inicial}$$

Reemplazando de los valores obtenidos, tendríamos:

$$M = 24 - 41$$

$$M = -17 \text{ mm.}$$

$$M = -1.7 \text{ cm.}$$

Datos obtenidos del paciente N°3:

Nombre del paciente	Paciente N°3
Sexo del paciente	Masculino
Edad del paciente	21
Peso inicial del paciente (kg)	72
Peso final del paciente (kg)	70.5
Valor inicial medido por el plicómetro	19
Zona de aplicación del electroestimulador	Suprailíaco
Tiempo de electroestimulación	15 min
Frecuencia de electroestimulación	2.5 KHz

Sesión N°	Valor plicómetro
1	19
2	19
3	18.8
4	18.4
5	17.8
6	17.4
7	17.1
8	16.7
9	16.2
10	15.8
11	15.3
12	14.9
13	14.5
14	14.2
15	14
16	13.9

a) Porcentaje de peso reducido ($\%P_{reducido}$):

$$\%P_{reducido} = \frac{P_{final} - P_{inicial}}{P_{inicial}} \times 100\%$$

Reemplazando de los valores obtenidos, tendríamos:

$$\%P_{reducido} = \frac{70.5 - 72}{72} \times 100\%$$

$$\%P_{reducido} = -2.08\%$$

b) Medición del plicómetro (M):

$$M = M_{final} - M_{inicial}$$

Reemplazando de los valores obtenidos, tendríamos:

$$M = 13.9 - 19$$

$$M = -5.1 \text{ mm.}$$

$$M = -0.51 \text{ cm.}$$

Datos obtenidos del paciente N°4:

Nombre del paciente	Paciente N°4
Sexo del paciente	Femenino
Edad del paciente	58
Peso inicial del paciente (kg)	66
Peso final del paciente (kg)	64
Valor inicial medido por el plicómetro	34.2
Zona de aplicación del electroestimulador	Suprailíaco
Tiempo de electroestimulación	15 min
Frecuencia de electroestimulación	2.5 KHz

Sesión N°	Valor plicómetro
1	34.2

2	34.1
3	33.8
4	33.5
5	32.6
6	31.9
7	31.2
8	30.5
9	29.3
10	28.8
11	28
12	27.2
13	26.3
14	25.5
15	24.7
16	24

a) Porcentaje de peso reducido ($\%P_{reducido}$):

$$\%P_{reducido} = \frac{P_{final} - P_{inicial}}{P_{inicial}} \times 100\%$$

Reemplazando de los valores obtenidos, tendríamos:

$$\%P_{reducido} = \frac{64 - 66}{66} \times 100\%$$

$$\%P_{reducido} = -3.03\%$$

b) Medición del plicómetro (M):

$$M = M_{final} - M_{inicial}$$

Reemplazando de los valores obtenidos, tendríamos:

$$M = 24 - 34.2$$

$$M = -10.2 \text{ mm.}$$

$$M = -1.02 \text{ cm.}$$

Datos obtenidos del paciente N°5:

Nombre del paciente	Paciente N°5
Sexo del paciente	Masculino
Edad del paciente	32
Peso inicial del paciente (kg)	118
Peso final del paciente (kg)	115
Valor inicial medido por el plicómetro	48
Zona de aplicación del electroestimulador	Suprailíaco
Tiempo de electroestimulación	15 min
Frecuencia de electroestimulación	2.5 KHz

Sesión N°	Valor plicómetro
1	48
2	47.8
3	47.5
4	47
5	46
6	45.1
7	44.3
8	43
9	42.1
10	41
11	40.2
12	39
13	38.2
14	37.5
15	36.9
16	36.3

a) Porcentaje de peso reducido ($\%P_{reducido}$):

$$\%P_{reducido} = \frac{P_{final} - P_{inicial}}{P_{inicial}} \times 100\%$$

Reemplazando de los valores obtenidos, tendríamos:

$$\%P_{reducido} = \frac{115 - 118}{118} \times 100\%$$
$$\%P_{reducido} = -2.54\%$$

b) Medición del plicómetro (M):

$$M = M_{final} - M_{inicial}$$

Reemplazando de los valores obtenidos, tendríamos:

$$M = 36.3 - 48$$

$$M = -11.7 \text{ mm.}$$

$$M = -1.17 \text{ cm.}$$

Datos obtenidos del paciente N°6:

Nombre del paciente	Paciente N°6
Sexo del paciente	Femenino
Edad del paciente	29
Peso inicial del paciente (kg)	65
Peso final del paciente (kg)	62
Valor inicial medido por el plicómetro	31
Zona de aplicación del electroestimulador	Suprailíaco
Tiempo de electroestimulación	15 min
Frecuencia de electroestimulación	2.5 KHz

Sesión N°	Valor plicómetro
1	31
2	30.9
3	30.6
4	30.2

5	29.9
6	29.5
7	29
8	28.4
9	27.6
10	27
11	26.2
12	25.5
13	24.7
14	24.3
15	23.7
16	23.1

a) Porcentaje de peso reducido ($\%P_{reducido}$):

$$\%P_{reducido} = \frac{P_{final} - P_{inicial}}{P_{inicial}} \times 100\%$$

Reemplazando de los valores obtenidos, tendríamos:

$$\%P_{reducido} = \frac{62 - 65}{65} \times 100\%$$

$$\%P_{reducido} = -4.62\%$$

b) Medición del plicómetro (M):

$$M = M_{final} - M_{inicial}$$

Reemplazando de los valores obtenidos, tendríamos:

$$M = 23.1 - 31$$

$$M = -7.9 \text{ mm.}$$

$$M = -0.79 \text{ cm.}$$

Datos obtenidos del paciente N°7:

Nombre del paciente	Paciente N°7
Sexo del paciente	Masculino
Edad del paciente	55
Peso inicial del paciente (kg)	89
Peso final del paciente (kg)	86
Valor inicial medido por el plicómetro	43
Zona de aplicación del electroestimulador	Suprailíaco
Tiempo de electroestimulación	15 min
Frecuencia de electroestimulación	2.5 KHz

Sesión N°	Valor plicómetro
1	43
2	42.8
3	42.5
4	42.1
5	41.7
6	41.2
7	40.6
8	40
9	39.1
10	38.2
11	37
12	36
13	35.1
14	34
15	33.1
16	32

a) Porcentaje de peso reducido ($\%P_{reducido}$):

$$\%P_{reducido} = \frac{P_{final} - P_{inicial}}{P_{inicial}} \times 100\%$$

Reemplazando de los valores obtenidos, tendríamos:

$$\%P_{reducido} = \frac{86 - 89}{89} \times 100\%$$

$$\%P_{reducido} = -3.37\%$$

b) Medición del plicómetro (M):

$$M = M_{final} - M_{inicial}$$

Reemplazando de los valores obtenidos, tendríamos:

$$M = 32 - 43$$

$$M = -11 \text{ mm.}$$

$$M = -1.1 \text{ cm.}$$

Datos obtenidos del paciente N°8:

Nombre del paciente	Paciente N°8
Sexo del paciente	Femenino
Edad del paciente	24
Peso inicial del paciente (kg)	75
Peso final del paciente (kg)	71
Valor inicial medido por el plicómetro	44
Zona de aplicación del electroestimulador	Suprailíaco
Tiempo de electroestimulación	15 min
Frecuencia de electroestimulación	2.5 KHz

Sesión N°	Valor plicómetro
1	44
2	43.5
3	42.2

4	41.5
5	40.6
6	39.4
7	38
8	37.1
9	36.3
10	35.4
11	34.2
12	33
13	32.2
14	31.1
15	30.5
16	29

a) Porcentaje de peso reducido ($\%P_{reducido}$):

$$\%P_{reducido} = \frac{P_{final} - P_{inicial}}{P_{inicial}} \times 100\%$$

Reemplazando de los valores obtenidos, tendríamos:

$$\%P_{reducido} = \frac{71 - 75}{75} \times 100\%$$

$$\%P_{reducido} = -5.33\%$$

b) Medición del plicómetro (M):

$$M = M_{final} - M_{inicial}$$

Reemplazando de los valores obtenidos, tendríamos:

$$M = 29 - 44$$

$$M = -15 \text{ mm.}$$

$$M = -1.5 \text{ cm.}$$

VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1. Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados

- De la tabla N°1 podemos deducir que el 25% de los encuestados nunca sintió algún dolor muscular durante la aplicación del electroestimulador, y el 75% restante casi nunca sintió dolor o fue casi insignificante.
- De la tabla N°2 podemos deducir que el 25% de los encuestados nunca sintió algún dolor muscular después de la aplicación del electroestimulador, y el 75% restante casi nunca sintió dolor o fue casi insignificante.
- De la tabla N°3 podemos deducir que el 75% de los encuestados nunca sintió entumecimiento durante la aplicación del electroestimulador, y el 25% restante casi nunca sintió entumecimiento o este fue casi insignificante.
- De la tabla N°4 podemos deducir que el 75% de los encuestados nunca sintió entumecimiento después de la aplicación del electroestimulador, y el 25% restante casi nunca sintió entumecimiento o este fue casi insignificante.
- De la tabla N°5 podemos deducir que el 100% de los encuestados nunca tuvo quemaduras, en la zona aplicada, al finalizar la terapia de electroestimulación.
- De la tabla N°6 podemos deducir que el 100% de los encuestados nunca tuvo irritación de la piel, en la zona aplicada, después de la aplicación de electroestimulación.
- De la tabla N°7 podemos deducir que el 25% de los encuestados nunca sintió alguna molestia en la zona aplicada durante la electroestimulación, y el 75% restante casi nunca sintió alguna molestia o este fue casi insignificante.
- De la tabla N°8 podemos deducir que el 25% de los encuestados está muy conforme con el resultado obtenido, y el 75% restante sólo conforme.
- De la tabla N°9 podemos deducir que el 50% de los encuestados recomendaría sin duda alguna el tratamiento de electroestimulación para reducción de grasa cutánea, y el 50% restante lo recomendaría la mayoría de veces.

