

**PROGRAMA FISIOTERAPÉUTICO BASADO EN ELECTROESTIMULACIÓN
Y FISIOTERAPIA CONVENCIONAL, COMPLEMENTADO CON EL DISEÑO DE
UNA FÉRULA EN MATERIAL PLA, PARA LA MEJORA DE LA MARCHA EN
PACIENTE CON PIE CAÍDO**

AUTORES

**ABAD MERCADO DAYANIS MICHELL
SOLANO PACHECO MARIANA**

CORPORACIÓN UNIVERSITARIA ANTONIO JOSÉ DE SUCRE

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD

FISIOTERAPIA IX

SINCELEJO, SUCRE

2026

**PROGRAMA FISIOTERAPÉUTICO BASADO EN ELECTROESTIMULACIÓN
Y FISIOTERAPIA CONVENCIONAL, COMPLEMENTADO CON EL DISEÑO DE
UNA FÉRULA EN MATERIAL PLA, PARA LA MEJORA DE LA MARCHA EN
PACIENTE CON PIE CAÍDO**

AUTORES

**ABAD MERCADO DAYANIS MICHELL
SOLANO PACHECO MARIANA**

TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR AL TITULO DE FISIOTERAPEUTA

ASESORES:

**PACHÓN FLOREZ CLAUDIA MARINA
RODRIGUEZ LILIANA**

CORPORACIÓN UNIVERSITARIA ANTONIO JOSÉ DE SUCRE

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD

SINCELEJO-SUCRE

2026

NOTA DE ACEPTACIÓN

PRESIDENTE DEL JURADO

JURADO

JURADO

Sincelejo, Mayo del 2026

AGRADECIMIENTOS

Primeramente, agradecemos a Dios, por ser nuestra guía, nuestra fortaleza y nuestro refugio durante todo este proceso académico. Gracias por regalarnos la vida, por iluminarnos en cada paso, por darnos sabiduría, entendimiento y sobre todo paciencia para afrontar cada reto presentado a lo largo de este camino. En los momentos de cansancio, incertidumbre y dificultad, su amor y su presencia nos dieron la fuerza necesaria para continuar y no desistir. Hoy, al culminar esta importante etapa, reconocemos que sin su voluntad y bendición nada de esto habría sido posible. Gracias por permitirnos alcanzar una meta más y por brindarnos la oportunidad de prepararnos para servir con vocación, amor y compromiso a quienes más lo necesiten.

A nuestros padres y familias, quienes han sido el pilar fundamental en cada uno de nuestros logros. Gracias por su amor incondicional, por cada sacrificio realizado, por acompañarnos en cada paso y por brindarnos siempre palabras de ánimo cuando más las necesitábamos. Gracias por creer en nuestras capacidades incluso cuando nosotras mismas dudábamos, por enseñarnos el valor de la perseverancia, la responsabilidad y la disciplina, y por impulsarnos siempre a luchar por nuestros sueños. Este logro también les pertenece, porque detrás de cada esfuerzo nuestro siempre estuvo su apoyo, su paciencia y su confianza.

A nuestro paciente, queremos expresar nuestro más sincero agradecimiento por habernos permitido ser parte de su proceso y confiar en nuestros conocimientos y habilidades durante la aplicación de este proyecto. Gracias por su disposición y colaboración, que hicieron posible desarrollar esta experiencia de aprendizaje tan significativa. Más allá del ámbito académico, su participación nos permitió fortalecer nuestra sensibilidad humana y comprender aún más la importancia de brindar una atención basada en el respeto, la empatía y el compromiso con el bienestar integral de cada persona.

A la Universidad Antonio José de Sucre, por abrimos sus puertas y brindarnos la oportunidad de formarnos profesionalmente en un ambiente de aprendizaje, crecimiento y compromiso. Gracias por cada enseñanza impartida, por cada experiencia vivida dentro de sus aulas y por contribuir a nuestro desarrollo académico, ético, humano y profesional. Cada

conocimiento adquirido durante este proceso será una herramienta invaluable para nuestro futuro profesional y para el servicio que prestaremos a la sociedad.

De manera muy especial, agradecemos profundamente a nuestras asesoras de tesis, Claudia Pachón y Liliana Rodríguez, por su acompañamiento constante, su dedicación y compromiso durante el desarrollo de esta investigación. Gracias por compartir con nosotras sus conocimientos, por orientarnos con profesionalismo y por motivarnos a dar siempre lo mejor de nosotras. Sus conocimientos fueron una guía fundamental para culminar este proyecto de manera satisfactoria y para fortalecer nuestro aprendizaje en esta etapa tan importante. Asimismo, agradecemos a todas aquellas personas que, de una u otra forma, hicieron parte de este proceso y aportaron a nuestro crecimiento personal y profesional. Cada consejo, cada palabra de aliento y cada enseñanza recibida dejaron huellas importantes en nuestro camino.

Hoy culminamos una etapa significativa de nuestras vidas con gratitud, orgullo y esperanza, conscientes de que este logro representa no solo el resultado de años de esfuerzo y dedicación, sino también el inicio de una nueva responsabilidad como futuras profesionales comprometidas con brindar atención integral, humana y de calidad. Que este trabajo sea reflejo de nuestra entrega, nuestra vocación y nuestro deseo constante de seguir aprendiendo y aportando positivamente a la vida de quienes confían en nuestro cuidado.

Dayanis Michell Abad Mercado

Mariana Solano Pacheco

DEDICATORIA

Primeramente, le doy gracias a Dios por siempre estar conmigo, por ser mi guía y por darme fuerzas cuando más las necesitaba, todo esto ha sido posible gracias a Él, porque nunca me soltó de su mano y siempre iluminó mi camino aún en los momentos más difíciles. A mis padres, Eliecer Abad y Kenia Mercado, por ser mi apoyo incondicional, por estar conmigo en todo momento, por confiar y creer en mí incluso cuando yo misma dudaba, gracias por inculcarme que sin importar cuán difícil sea el camino, Dios siempre abre puertas. A mi hermana, Dailys Abad, por ser una compañía constante en mi vida, por sus palabras de aliento y por recordarme siempre que Dios nunca me abandona. A mi hermano, Jesús Baquero, por ser un apoyo importante en mi vida y acompañarme en este proceso, este logro también es por ustedes.