Para la contrastación de la hipótesis se realizó una tabla cruzada con 2 variables importantes, las cuales son la conformidad con el resultado obtenido y si el

paciente sintió alguna molestia durante la aplicación de electroestimulación, obteniéndose la siguiente tabla:

Tabla 12. Tabla cruzada

Tabla cruzada: ¿Durante la electroestimulación sintió alguna molestia en la zona aplicada? *¿Está conforme con el resultado obtenido?				
Recuento				
		¿Está conforme con el resultado obtenido?		Total
		casi siempre	siempre	
¿Durante la electroestimulación sintió alguna molestia en la zona aplicada?	nunca	1	1	2
	casi nunca	5	1	6
Total		6	2	8

Fuente: Elaboración propia

Tabla 13. Pruebas de chi-cuadrado

Pruebas de chi-cuadrado					
	Valor	df	Significación asintótica (bilateral)	Significación exacta (bilateral)	Significación exacta (unilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	,889 ^a	1	0,346		
Corrección de continuidad ^b	,000	1	1,000		
Razón de verosimilitud	,818	1	0,366		
Prueba exacta de Fisher				0,464	0,464
Asociación lineal por lineal	,778	1	0,378		
N de casos válidos	8				
a. 4 casillas (100,0%) han esperado un recuento menor que 5. El recuento mínimo esperado es ,50.					
b. Sólo se ha calculado para una tabla 2x2					

Fuente: Elaboración propia

CONTRASTACIÓN DE H.G.

- En donde se observa que el valor de “significación asintótica (bilateral)” 0.346 es menor que 5%. Con lo cual comprueba nuestra hipótesis general, mediante la prueba de chi-cuadrado.

CONTRASTACIÓN HE1

- De los datos obtenidos de los pacientes se deduce que el porcentaje de peso reducido ($\%P_{reducido}$) ha disminuido con respecto a su valor inicial. Con lo que se comprueba que el prototipo implementado reduce el peso acumulado en el cuerpo humano según se indica en la hipótesis específica N°1.

CONTRASTACIÓN HE2

- De los valores obtenidos tras la medición con el plicómetro en los pacientes (antes y después), se deduce que el valor a disminuido, con lo que se comprueba que el prototipo implementado reduce la medida abdominal acumulada en el cuerpo humano según se indica en la hipótesis específica N°2.

VII. CONCLUSIONES

- A partir de la investigación realizada se deslinda que el sistema es viable para la reducción del tejido adiposo por medio del uso de un prototipo de electroestimulador, y puede ser escalable según la opinión de los usuarios encuestados.
- Los componentes utilizados no son de alto costo, ello implica que el desarrollo de un producto que, en la actualidad se adquiere a un gran costo, puede ser de alcance para todo público.
- El dispositivo genera comodidad respecto a su uso, haciéndolo recomendable para el uso personal y sin prescripción o supervisión médica.
- Se concluye que el dispositivo podría ser comercial debido a su alto impacto y necesidad de las personas que actualmente no posee tiempo para realizar un tratamiento o recursos para una rutina para la mejora de la salud física.

VIII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda elaborar un dispositivo en base al presentado en la investigación para diversas aplicaciones en otras áreas del cuerpo humano.
- Se recomienda realizar pruebas con microcontroladores más comerciales para elaborar un plan de producción.
- Se recomienda no rociar con alcohol el circuito debido a que podría causar daños en la placa y sus componentes

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] J. Alejandro, B. Salinas, and M. A. S. Arratia, "Estado de la investigación sobre obesidad y sobrepeso: una revisión crítica y socioantropológica 1 The state of research on obesity and overweight: a critical and social anthropological review", Accessed: Jul. 06, 2022. [Online]. Available: <https://orcid.org/0000-0001-9975-8281>
- [2] F. Lifshitz and J. Z. Lifshitz, "Globesity: The root causes of the obesity epidemic in the USA and now worldwide," *Pediatric Endocrinology Reviews*, vol. 12, no. 1, pp. 17–34, Sep. 2014.
- [3] "Obesidad y sobrepeso." <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight> (accessed Jul. 06, 2022).
- [4] Perú: Enfermedades No Transmisibles y Transmisibles, Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2018.
- [5] A. Martínez Tamayo and L. Victoria Rodríguez Rodríguez Fidel Martínez Tamayo, "IMPACTO PSICOLÓGICO DE LA OBESIDAD EN NIÑOS Y ADOLESCENTES VISTOS DESDE LA UNIVERSIDAD, LAS INSTITUCIONES DE SALUD Y LA FAMILIA." Accessed: Jul. 06, 2022. [Online]. Available: <https://www.eumed.net/rev/rilcoDS/08/obesidad-ninos-adolescentes.html>
- [6] Corvalán M., Havia M., Riquelme A. Efecto del uso de electrolipólisis abdominal y/o entrenamiento de alta intensidad y corta duración sobre la composición corporal en mujeres sedentarias con sobrepeso entre 20 y 30 años. Universidad Fini Terrae. Santiago, Chile, 2019.
- [7] I. Diaz Gutiérrez, "Propuesta metodológica para el mantenimiento de la capacidad de resistencia con electroestimulación de cuerpo completo en sujetos físicamente activos", M.S. Thesis, Universidad de León, España, 2017.
- [8] Trelles Mario A, Mir-Mir Sebastián, Ardiaca María del Carmen, Trelles Kathrin. Remodelación de la grasa localizada con ultrasonidos de baja frecuencia, intensidad media y múltiple focalización: conclusiones

preliminares. Cir. plást. iberolatinoam. [Internet]. 2020 Mar [citado 2020 Jul 26];46(1):85-98.