A toda mi familia, especialmente a mis abuelos, quienes siempre han creído y confiado en mí, gracias por sus consejos, oraciones y palabras de aliento que han fortalecido mi corazón en cada etapa de mi vida. A mi amiga de toda la infancia, Sayli Arrieta, quien me ha visto crecer y me ha acompañado en mis momentos más difíciles, gracias por permanecer conmigo a pesar de todas las pruebas que hemos enfrentado juntas. A mis amigos Isaías Ballesteros y Daniel Roqueme, por su apoyo, por brindarme su tiempo y por siempre tener palabras de ánimo, recordándome lo hermoso que es Dios y las grandes bendiciones que Él tiene preparadas para mi vida. A las amigas que la universidad me regaló, aquellas con quienes compartí momentos inolvidables y especiales. Sin ustedes, esta etapa de mi vida habría sido completamente diferente. En especial, a Estefanía Zabala, porque gracias a ella este camino fue mucho más bonito; siempre me apoyó y desde el primer semestre construimos una amistad sincera y hermosa. Gracias por enseñarme el verdadero significado de la amistad. A mi compañera de tesis, Mariana Solano, por haber decidido compartir este reto conmigo y por todos los momentos difíciles y felices que vivimos durante este proceso. Gracias por la paciencia, el esfuerzo y el compromiso compartido. Finalmente, agradezco a todos los profesores de la UAJS, quienes hicieron de este proceso una experiencia enriquecedora y exitosa, compartiendo conmigo y con cada uno de mis compañeros sus conocimientos, orientación y vocación a lo largo de esta hermosa etapa de formación profesional.

“Pon en manos del señor todas tus obras y tus proyectos se cumplirán” Proverbios16:3

Abad Mercado Dayanis Michell

DEDICATORIA

“ He aquí, yo estoy contigo, y te guardaré por donde quiera que vayas, y te haré volver a esta tierra; porque no te dejaré hasta que haya hecho lo que te he prometido”

Génesis 28:15 dedico esta tesis en primer lugar a Dios por brindarme la seguridad, la fortaleza, la sabiduría y la perseverancia necesarias para esta importante etapa de mi vida.

A mis padres, Juan Solano y Andris Pacheco por su amor incondicional, su apoyo constante y por ser el pilar fundamental en mi formación personal y profesional, gracias por creer en mí incluso en los momentos más difíciles, por enseñarme el valor del esfuerzo, la disciplina y la perseverancia, este logro también les pertenece. A mis hermanas Maria, Luisa y Mairén Solano quienes me han acompañado y motivado a lo largo de este camino, gracias por estar presentes en cada etapa de mi vida y por recordarme que nunca estoy sola.

A Luis Fernando, por su amor, paciencia y apoyo incondicional a lo largo de todo este proceso, gracias por acompañarme en cada momento, especialmente en los días de estrés, por brindarme ánimo cuando sentía que no podía continuar y por creer en mí incluso en aquellos momentos en los que yo misma dudaba. A mis abuelos, tíos y tías, quienes con sus palabras de aliento, consejos y oraciones me motivaron a seguir adelante y no rendirme ante los desafíos.

A las amigas que me regaló esta hermosa carrera, gracias por ser un apoyo invaluable durante este camino académico, por cada momento compartido, por su compañía y por hacer que experiencia fuera más llevadera y significativa. A mi compañera de tesis Dayanis Abad por su compromiso, dedicación y apoyo a lo largo de este proceso, gracias por compartir este camino conmigo, por el trabajo en equipo y la paciencia.

Dedico este trabajo a todas aquellas personas que de una u otra manera hicieron parte de este proceso, que con un gesto, una palabra o un apoyo contribuyeron a que hoy este sueño sea una realidad, de manera especial, a quienes ya no están físicamente, pero permanecen siempre en mi corazón y en mi memoria. Y, finalmente, me lo dedico a mí misma, por no rendirme y por mantenerme firme a pesar de las dificultades, por haber superado los momentos de duda, cansancio y miedo, por mi esfuerzo, constancia y determinación para alcanzar esta meta, este logro representa el cumplimiento de un objetivo académico, pero también el reflejo del esfuerzo, la dedicación de un sueño que hoy se materializa, cada página de este trabajo lleva consigo una historia de lucha, aprendizaje y crecimiento personal.

Solano Pacheco Mariana

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	11
Palabras claves:	11
ABSTRACT	12
Key words:	12
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	15
2.1. Descripción Del Problema	15
2.2. Formulación Del Problema	20
3. JUSTIFICACIÓN.....	21
4. OBJETIVOS.....	24
4.1. General.	24
4.2. Específicos.....	24
5. ESTADO DEL ARTE.....	25
6. MARCO TEÓRICO	36
6.1 Teoría Del Modelo Biopsicosocial	36
6.2 Modelo De Patokinesiología.....	36
6.3 Teoría Del Movimiento Corporal Humano.....	37
7. MARCO CONCEPTUAL.....	38
7.1. Pelvis.....	38
7.2. Fractura de pelvis.....	38
7.3. Cadera	39
7.3.1. Fractura de cadera.....	39
7.4. Nervio Ciático	39
7.4.1. Lesión del nervio ciático.	39
7.5. Pie Caído	40
7.6. Estimulación Eléctrica Nerviosa Transcutánea (TENS).....	40
7.7 Fisioterapia Convencional.....	41
7.8 Férula En Material PLA.....	41

8. VARIABLES, DEFINICIÓN CONCEPTUAL Y OPERACIONAL DE VARIABLES.	42
.....
9. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN.....	43
9.1 Tipo Y Diseño De Investigación	43
9.2 Población y muestra.....	43
9.3 Caso Clínico	44
9.4 Método De Recolección De Información	46
9.4.1 Marcha de 6 minutos.....	46
9.4.2 Dominio osteomuscular.	46
9.4.3 Escala de Barthel.	46
9.4.4 Escala de Tinetti.	47
9.4.5 Timed get up and go test.	48
9.5 Procedimiento.....	48
Fase 1	48
Fase 2	49
Fase 3	49
9.6 Análisis estadístico	50
10. RESULTADOS	51
10.1. Instrumento Dominio Osteomuscular	51
10.2. Instrumento Evaluación de postura (ASPEC).....	56
10.3. Instrumento Marcha De Los 6 Minutos	57
10.4. Instrumento Timed Get Up And Go Test.....	58
10.5. Programa De Intervención	58
10.5.1 Objetivo del programa de intervención.....	58
10.5.2 Alcance del plan de intervención.....	58
10.5.3. Abreviaturas.....	59
10.5.4. Diagnóstico fisioterapéutico.....	60
10.5.5. Revisión por sistemas.....	61
10.5.6. Pronóstico	61
10.6. Intervención.....	62
11. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	72

12. CONCLUSIONES.....	77
13. RECOMENDACIONES.....	79
14. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	80
ANEXOS	88

TABLAS

Tabla 1. Definición de variables.....	42
Tabla 2. Medidas de longitud.....	51
Tabla 3. Goniometría	51
Tabla 4. Examen muscular.....	52
Tabla 5. Evaluación de la marcha fase de apoyo	52
Tabla 6. Evaluación de la marcha fase de balanceo	53
Tabla 7. Escala de Barthel.....	53
Tabla 8. Dermatomas.....	54
Tabla 9. Equilibrio según Tinetti.....	55
Tabla 10. Evaluación de postura frontal (ASPEC).....	56
Tabla 11. Evaluación de postura lateral (ASPEC)	56
Tabla 12. Marcha de los 6 minutos (6MWT).....	57
Tabla 13. Timed get up and go test	58
Tabla 14. Diagnóstico fisioterapéutico	60
Tabla 15. Revisión por sistemas (Dominio osteomuscular)	61
Tabla 16. Programa de intervención.....	62
Tabla 17. Programa de intervención.....	65
Tabla 18. Programa de intervención.....	68

RESUMEN

El pie caído es una alteración que afecta la marcha, la funcionalidad y la calidad de vida de las personas, el objetivo de esta investigación fue mejorar la marcha de un paciente con pie caído de origen musculoesquelético mediante una intervención fisioterapéutica integral basada en electroestimulación, fisioterapia convencional y el uso de una férula personalizada elaborada en PLA. Se realizó un estudio de caso clínico con enfoque cuantitativo y diseño preexperimental, aplicando una evaluación pretest y posttest durante seis semanas de intervención, el participante presentó pie caído secundario a un accidente de tránsito con fracturas de cadera y pelvis. Se evaluaron variables relacionadas con la marcha, la activación muscular y la funcionalidad.