- [9] I. Osorio Londoño, “Diseño y construcción de un módulo de generación de ondas para modelado dinámico de generadores síncronos a partir de la metodología de barrido en frecuencias a rotor bloqueado”, M.S. Thesis, Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia, 2019.
- [10] J. A. Cabrera Naranjo y G. F. Hoyos Aguilar, “Diseño y construcción de un electroestimulador muscular digital”, Quito, 2015., 2015.
- [11] Grados Gamarra, J. y Rubiños Jiménez, S. Diseño de un electroestimulador muscular asequible para poblaciones de zonas rurales. Callao, Perú, 2019.
- [12] J. Jiménez Sosa y D. A. Peña Villafana, “Diseño de un prototipo Low cost de electroestimulador Tens-Ems orientado a mejorar el proceso de rehabilitación de personas que padecen de enfermedades musculares”, Tesis de grado, Universidad San Martín de Porres, Lima, 2020.
- [13] I. M. Apéstegui Arriola, “Desarrollo de un dispositivo de electroestimulación muscular para el entrenamiento y fortalecimiento de fibras musculares”, tesis de grado, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, 2013.
- [14] I. Tame Cuba, “Diseño e implementación de un dispositivo electroestimulador portátil utilizando un microcontrolador e interfaz gráfica para reducir el estrés laboral de los trabajadores administrativos de la empresa Medinet S.A.C.”, tesis de grado, Universidad Tecnológica del Perú, Lima, 2019.
- [15] M. E. Pauccara, “Diseño de un analizador de corrientes TENS de un electroestimulador”, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima - Perú, 2021.
- [16] C. A. Góngora, “Prevalencia de sobrepeso, obesidad y factores que inciden en su presentación en los pacientes que acudieron a la consulta externa de las áreas clínicas del hospital “Enrique Garcés” de la ciudad

- de Quito desde el 1 al 15 de diciembre del 2014”, M.S. Thesis, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito, 2014.
- [17] D. Del Castillo Fernández, “Obesidad infantil y su efecto sobre el rendimiento académico: un análisis de la cohorte Niños del Milenio entre los años 2009 y 2016”, Tesis de grado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, 2021.
- [18] E. Guillot Sánchez, “Contenido de ácidos grasos trans en tejido adiposo subcutáneo y visceral como factor de riesgo cardiovascular y diabetes mellitus”, M.S. Thesis, Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C, Hermosillo, 2012.
- [19] G. A. Masías, “Consumo de Grasas y Factores de Riesgo Cardiovascular en Adultos de 55 a 65 años con Cardiopatía Coronaria”, Tesis de grado, Universidad Abierta Interamericana, Argentina, 2012.
- [20] L. A. Rivadeneira Vergara, “Análisis de fallas y control de protecciones como prevención de riesgos eléctricos”, tesis de grado, Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador, 2010.
- [21] I. E. Ñauta Ñauta, “Análisis de efectos fisiológicos en el ser humano debido a descargas atmosféricas que impactan líneas aéreas de distribución eléctrica”, M.S. Thesis, Universidad de Cuenca, Ecuador, 2018.
- [22] J. O. Mite Rivera, “Diseño de un generador de señales para estudiantes en la Facultad de Ingeniería Industrial”, tesis de grado, Universidad de Guayaquil, Ecuador, 2017.
- [23] E. Farfán Suárez, “Acondicionamiento de señal proveniente de un acelerómetro MEMS”, tesis de grado, Universidad Nacional Autónoma de México, México D.F., 2010.
- [24] C. A. Hurtado Araiza, “Propuesta de un amplificador de audio empleando un inversos PWM”, tesis de grado, Instituto Politécnico Nacional, México, 2018.
- [25] M. A. Barrón Castelán, “Medición de temperatura en rangos industriales, transmitida por corriente de 4 a 20 mA y con salida en un

- rango de 0 a 5 volts”, M.S. Thesis, Instituto Tecnológico de Ciudad Madero, México, 2010.
- [26] J. M. Murillo Macias, “Análisis y diseño de un módulo generador de señales que se integre al desarrollo de un laboratorio educativo portátil para ingeniería”, tesis de grado, Universidad de Guayaquil, Ecuador, 2020.
- [27] “ATmega328P 8-bit AVR Microcontroller with 32K Bytes In-System Programmable Flash DATASHEET.”
- [28] C. C. Cabezas Zábala, B. C. Hernández Torres y M. Vargas Zárate, “Aceites y grasas: efectos en la salud y regulación mundial”, Vol. 64, No. 4: 761-8, Rev. Fac. Med, 2016.
- [29] M. J. Aguado Benedí, “Resistencia de la piel al paso de la corriente eléctrica en adultos trabajadores”, Ph.D Thesis, Universidad Complutense de Madrid, España, 1998.
- [30] E. B. Bruno Rodríguez y C. E. López Miranda, “Adecuación del método de espectroscopia infrarroja en la identificación de grasas trans en margarina”, tesis de grado, Universidad de El Salvador, Salvador, 2012.
- [31] E. E. Gutiérrez Paredes, “Colesterol y triglicéridos y su relación con el índice de masa corporal (IMC) en pacientes adultos que acuden al Servicio Académico Asistencial de Análisis Clínicos (SAAAC)”, tesis de grado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, 2009.
- [32] E. D. Morales Pérez, “Medidas Fisiológicas para Evaluación de Usabilidad: el Caso del Ritmo Cardíaco”, M.S. Thesis, Universidad Veracruzana, Xalapa, 2018.
- [33] “Ondas rusas - Gala - Sistemas de Belleza.” <https://galabelleza.com/p/ondas-rusas> (accessed Jul. 07, 2022).
- [34] O. Semiconductor, “TIP120, TIP121, TIP122 (NPN); TIP125, TIP126, TIP126 (PNP) - Plastic Medium-Power Complementary Silicon Transistors”, Accessed: Jul. 07, 2022. [Online]. Available: www.onsemi.com