Los resultados mostraron mejoras en el patrón de marcha, la activación muscular, la estabilidad y la independencia funcional del paciente evidenciando efectos favorables en el patrón y velocidad de la marcha (6MWT evaluación inicial 166 metros, evaluación final 169 metros) (TUG evaluación inicial: 21:50, evaluación final 11:45), aumento de la activación muscular (dorsiflexión en la evaluación inicial: 0 en la evaluación final 3-), mayor estabilidad (Tinetti equilibrio evaluación inicial: 12, evaluación final: 16), incremento de la independencia funcional (Barthel evaluación inicial: 85/100, evaluación final 100/100) y la sensibilidad (dermatoma L5 evaluación inicial: A, en la evaluación final: Hipo).

Se concluye que la intervención combinada favoreció la recuperación funcional y representa una alternativa terapéutica innovadora para el manejo del pie caído.

Palabras claves: Electroestimulación, Fisioterapia convencional, Píe caído, Férula, Material PLA.

ABSTRACT

Foot drop is a condition that affects a person's gait, functionality, and quality of life. The objective of this study was to improve the gait of a patient with musculoskeletal foot drop through a comprehensive physical therapy intervention based on electrostimulation, conventional physical therapy, and the use of a custom-made splint fabricated from PLA. A clinical case study with a quantitative approach and a pre-experimental design was conducted, involving pre- and post-test assessments over a six-week intervention period. The participant presented with foot drop secondary to a traffic accident involving hip and pelvic fractures. Variables related to gait, muscle activation, and functionality were assessed.

The results showed improvements in the patient's gait pattern, muscle activation, stability, and functional independence, demonstrating favorable effects on gait pattern and speed (6MWT initial assessment 166 meters, final assessment 169 meters) (TUG initial assessment: 21:50, final assessment: 11:45), increased muscle activation (dorsiflexion: 0 at initial assessment, 3 at final assessment), greater stability (Tinetti Balance initial assessment: 12, final assessment: 16), increased functional independence (Barthel initial assessment: 85/100, final assessment: 100/100), and improved sensation (L5 dermatome initial assessment: A, final assessment: Hypo).

It is concluded that the combined intervention promoted functional recovery and represents an innovative therapeutic alternative for the management of foot drop.

Key words: Electrostimulation, Conventional physical therapy, Drop foot, Splint, PLA material.

1. INTRODUCCIÓN

El pie caído es una alteración neuromuscular caracterizada por la dificultad para realizar la dorsiflexión del pie debido a la debilidad de los músculos inervados principalmente por la raíz L5 y el nervio peroneo, también puede originarse por lesiones del nervio ciático, esta condición afectó principalmente el patrón de marcha, lo que incrementó el riesgo de caídas y la aparición de compensaciones musculoesqueléticas que pudieron manifestarse como dolor en rodilla, cadera y zona lumbar (Daniels et al., 2018).

En los últimos años, la electroestimulación funcional (FES) demostró ser una herramienta terapéutica eficaz y segura para lograr la dorsiflexión durante la marcha, lo que favoreció la movilidad, la longitud del paso y la velocidad del desplazamiento, Malešević et al., (2021) destacaron que la FES, combinada con ejercicios funcionales, fomentó la neuroplasticidad, la coordinación y la activación selectiva de los dorsiflexores, favoreciendo la recuperación del patrón de marcha; de igual manera, Niño et al., (2022) señalaron que la combinación de ejercicio funcional con la electroestimulación aportó beneficios significativos en la fuerza, el control postural y la reeducación motora, lo que es importante para mejorar la independencia funcional de quienes presentaron pie caído.

Las lesiones del nervio ciático secundarias a fracturas de pelvis y cadera, como describieron en Arbash et al., (2024), pudieron ocasionar alteraciones relevantes en la marcha, el equilibrio y la fuerza muscular, comprometiendo la autonomía de las personas. Asimismo, Nussbaum et al., (2021), mencionaron que, la pérdida de inervación pudo producir atrofia muscular y rigidez articular; frente a esto, la electroestimulación funcional ayudó a prevenir dichas complicaciones al estimular la contracción muscular y favorecer la reorganización neuromuscular. Estos estudios reforzaron la importancia de diseñar programas fisioterapéuticos que integran ejercicio funcional y FES para abordar de manera directa las consecuencias derivadas por el daño nervioso periférico.

En Colombia, las discapacidades de origen neurológico y musculoesquelético representaron un reto para los sistemas de salud, según datos del DANE (2024), una proporción

importante de la población presentó limitaciones en movilidad y autonomía, lo que resaltó la necesidad de estrategias de rehabilitación que contribuyeran a mejorar la funcionalidad y la calidad de vida, Aout et al., (2023) señalaron que los programas que combinaron estas estrategias pudieron mejorar parámetros claves de la marcha, entre ellos la velocidad y el rango de movimiento.

La presente investigación tuvo como objetivo elaborar un programa fisioterapéutico basado en fisioterapia convencional y electroestimulación, complementado con el diseño de una férula en material PLA, para la mejora de la marcha en paciente con pie caído, este abordaje se sustentó en los principios éticos y científicos establecidos por la Ley 528 de (1999), la cual impulsó al fisioterapeuta diseñar y dirigir intervenciones que garanticen la dignidad y el bienestar de los pacientes; los resultados obtenidos tras seis semanas de intervención demuestran avances significativos en movilidad articular, fuerza muscular, sensibilidad, control postural y nivel de independencia funcional, esto demostró la importancia de integrar la FES, fisioterapia convencional y la férula en material PLA, para la mejora de la marcha en paciente con pie caído, contribuyendo a un patrón de marcha más eficiente, a la autonomía y calidad de vida del paciente.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1. Descripción Del Problema

La fractura de cadera representa un grave problema de salud pública por su alta frecuencia y su impacto en la funcionalidad de las personas, tal como lo indican Rondón et al., (2021), se estima que cerca del 50% de los pacientes no recupera su movilidad previa, un 35% queda con limitaciones permanentes y hasta un 30% requiere hospitalización en el año posterior a la fractura; a nivel mundial, la incidencia de esta lesión continúa en aumento y se estima que para el año 2050 se registrarán más de seis millones de casos anuales. Es por esto que, Liu et al., (2023), destacan que estas fracturas suelen coexistir con otros daños propios del politraumatismo y en determinados casos pueden afectar el nervio ciático, una complicación relevante, dado que, el nervio ciático, por su tamaño, función motora y sensitiva en la extremidad inferior, es altamente vulnerable ante desplazamientos óseos o luxaciones de cadera, comprometiendo significativamente la movilidad y funcionalidad del paciente.

Así mismo, representan un importante reto a nivel mundial, tanto por la complejidad de su manejo quirúrgico como por la elevada frecuencia de complicaciones neurológicas asociadas, especialmente la lesión del nervio ciático tal como lo indican, Arbash et al., (2024), con un estudio retrospectivo realizado entre 2017 y 2019 en una cohorte de 273 pacientes con este tipo de fracturas, donde la incidencia global de lesión ciática alcanzó el 7,7%, de las cuales un 3,1% fueron secundarias al trauma inicial y un 12,8% corresponden a lesiones iatrogénicas postoperatorias; los datos muestran que la mayoría de los afectados eran hombres jóvenes, con una edad promedio de 31,5 años, siendo los accidentes de tránsito el principal mecanismo de trauma (55,7%); además, se identificaron como factores de riesgo la presencia de luxación de cadera (16,5%) y los patrones de fractura en la columna y pared posterior (31,6%), en cuanto a la recuperación, un 52% de los pacientes logró una recuperación completa, un 29% parcial y un 19% no presentó mejoría tras un seguimiento medio de 15 meses.

Según Olarte et al. (2021), la fractura de cadera se ha consolidado como una de las principales causas de morbilidad y mortalidad, lo que representa un desafío importante para los servicios de salud, dado a esta problemática, dichos autores plantean que se han implementado programas de atención enfocados en el manejo integral de estos pacientes, con el propósito de mejorar la calidad de la atención y los resultados clínicos, en Colombia, la experiencia en algunas instituciones ha mostrado que este tipo de programas puede generar cambios positivos, como la disminución en la estancia hospitalaria, la reducción de complicaciones durante la hospitalización, así como menores tasas de reingreso y mortalidad en el primer año; además, se ha evidenciado una disminución en los costos asociados a la atención, sin embargo, a pesar de estos resultados favorables, aún es necesario analizar con mayor profundidad la aplicación de estos programas en diferentes contextos, con el fin de determinar su alcance, reproducibilidad y el impacto real que pueden tener en la atención de pacientes con fractura de cadera.

Teniendo en cuenta lo anterior la mayoría de las consecuencias que suceden después de un postoperatorio donde se lesiona el nervio ciático es el pie caído el cual constituye un problema de salud global por su impacto directo en la movilidad y la seguridad del paciente, esta condición, caracterizada por la incapacidad para realizar la dorsiflexión del tobillo, provoca un patrón de marcha anormal, aumenta el riesgo de caídas y limita la participación en actividades cotidianas, tal como lo indican Nori y Stretanski (2025), las neuropatías y el daño peroneo siguen siendo causas recurrentes a nivel mundial, mientras que, Stevoska et al. (2021) y Miccinilli et al. (2024) subrayan que, sin un tratamiento oportuno la calidad de vida del paciente no mejora sino que, la alteración motora persiste y se aumenta el riesgo de caídas, discapacidad y limitaciones funcionales.

Esta lesión puede deberse a causas locales, como la posición inadecuada de implantes, la presencia de hematomas, o a mecanismos de tracción que afectan segmentos más extensos del nervio, estudios como el de Wu et al., (2023), han demostrado que las lesiones por tracción suelen aparecer inmediatamente tras la cirugía y se evidencian como alteraciones difusas en las pruebas de imagen, mientras que las lesiones locales muestran cambios más limitados y un inicio variable de los síntomas; estas diferencias repercuten directamente en la función de la pierna,

afectando la capacidad de dorsiflexión y movilidad, lo que resalta la importancia de un diagnóstico temprano y un manejo diferenciado para prevenir discapacidades duraderas.

En un metaanálisis que reunió información de 20 estudios con un total de 651 pacientes, se identificaron 44 casos de parálisis del nervio ciático de origen postraumático y 18 de causa iatrogénica, la incidencia combinada fue de aproximadamente 5,1 % para las lesiones postraumáticas y de 1,4% para las iatrogénicas, en cuanto al pronóstico, se reportó una recuperación completa en el 64,7% de los casos postraumáticos y en el 74,1% de los iatrogénicos; estos resultados evidencian que, a pesar de su baja frecuencia, la afectación neurológica asociada a fracturas acetabulares constituye un problema clínico de relevancia, ya que puede dejar secuelas funcionales duraderas y, en consecuencia, limitar la calidad de vida de los pacientes lo que subraya la importancia de un abordaje diagnóstico y terapéutico oportuno (Stavrakakis et al., 2022).

El pie caído es una alteración que afecta la dorsiflexión del tobillo debido a la debilidad de los músculos dorsiflexores y al nervio ciático, esto genera una marcha antálgica y aumenta el riesgo de caídas, esta alteración se puede presentar como consecuencia de lesiones, entre ellas: fracturas pélvicas luxaciones articulares y/o procedimientos quirúrgicos afectando la independencia, movilidad y funcionalidad al paciente, diversos estudios han abordado el pie caído y el efecto de la rehabilitación fisioterapéutica en el mismo, del mismo modo se evidencia que la intervención fisioterapéutica temprana contribuye a la disminución del dolor, el fortalecimiento muscular el mantenimiento y recuperación de los rango de movimiento y la mejora de la funcionalidad, todo esto con el fin de favorecer la marcha temprana y así poder tener una mejor recuperación clínica (Dándole et al., 2023).

La caída del pie constituye una consecuencia neurológica frecuente en pacientes con fracturas pélvicas y acetabulares debido a la proximidad anatómica del nervio ciático esto lleva a lesiones que afectan la dorsiflexión de tobillo y en la marcha, tal como lo indican Wollenman et al. (2024), quienes afirman que aproximadamente el 47,9% de los paciente con caída del pie presentaron algo de recuperación neurológica, mientras que solo el 15% alcanzaron una recuperación completa, de esta manera se evidencio el pronóstico limitado en este tipo de

lesiones, identificando que la función motora inicial es un factor predictivo significativo para la recuperación neurológica, además de estar conectada a una recuperación más rápida en la fase inicial y en la máxima, a pesar de todos estos hallazgos la evidencia científica muestra una alta variabilidad de los resultados de recuperación como también una limitada evidencia sobre las intervenciones específicas que potencien la funcionalidad en estos pacientes.