ANEXOS

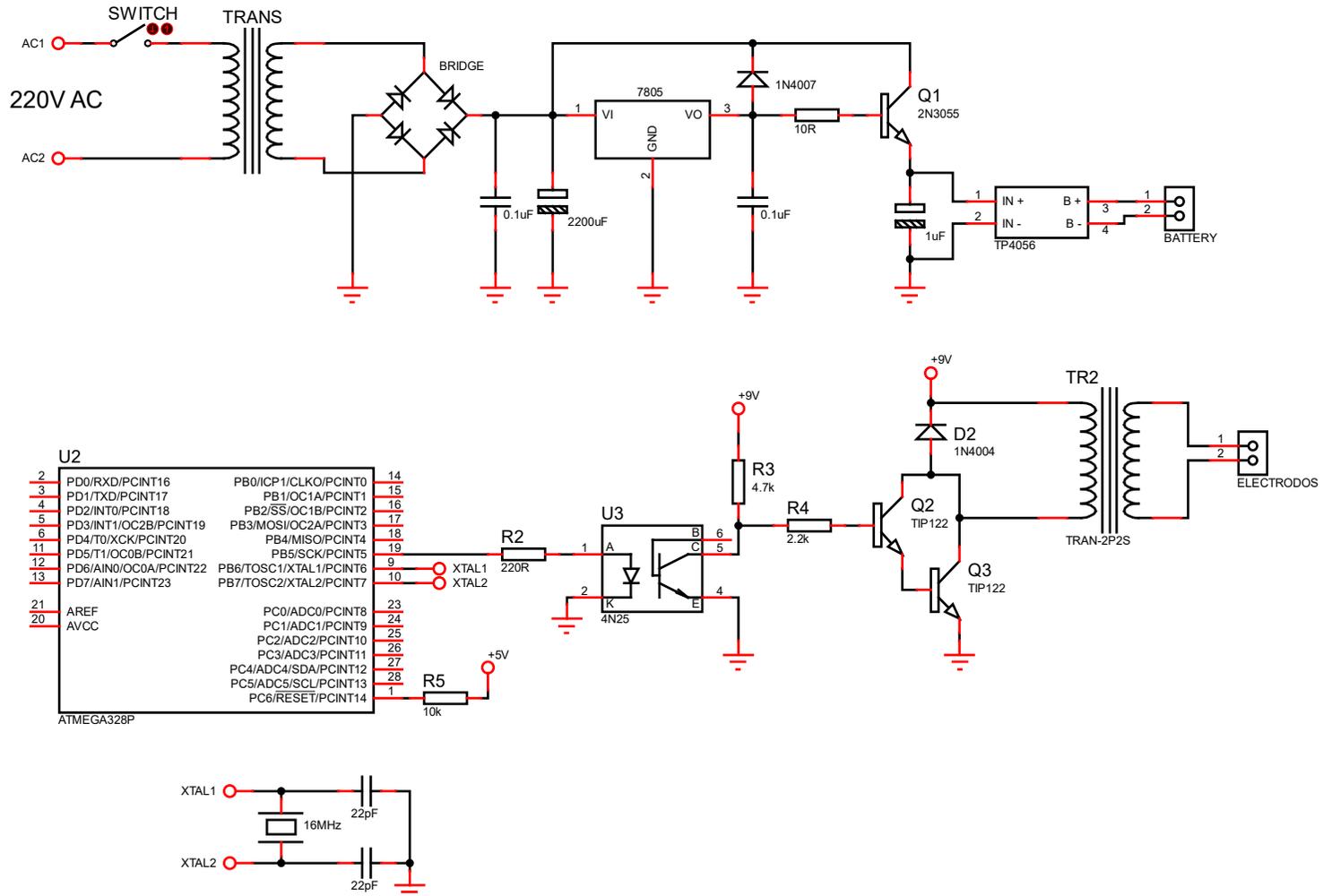
Anexo 1: Matriz de consistencia

TÍTULO: “DISEÑO Y ELABORACIÓN DE UN PROTOTIPO DE ELECTROESTIMULACIÓN DE APLICACIÓN NO INVASIVA PARA LA REDUCCIÓN DEL TEJIDO ADIPOSO ACUMULADO EN EL CUERPO HUMANO”						
PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	DISEÑO METODOLÓGICO
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	INDEPENDIENTE			TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN
¿En qué medida el Diseño y elaboración de un prototipo de electroestimulación de aplicación no invasiva permitirá la reducción del tejido adiposo acumulado en el cuerpo humano, Callao 2020?	Diseñar y elaborar un prototipo de electroestimulación de aplicación no invasiva para la reducción del tejido adiposo acumulado en el cuerpo humano, Callao 2020	Hi: El Diseño y la elaboración de un prototipo de electroestimulación de aplicación no invasiva permitirá la reducción del tejido adiposo acumulado en el cuerpo humano, Callao 2020	Diseño y elaboración de un prototipo de electroestimulación	Amplitud de voltaje	Intensidad de corriente	Diseño experimental cuasi experimental de tipo aplicativo - explicativo
		Ho: El Diseño y la elaboración de un prototipo de electroestimulación de aplicación no invasiva NO permitirá la reducción del tejido adiposo		Tiempo de aplicación por sesión		Nivel de satisfacción