Según datos del Departamento Administrativo Nacional de Estadística [DANE], (2024), los últimos reportes de salud pública en Colombia, las enfermedades neurológicas y los trastornos de movilidad representan un desafío creciente para la población, dado que aproximadamente el 3,5% de la población colombiana sufre de algún tipo de discapacidad relacionada con problemas neurológicos o musculoesqueléticos, afectando principalmente la calidad de vida de los pacientes en la movilidad y autonomía; en el caso del pie caído, este trastorno es comúnmente asociado con condiciones como el daño en el nervio peroneo, en el departamento de Sucre, se observan altas tasas de enfermedades cerebrovasculares (alrededor del 5% de la población), los programas de fisioterapia basados en ejercicio funcional y electroestimulación, han demostrado ser efectivos en la mejora de la movilidad en pacientes con pie caído, contribuyendo significativamente a la restauración de la marcha y la independencia funcional.

Según Martínez et al, (2024), la inmovilización establece una intervención esencial en el manejo de pacientes con lesiones traumáticas, ya que permite estabilizar las estructuras afectadas y prevenir complicaciones durante el proceso de recuperación, in embargo, las férulas convencionales utilizadas en los servicios de salud suelen presentar limitaciones relacionadas con la adaptación a las características anatómicas de cada paciente, la comodidad durante su uso y el tiempo requerido para su elaboración y colocación, lo que puede afectar la eficacia de la inmovilización y generar inconformidad en los usuarios, especialmente en aquellos que lo requieren por períodos prolongados, dada las circunstancias, la impresión 3D ha surgido como una alternativa innovadora que permite diseñar y fabricar férulas personalizadas con materiales como PLA y TPU, los cuales ofrecen resistencia, flexibilidad y capacidad de adaptación, a pesar de los avances reportados, aún existe la necesidad de fortalecer la evidencia sobre la aplicación de este tipo de dispositivos en procesos de rehabilitación fisioterapéutica, particularmente en

pacientes con alteraciones de la marcha asociadas al pie caído, por esto, resulta adecuado desarrollar investigaciones que integren tecnologías de fabricación digital con estrategias terapéuticas convencionales, con el fin de favorecer la funcionalidad, la independencia y la calidad de vida de estos pacientes.

Diversos estudios han explorado el uso de tecnologías de impresión 3D y materiales biodegradables para el desarrollo de dispositivos ortésicos más funcionales y cómodos para los pacientes, es por eso que, Aquino et al. (2022) realizaron una investigación orientada al diseño óptimo de una férula para miembro inferior fabricada con ácido poliláctico (PLA), un material ampliamente utilizado en impresión 3D debido a su ligereza, resistencia mecánica, biocompatibilidad y facilidad de fabricación, los autores evaluaron diferentes configuraciones geométricas mediante simulaciones por elementos finitos, determinando que el diseño con geometría elipsoidal presentó el mejor desempeño en términos de masa, esfuerzo y factor de seguridad, concluyendo que el PLA es viable para la fabricación de férulas personalizadas, ya que proporciona la resistencia necesaria para la inmovilización, favorece la ventilación de la piel mediante diseños con aberturas y permite obtener dispositivos más cómodos y funcionales que los métodos tradicionales de inmovilización, lo que evidencian el potencial de los materiales y tecnologías emergentes para mejorar los procesos de rehabilitación y la calidad de vida de los pacientes con alteraciones del miembro inferior.

Las ortesis tobillo-pie (AFO) son una herramienta esencial en el tratamiento de trastornos de la marcha como pie caído, deformidades óseas y trastornos del equilibrio, especialmente en pacientes con trastornos neurológicos, pesar de su amplia aplicación, los métodos de fabricación tradicionales basados en la fundición manual y el termoformado presentan diversas limitaciones en términos de tiempo de producción, coste, poca flexibilidad de diseño y dependencia de procesos altamente artesanales, además, muchos usuarios informan insatisfacción con el ajuste, la comodidad y la estética del dispositivo, lo que afecta negativamente la adherencia al tratamiento, como resultado, algunos pacientes optan por no utilizar órtesis o utilizar estrategias compensatorias durante la marcha que pueden resultar ineficaces e incluso perjudiciales a largo plazo, en este contexto, la impresión 3D parece ser una alternativa prometedora que podría optimizar el ajuste, mejorar las propiedades funcionales y reducir el tiempo de producción; Sin

embargo, la evidencia disponible aún es limitada y de baja calidad metodológica, lo que sugiere la necesidad de realizar más estudios para confirmar su aplicabilidad clínica y sus beneficios en el mundo real en comparación con los métodos tradicionales (Wojciechowski et al., 2019)

A partir de lo anterior, surge la necesidad de crear un programa fisioterapéutico basado en electroestimulación y fisioterapia convencional, complementado con el diseño de una férula en material PLA, para la mejora de la marcha en paciente con pie caído. Para lo cual, se plantea la siguiente pregunta problema.

2.2. Formulación Del Problema

¿Cómo influye un programa fisioterapéutico basado en electroestimulación y fisioterapia convencional, complementado con el diseño de una férula en material PLA, en la mejora de la marcha en paciente con pie caído?

3. JUSTIFICACIÓN

El pie caído se debe a la debilidad de los músculos responsables de la dorsiflexión del pie, lo que dificulta la marcha y aumenta el riesgo de caídas, esto suele ser de origen periférico y puede deberse a lesiones en la raíz nerviosa L5, el nervio ciático o los nervios peroneos, la magnitud de las complicaciones dependerá de la localización, gravedad y duración de la lesión, esta lesión puede generar compensaciones musculoesqueléticas que provocan dolor en las rodillas, cadera y espalda (Daniels et al., 2018).

Estudios complementarios indican que la electroestimulación funcional (FES) y el ejercicio de fuerza repercuten positivamente en la marcha, el equilibrio y la ganancia de masa muscular en paciente con pie caído mediante protocolos inteligentes basados en la estimulación eléctrica funcional, así como lo dicen Malešević et al. (2021), la estimulación eléctrica funcional (EEF) se ha consolidado como una herramienta terapéutica eficaz que permite inducir dorsiflexión del pie durante la marcha, mejorando la movilidad, la longitud del paso y la velocidad de desplazamiento; por ello, se han desarrollado protocolos innovadores que combinan ejercicios funcionales con electroestimulación controlada, en los que el paciente participa activamente desde sedestación o movimientos asistidos, promoviendo la neuroplasticidad y el aprendizaje motor, favoreciendo la recuperación del rango de movimiento, la coordinación y la fuerza de los dorsiflexores, contribuyendo a un mejor patrón de marcha.

A su vez, la integración de electroestimulación neuromuscular junto con programas de ejercicio funcional enfocado en tareas específicas de la marcha, potencia el reaprendizaje motor y la eficacia en el patrón de desplazamiento, favoreciendo la activación selectiva de grupos musculares y promoviendo adaptaciones neuromotoras que contribuyen a mejorar la fuerza, la coordinación y el control postural; es por esto que, el desarrollo de un programa fisioterapéutico basado en ejercicio funcional y electroestimulación busca aplicar los conocimientos científicos a la práctica clínica, demostrando cómo la combinación de ambas estrategias puede favorecer la activación muscular, mejorar la marcha y, con ello, aumentar la independencia funcional y la calidad de vida en pacientes con pie caído (Niño et al., 2022).

Por otro lado, Nussbaum et al. (2021), afirman que la lesión en el nervio ciático también puede provocar atrofia muscular al disminuir la inervación del miembro afectado, y que “La electroestimulación funcional se ha convertido en una herramienta importante para abordar las deficiencias musculares”, es decir, al implementar esta técnica dentro del plan fisioterapéutico, ayudará a estimular la contracción muscular, a prevenir la atrofia muscular y la rigidez articular, con la aplicación de la FES se busca recuperar la fuerza y la independencia de la persona, lo que le permitirá reincorporarse a sus actividades básicas de la vida cotidiana, dado que al trabajar los músculos afectados con impulsos eléctricos controlados se favorece la reorganización neuromuscular y la neuroplasticidad, que será esencial para lograr una recuperación efectiva y segura después de tener una lesión del nervio ciático.

Además, las lesiones del nervio ciático secundarias a una fractura de cadera y pelvis presentan consecuencias relevantes en la marcha, el equilibrio y la fuerza muscular, infiriendo en la independencia de estas personas Arbash et al., (2024). Es por esto que, este estudio es relevante, ya que sitúa en primer lugar a la fisioterapia como parte del tratamiento para pacientes con pie caído al implementar electroestimulación y ejercicio funcional como un programa fisioterapéutico que permite abordar de manera directa las consecuencias neuromusculares derivadas del daño nervioso.

Por otra parte, la evidencia científica ha demostrado que las ortesis tobillo-pie favorecen el adecuado posicionamiento del tobillo durante fases clave de la marcha, especialmente en el contacto inicial y la fase de balanceo, logrando mejorar parámetros cinemáticos como la velocidad, la cadencia y la longitud del paso, sin embargo, aún existen vacíos en cuanto al impacto de materiales innovadores en la fabricación de estas ortesis y su integración con otras estrategias terapéuticas (Nossa-Almanza et al., 2020). Por ello, este estudio propone un programa fisioterapéutico que combina la electroestimulación, la fisioterapia convencional y el diseño de una férula en material PLA, buscando optimizar la mecánica de la marcha, ofrecer una alternativa más adaptable y potencialmente cómoda para el paciente.

En este sentido, la pertinencia de esta investigación radica en identificar como el abordaje fisioterapéutico de un programa basado en electroestimulación, fisioterapia convencional y la

férula en PLA, influye de manera favorable en la mejora de la marcha en pacientes con pie caído, al brindar una atención eficaz que ayude a la reinervación en el nervio afectado; este estudio se realiza para identificar los aportes que la fisioterapia puede brindar en el manejo de secuelas musculoesqueléticas asociadas a la patología, en un entorno donde los sistemas de salud aun enfrentan limitaciones para garantizar una atención continua y de calidad, en Colombia, las enfermedades neurológicas y los trastornos de movilidad representan un desafío creciente para la población, de acuerdo con el DANE (2024), la población colombiana sufre de algún tipo de discapacidad relacionada con problemas neurológicos o musculoesqueléticos, afectando principalmente la calidad de vida de los pacientes en la movilidad y autonomía, lo que plantea la necesidad de implementar estrategias de rehabilitación que promuevan la autonomía en pacientes con pie caído.

Además, el proyecto es viable debido al análisis de investigaciones primarias publicadas en bases de datos reconocidas como ScienceDirect, PubMed y Google Académico, permitiendo asegurar la disponibilidad de estudios actuales que respaldan esta investigación sobre el uso de la electroestimulación, fisioterapia convencional y la férula en material PLA, en la rehabilitación del pie caído, en este sentido la propuesta de un programa fisioterapéutico que integre estas estrategias puede implementarse con recursos accesibles tales como los dispositivos de electroestimulación, el diseño y uso de la férula en material PLA y un plan de ejercicios fisioterapéuticos, en efecto la población objetivo es accesible desde el servicio de fisioterapia, lo que facilita la ejecución del programa, así como lo expresan Aout et al. (2023), las intervenciones realizadas con electroestimulación funcional combinada con ejercicios específicos es aprovechable para mejorar parámetros claves de la marcha como la velocidad y el rango de movimiento, favoreciendo la recuperación del paciente.

La realización de este proyecto contribuye a la investigación fisioterapéutica puesto que nutre la línea investigativa ATIS de UAJS a la hora de escoger una técnica o plan de intervención para tratar a esta población. Al ejecutar este proyecto, el principal beneficiario es el paciente con la patología activa de pie caído secundario a una lesión en el nervio ciático causado por una fractura de cadera y pelvis, ya que logran potencializar las deficiencias osteomusculares.

4. OBJETIVOS

4.1. General.

Evaluar el efecto de un programa fisioterapéutico basado en electroestimulación y fisioterapia convencional, junto con el diseño de una férula en material PLA, sobre la mejora de la marcha en paciente con pie caído.

4.2. Específicos.

- Identificar las alteraciones funcionales en paciente con pie caído.
- Diseñar un programa fisioterapéutico basado en electroestimulación y fisioterapia convencional para pacientes con pie caído, orientado a la mejora de la marcha..
- Aplicar el programa para favorecer la activación muscular implicada en la dorsiflexión del tobillo.
- Diseñar una férula en material PLA que facilite la posición funcional del pie durante la marcha.
- Analizar los cambios en los parámetros de la marcha antes y después de la intervención.

5. ESTADO DEL ARTE

A continuación, se describen las investigaciones relacionadas con las variables de estudio utilizando las bases de datos como Scielo, ScienceDirect, PubMed, Dialnet, y Google Académico, en el idioma español e inglés durante los años 2019 - 2025. Teniendo en cuenta las siguientes palabras claves: Fx de cadera, Nervio ciático, Píe caído, Electroestimulación, Fisioterapia convencional, Alteración de la marcha y Férula en material PLA.

En la investigación propuesta por (Sánchez y Pérez, 2021) la fractura de cadera constituye un importante problema de salud pública, especialmente en la población adulta mayor, debido a su impacto sobre la funcionalidad y la calidad de vida, el objetivo del estudio fue caracterizar la epidemiología de la fractura de cadera en el municipio de Banes, Holguín, durante el año 2020, para ello, realizaron una investigación descriptiva, retrospectiva y de serie de casos, en una muestra de 49 pacientes, analizando variables como edad, sexo, enfermedades asociadas y tipo de fractura mediante cuestionarios y pruebas estadísticas, los resultados mostraron una mayor incidencia en personas entre 70 y 79 años representando el 40,9 % de los casos, con predominio del sexo femenino (63,2 %), identificándose como principales factores asociados el consumo de psicofármacos, los antecedentes de fracturas previas, los pisos resbaladizos, el uso de bastón y la presencia de mareo o vértigo, asimismo, la hipertensión arterial, las cardiopatías y la diabetes mellitus fueron las comorbilidades más frecuentes, los autores concluyeron que la fractura de cadera está relacionada con múltiples factores de riesgo, muchos de ellos modificables, lo que resalta la necesidad de fortalecer las estrategias de prevención y promoción de la salud en la población adulta mayor.