		acumulado en el cuerpo humano, Callao 2020				enfoque cuantitativo
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS				POBLACIÓN Y MUESTRA
¿En qué medida el Diseño y elaboración de un prototipo de electroestimulación de aplicación no invasiva permitirá la reducción del peso acumulado en el cuerpo humano, Callao 2020?	Diseñar y elaborar un prototipo de electroestimulación de aplicación no invasiva para la reducción del peso acumulado en el cuerpo humano, Callao 2020	El Diseño y la elaboración de un prototipo de electroestimulación de aplicación no invasiva permitirá la reducción del peso acumulado en el cuerpo humano, Callao 2020		Ancho de banda	Frecuencia de electroestimulación	Personas mayores de 15 años de edad del distrito Ventanilla - Callao Método de muestreo no probabilístico.
			DEPENDIENTE	DIMENSIONES	INDICADORES	LUGAR DE ESTUDIO Y PERIODO DESARROLLADO
			Tejido adiposo	Peso	Porcentaje de peso reducido	Distrito de Ventanilla – Callao
¿En qué medida el Diseño y elaboración de un prototipo de	Diseñar y elaborar un prototipo de	El Diseño y la elaboración de un prototipo de electroestimulación				

<p>electroestimulación de aplicación no invasiva permitirá la reducción de la medida abdominal acumulada en el cuerpo humano, Callao 2020?</p>	<p>electroestimulación de aplicación no invasiva para la reducción de la medida abdominal acumulada en el cuerpo humano, Callao 2020</p>	<p>n de aplicación no invasiva permitirá la reducción de la medida abdominal acumulada en el cuerpo humano, Callao 2020</p>		<p>Medida abdominal</p>	<p>Medición de plicómetro</p>	<p>TÉNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS</p> <p>La técnica de recolección de datos que se utilizará en la presente investigación será la encuesta y la observación. El instrumento a utilizar será el plicómetro</p>
--	--	---	--	-------------------------	-------------------------------	--

Anexo 2: Esquemático del diseño del circuito



Anexo 3: Formato de guía de observación

GUIA DE OBSERVACIÓN	
Aplicación de electroestimulación en zona cutánea	
Nombre del paciente	
Sexo del paciente	
Edad del paciente	
Peso inicial del paciente (kg)	
Peso final del paciente (kg)	
Valor inicial medido por el plicómetro (mm)	
Zona de aplicación del electroestimulador	
Tiempo de electroestimulación	
Frecuencia de electroestimulación	
Nombre del personal a cargo	

Registro: En esta ficha se ingresarán los datos tomados con el instrumento plicómetro en milímetros, después de cada sesión de electroestimulación.

SESIÓN Nº	VALOR ACTUAL MEDIDO POR EL PLICÓMETRO, DESPUÉS DE LA ELECTROESTIMULACIÓN (mm)
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
11	
12	
13	
14	
15	
16	

Observación:

- Se utilizará el plicómetro como instrumento para medir el grosor del pliegue cutáneo y así obtener datos de la grasa corporal del paciente.
- Las sesiones corresponden a 2 veces por semana por un periodo total de 2 meses.

Anexo 4: Formato de cuestionario

CUESTIONARIO DE GRADO DE SATISFACCION DEL PACIENTE

En una escala del 1 al 5, donde 1 significa nunca, 2 significa casi nunca, 3 significa a veces, 4 significa casi siempre y 5 significa siempre. Responda las siguientes preguntas:

PREGUNTAS		1	2	3	4	5
1	Durante la aplicación del electroestimulador. ¿Sintió dolor muscular en la zona aplicada?					
2	Después de la aplicación del electroestimulador. ¿Sintió dolor muscular en la zona aplicada?					
3	Durante la aplicación del electroestimulador. ¿Sintió entumecimiento en la zona aplicada?					
4	Después de la aplicación del electroestimulador. ¿Sintió entumecimiento en la zona aplicada?					
5	Al finalizar la terapia de electroestimulación ¿tuvo quemaduras en la zona aplicada?					
6	Después de la aplicación de electroestimulación ¿tuvo irritación a la piel en la zona aplicada?					
7	¿Durante la electroestimulación sintió alguna molestia en la zona aplicada?					
8	¿Está conforme con el resultado obtenido?					
9	¿Recomendaría usted este tratamiento a otras personas?					