En el estudio realizado por López et al. (2019), el objetivo principal fue describir el manejo de la fractura de cadera en México, haciendo énfasis en el enfoque multidisciplinario y el papel de redes como la Fragility Fracture Network, para esto, emplearon una metodología de tipo revisión descriptiva, en la que analizaron guías nacionales, así como diferentes modelos de atención multidisciplinaria implementados a nivel internacional y su posible aplicación en el contexto mexicano, como resultado se evidenció un aumento relevante en el acontecimiento de fracturas de cadera asociado al envejecimiento, así como limitaciones en el sistema de salud, como retrasos quirúrgicos, bajo cumplimiento de las guías clínicas y deficiencias en la

rehabilitación postoperatoria; sin embargo, también se determinó que la implementación de equipos multidisciplinarios y unidades ortogerátricas mejora la recuperación, disminuye complicaciones y favorece la independencia funcional del paciente, concluyendo que el manejo junto con estrategias como las unidades FLS y la participación de organizaciones como la Fragility Fracture Network, deben considerarse una prioridad en México para reducir la mortalidad, morbilidad y la incidencia de nuevas fracturas.

Teniendo en cuenta la investigación de Verma et al. (2020), titulada “Factores que afectan la calidad de vida después de una fractura pélvica” estudiaron el resultado funcional y la calidad de vida de los pacientes considerando variables clínicas, radiológicas y terapéuticas, el objetivo fue evaluar la influencia de estos factores en la recuperación funcional tras una fractura de pelvis, para ello, realizaron una investigación con 112 pacientes tratados de forma conservadora o quirúrgica, con un seguimiento mínimo de dos años, utilizando instrumentos validados como la puntuación de Majeed, la Evaluación Corta de la Función Musculoesquelética (SMFA), el SF-36 y el WHOQOL-BREF, además de estudios radiográficos para valorar el desplazamiento residual de la fractura, los resultados mostraron una puntuación media de Majeed de 76,65, con predominio de resultados funcionales buenos y excelentes; sin embargo, algunos pacientes presentaron limitaciones funcionales y una recuperación parcial de la calidad de vida, asimismo, se evidenció que un desplazamiento residual mayor de 1 cm se asoció con peores resultados funcionales y menor calidad de vida, los autores concluyeron que el desplazamiento residual es un factor determinante en la recuperación de los pacientes, destacando la importancia de una adecuada reducción y estabilización de la fractura para favorecer mejores resultados funcionales y una mejor calidad de vida.

El estudio de Wang et al., (2024) tuvo como objetivo analizar de manera visual y bibliométrica la producción científica sobre el tratamiento de la lesión del nervio ciático entre 2019 y 2023, con el fin de identificar tendencias, temas de interés y proyecciones en este campo, para esto, utilizó una metodología basada en la revisión de literatura indexada en Web of Science, utilizando herramientas como CiteSpace y VOSviewer para organizar y representar datos relacionados con publicaciones, autores, instituciones y palabras clave; como resultado, se identificaron 2653 artículos, evidenciando un aumento progresivo en las publicaciones y citas,

con Estados Unidos y China como principales referentes en investigación; además, se destacó el enfoque en la regeneración nerviosa y el dolor neuropático, incluyendo estrategias como el uso de células madre, estimulación eléctrica y terapias farmacológicas, concluyendo que, aunque existen avances importantes, la recuperación funcional del nervio ciático sigue siendo un reto, y áreas como los injertos y conductos nerviosos se perfilan como líneas clave para futuras investigaciones.

En cambio, la investigación de Miller y Ross, (2024), tuvieron como objetivo describir y analizar las neuropatías del nervio ciático y tibial, haciendo énfasis en su anatomía, diagnóstico y abordaje terapéutico, por ello, emplearon una metodología de tipo descriptiva basada en la revisión teórica y clínica de la anatomía funcional, la fisiopatología y las diferentes estrategias de evaluación, incluyendo la historia clínica, el examen físico, estudios de imagen y pruebas electrodiagnósticas, resaltando que las lesiones de este nervio son frecuentes y altamente incapacitantes, con dificultades en su localización diagnóstica, especialmente en lesiones proximales, además de mencionar que los avances en técnicas quirúrgicas como las transferencias nerviosas han mejorado los resultados funcionales frente a métodos tradicionales, finalmente, concluyen que un diagnóstico preciso y un abordaje integral, apoyado en la rehabilitación y en nuevas técnicas de reconstrucción nerviosa, son fundamentales para optimizar la recuperación y reducir el impacto funcional en los pacientes.

En un estudio de Carolus et al. (2019) analizaron la caída del pie desde un enfoque interdisciplinario, con el objetivo de establecer una estrategia más organizada y efectiva para su diagnóstico y tratamiento, considerando su impacto en la funcionalidad diaria del paciente, para ello, desarrollan una metodología basada en la revisión de literatura científica en bases de datos como PubMed/MEDLINE y Cochrane, junto con la propuesta de un abordaje clínico integral sustentada en la evidencia disponible, en los resultados, se evidenció que el manejo del pie caído requiere identificar con precisión la causa subyacente y combinar distintas alternativas terapéuticas, como la estimulación eléctrica funcional que es útil para prevenir la atrofia muscular, el uso de ortesis de tobillo-pie para mejorar la movilidad, y programas de entrenamiento enfocados en preservar el rango de movimiento, favorecer la reinervación y optimizar la estabilidad de la marcha; sin embargo, también señalan limitaciones como la escasa

normalización del patrón de marcha con ortesis y la variabilidad en la evidencia existente, concluyen que el manejo de esta condición debe ser necesariamente interdisciplinario, promoviendo la creación de unidades especializadas que integren diferentes profesionales de la salud, con el fin de mejorar la movilidad, prevenir complicaciones como caídas o dolor y ofrecer una atención más integral y eficaz al paciente.