Anexo 5: Datasheet de Atmega328P

Features

- High Performance, Low Power AVR[®] 8-Bit Microcontroller
- Advanced RISC Architecture
 - 131 Powerful Instructions – Most Single Clock Cycle Execution
 - 32 x 8 General Purpose Working Registers
 - Fully Static Operation
 - Up to 20 MIPS Throughput at 20 MHz
 - On-chip 2-cycle Multiplier
- High Endurance Non-volatile Memory Segments
 - 4/8/16/32K Bytes of In-System Self-Programmable Flash program memory (ATmega48P/88P/168P/328P)
 - 256/512/512/1K Bytes EEPROM (ATmega48P/88P/168P/328P)
 - 512/1K/1K/2K Bytes Internal SRAM (ATmega48P/88P/168P/328P)
 - Write/Erase Cycles: 10,000 Flash/100,000 EEPROM
 - Data retention: 20 years at 85°C/100 years at 25°C⁽¹⁾
 - Optional Boot Code Section with Independent Lock Bits
 - In-System Programming by On-chip Boot Program
 - True Read-While-Write Operation
 - Programming Lock for Software Security
- Peripheral Features
 - Two 8-bit Timer/Counters with Separate Prescaler and Compare Mode
 - One 16-bit Timer/Counter with Separate Prescaler, Compare Mode, and Capture Mode
 - Real Time Counter with Separate Oscillator
 - Six PWM Channels
 - 8-channel 10-bit ADC in TQFP and QFN/MLF package
 - Temperature Measurement
 - 6-channel 10-bit ADC in PDIP Package
 - Temperature Measurement
 - Programmable Serial USART
 - Master/Slave SPI Serial Interface
 - Byte-oriented 2-wire Serial Interface (Philips I²C compatible)
 - Programmable Watchdog Timer with Separate On-chip Oscillator
 - On-chip Analog Comparator
 - Interrupt and Wake-up on Pin Change
- Special Microcontroller Features
 - Power-on Reset and Programmable Brown-out Detection
 - Internal Calibrated Oscillator
 - External and Internal Interrupt Sources
 - Six Sleep Modes: Idle, ADC Noise Reduction, Power-save, Power-down, Standby, and Extended Standby
- I/O and Packages
 - 23 Programmable I/O Lines
 - 28-pin PDIP, 32-lead TQFP, 28-pad QFN/MLF and 32-pad QFN/MLF
- Operating Voltage:
 - 1.8 - 5.5V for ATmega48P/88P/168PV
 - 2.7 - 5.5V for ATmega48P/88P/168P
 - 1.8 - 5.5V for ATmega328P
- Temperature Range:
 - -40°C to 85°C
- Speed Grade:
 - ATmega48P/88P/168PV: 0 - 4 MHz @ 1.8 - 5.5V, 0 - 10 MHz @ 2.7 - 5.5V
 - ATmega48P/88P/168P: 0 - 10 MHz @ 2.7 - 5.5V, 0 - 20 MHz @ 4.5 - 5.5V
 - ATmega328P: 0 - 4 MHz @ 1.8 - 5.5V, 0 - 10 MHz @ 2.7 - 5.5V, 0 - 20 MHz @ 4.5 - 5.5V
- Low Power Consumption at 1 MHz, 1.8V, 25°C for ATmega48P/88P/168P:
 - Active Mode: 0.3 mA
 - Power-down Mode: 0.1 µA
 - Power-save Mode: 0.8 µA (Including 32 kHz RTC)



8-bit **AVR[®]**
Microcontroller
with 4/8/16/32K
Bytes In-System
Programmable
Flash

ATmega48P/V
ATmega88P/V
ATmega168P/V
ATmega328P

Preliminary

Summary

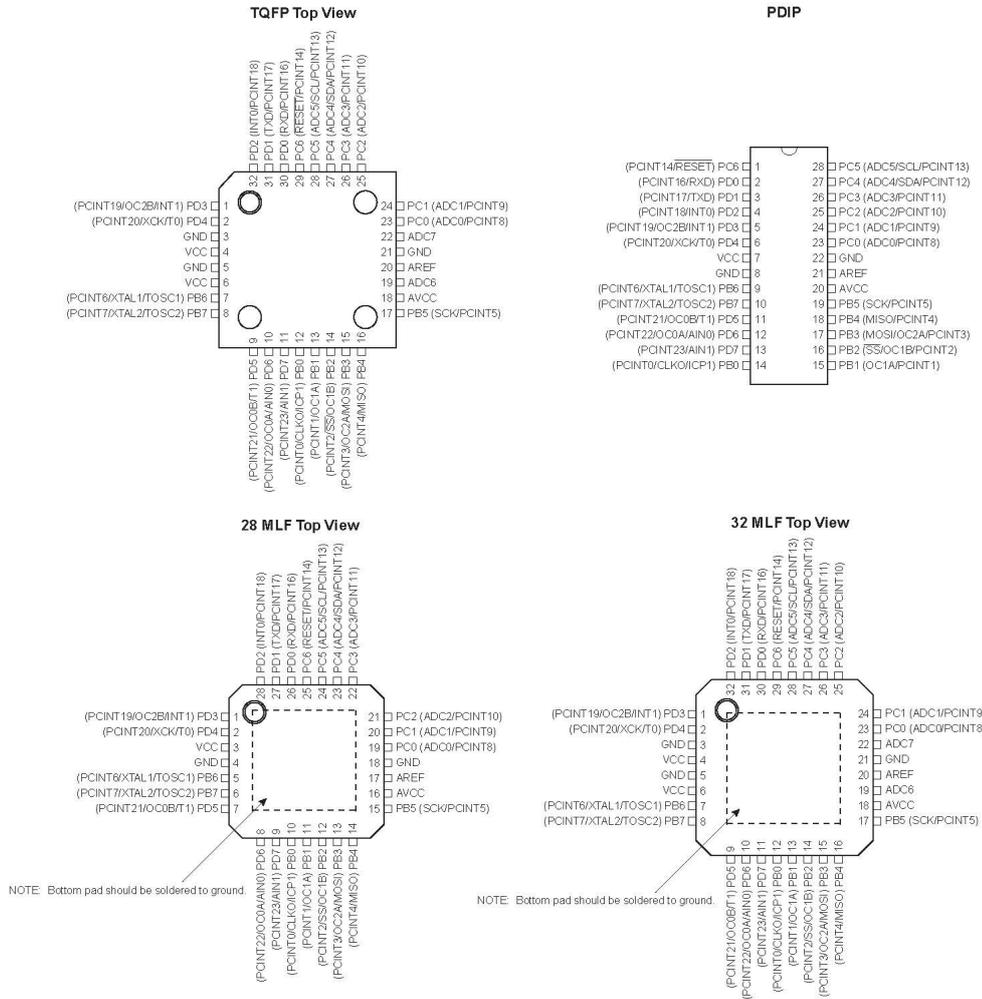
Rev. 8025FS-AVR-08/08





1. Pin Configurations

Figure 1-1. Pinout ATmega48P/88P/168P/328P



1.1 Pin Descriptions

1.1.1 VCC

Digital supply voltage.

1.1.2 GND

Ground.

1.1.3 Port B (PB7:0) XTAL1/XTAL2/TOSC1/TOSC2

Port B is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port B output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port B pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port B pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.

Depending on the clock selection fuse settings, PB6 can be used as input to the inverting Oscillator amplifier and input to the internal clock operating circuit.

Depending on the clock selection fuse settings, PB7 can be used as output from the inverting Oscillator amplifier.

If the Internal Calibrated RC Oscillator is used as chip clock source, PB7.6 is used as TOSC2.1 input for the Asynchronous Timer/Counter2 if the AS2 bit in ASSR is set.

The various special features of Port B are elaborated in "[Alternate Functions of Port B](#)" on page 82 and "[System Clock and Clock Options](#)" on page 26.

1.1.4 Port C (PC5:0)

Port C is a 7-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The PC5.0 output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port C pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port C pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.

1.1.5 PC6/RESET

If the RSTDISBL Fuse is programmed, PC6 is used as an I/O pin. Note that the electrical characteristics of PC6 differ from those of the other pins of Port C.

If the RSTDISBL Fuse is unprogrammed, PC6 is used as a Reset input. A low level on this pin for longer than the minimum pulse length will generate a Reset, even if the clock is not running. The minimum pulse length is given in [Table 28-3 on page 320](#). Shorter pulses are not guaranteed to generate a Reset.

The various special features of Port C are elaborated in "[Alternate Functions of Port C](#)" on page 85.

1.1.6 Port D (PD7:0)

Port D is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port D output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port D pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port D pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.



The various special features of Port D are elaborated in "[Alternate Functions of Port D](#)" on page 88.

1.1.7 AV_{CC}

AV_{CC} is the supply voltage pin for the A/D Converter, PC3:0, and ADC7:6. It should be externally connected to V_{CCi}, even if the ADC is not used. If the ADC is used, it should be connected to V_{CC} through a low-pass filter. Note that PC6..4 use digital supply voltage, V_{CC}.

1.1.8 AREF

AREF is the analog reference pin for the A/D Converter.

1.1.9 ADC7:6 (TQFP and QFN/MLF Package Only)

In the TQFP and QFN/MLF package, ADC7:6 serve as analog inputs to the A/D converter. These pins are powered from the analog supply and serve as 10-bit ADC channels.

1.2 Disclaimer

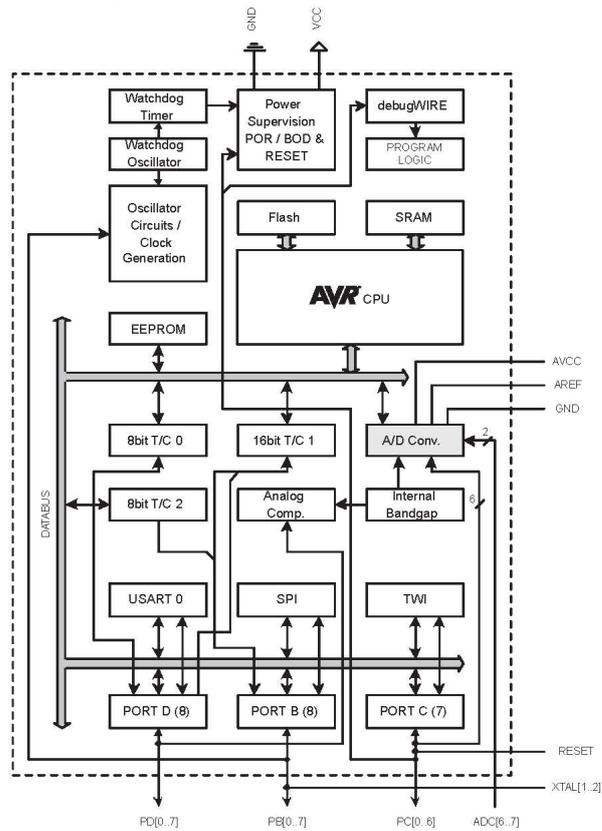
Typical values contained in this datasheet are based on simulations and characterization of other AVR microcontrollers manufactured on the same process technology. Min and Max values will be available after the device is characterized.

2. Overview

The ATmega48P/88P/168P/328P is a low-power CMOS 8-bit microcontroller based on the AVR enhanced RISC architecture. By executing powerful instructions in a single clock cycle, the ATmega48P/88P/168P/328P achieves throughputs approaching 1 MIPS per MHz allowing the system designer to optimize power consumption versus processing speed.

2.1 Block Diagram

Figure 2-1. Block Diagram



The AVR core combines a rich instruction set with 32 general purpose working registers. All the 32 registers are directly connected to the Arithmetic Logic Unit (ALU), allowing two independent registers to be accessed in one single instruction executed in one clock cycle. The resulting