Nori y Stretanski (2025), abordan la caída del pie como una alteración neuromuscular caracterizada por la debilidad de los dorsiflexores, cuyo objetivo principal es identificar sus características clínicas, la fisiopatología y orientar tanto el diagnóstico como el tratamiento según la etiología, para esto, usan una metodología de revisión clínica y análisis integral que incluye la exploración neurológica, estudios de imagen (radiografías y resonancia magnética), pruebas de laboratorio y estudios electrodiagnósticos como la electromiografía y la conducción nerviosa, permitiendo localizar y determinar la gravedad de la lesión, los resultados destacaron que el origen del pie caído puede ser diverso (neuropático, traumático, autoinmune o degenerativo) y que herramientas como la EMG no solo confirman el diagnóstico, sino que también aportan información pronóstica relevante; además, evidencian que el manejo conservador basado en fisioterapia, uso de ortesis y control del dolor puede mejorar la funcionalidad, mientras que en casos severos las intervenciones quirúrgicas muestran altas tasas de recuperación, concluyendo que el manejo del pie caído requiere un enfoque individualizado e interdisciplinario, donde el diagnóstico temprano y la coordinación entre profesionales de la salud son determinantes para optimizar la recuperación y la calidad de vida del paciente.

La investigación de Soltani et al. (2024), habla acerca de un estudio titulado “La estimulación eléctrica mejora la regeneración del nervio ciático utilizando un andamio conductor a base de seda más allá de los conductos guía nerviosos tradicionales”, buscaron verificar si la estimulación eléctrica podía mejorar la recuperación del nervio ciático tras una lesión, para esto diseñaron conductos nerviosos hechos con fibroína de seda y nanopartículas de oro, compuestos con hidrogel de colágeno y células madre mesenquimales, originada de tejido adiposo, estas células fueron aisladas, cultivadas y verificadas mediante citometría de flujo, lo que confirmó su origen mesenquimal, usaron un modelo animal en el cual compararon grupos con y sin estimulación eléctrica, evaluando la marcha, los tejidos y las características del nervio mediante

análisis histológicos y microscópicos, los resultados demostraron que los animales tratados con el conducto conductor y estimulación eléctrica obtuvieron una mayor regeneración axonal, mielinización más gruesa y mejor función motora que los otros grupos, para concluir los autores afirman que la combinación de materiales conductores con estimulación eléctrica ayuda a la reparación del nervio ciático y acelera su recuperación funcional.

Por su parte, Costello et al. (2023), en su artículo “Clinical applications of electrical stimulation for peripheral nerve injury: a systematic review” plantearon como objetivo analizar la evidencia disponible sobre la aplicación clínica de la estimulación eléctrica en lesiones de nervios periféricos, para ello reunieron información de las bases de datos PubMed y en base entre 1995 y agosto de 2022, seleccionando únicamente estudios que cumplían criterios específicos de inclusión y exclusión, lo cual redujo el total de 835 publicaciones iniciales a 7 investigaciones que cumplieron con los criterios establecidos, con un total de 229 pacientes, la mayoría en ensayos controlados aleatorizados; los protocolos aplicados fueron diversos en frecuencia, voltaje y tiempo de estimulación, aunque en promedio se emplearon 20 Hz y sesiones de 20 a 60 minutos, los hallazgos mostraron que quienes recibieron estimulación lograron una recuperación funcional más favorable frente a los grupos control; como conclusión, los autores resaltan que esta terapia representa una alternativa novedosa y prometedora, aunque aún requiere estandarización y mayor evidencia para su aplicación clínica regular.

Según Liu et al. (2023), en su investigación titulada “Incidencia de lesión traumática del nervio ciático en pacientes con fracturas acetabulares y factores que afectan la recuperación: un estudio retrospectivo”, el objetivo del estudio fue analizar las características clínicas y los factores asociados a la recuperación neurológica en estos pacientes, para ello, realizaron un estudio retrospectivo en un centro de trauma, revisando los casos diagnosticados entre 2014 y 2021 e incluyendo pacientes con fractura acetabular y compromiso del nervio ciático. Se evaluaron variables demográficas, características de la lesión, evolución clínica y hallazgos intraoperatorios, los resultados mostraron que las lesiones se asociaron principalmente con fracturas de la pared o columna posterior del acetábulo y luxación posterior de cadera, además, el 52,6 % de los pacientes presentó recuperación neurológica completa y el 47,4 % recuperación parcial, observándose una evolución más lenta en aquellos con evidencia de daño nervioso

durante la cirugía, los autores concluyeron que la evaluación intraoperatoria del nervio ciático constituye un factor importante para predecir la recuperación neurológica, resaltando la necesidad de una valoración integral y un manejo oportuno para optimizar los resultados funcionales de los pacientes.

En la investigación de Allen et al. (2023) analizaron el uso de la estimulación eléctrica como estrategia terapéutica para el manejo del dolor y la mejora de la función en diversas condiciones clínicas. el objetivo de la revisión fue comparar los efectos de las diferentes modalidades de estimulación eléctrica sobre el dolor y los resultados funcionales en distintas poblaciones de pacientes, realizaron una revisión bibliográfica de estudios clasificados según su nivel de evidencia, incluyendo revisiones sistemáticas, metaanálisis, ensayos controlados aleatorizados, estudios de cohortes y reportes clínicos, los resultados evidenciaron que modalidades como la estimulación eléctrica neuromuscular (NMES) y la estimulación eléctrica funcional (FES) presentan beneficios significativos en la rehabilitación de pacientes con accidente cerebrovascular, lesión medular y pie caído, favoreciendo la función y la movilidad, asimismo, los dispositivos H-Wave mostraron efectos positivos en la reducción del dolor y la mejora funcional, mientras que la estimulación nerviosa eléctrica transcutánea (TENS) presentó evidencia limitada respecto a sus beneficios clínicos, concluyendo que, aunque gran parte de las modalidades de estimulación eléctrica cuentan con evidencia limitada, técnicas como la NMES y la FES han demostrado resultados favorables en indicaciones específicas, resaltando la necesidad de desarrollar estudios más rigurosos que fortalezcan la evidencia sobre su eficacia clínica.

También en la investigación de Juckett et al. (2022), titulada “The Effect of Electrical Stimulation on Nerve Regeneration Following Peripheral Nerve Injury” exploraron como la estimulación eléctrica aplicada durante la cirugía puede favorecer la regeneración de los nervios periféricos tras una lesión, el objetivo principal fue analizar el impacto de la estimulación eléctrica en la regeneración axonal y la recuperación funcional tras lesiones de nervios periféricos, así como evaluar diferentes modalidades de aplicación, incluyendo su uso preoperatorio (estimulación de acondicionamiento) y postoperatorio, en cuanto a la metodología, se recopilaron y analizaron estudios experimentales en modelos animales y ensayos clínicos en humanos, en los modelos murinos, se evaluaron distintos protocolos de estimulación eléctrica en

términos de duración, frecuencia y efectos sobre la regeneración nerviosa, asimismo, se incluyeron ensayos clínicos aleatorizados en pacientes sometidos a procedimientos quirúrgicos como descompresión nerviosa y reparación de lesiones periféricas, valorando parámetros electrofisiológicos, funcionales y sensoriales, con respecto a los resultados, se encontró que la estimulación eléctrica acelera la regeneración axonal y mejora la recuperación funcional en comparación con grupos control, en conclusión, la estimulación eléctrica representa una herramienta terapéutica eficaz para potenciar la regeneración nerviosa y mejorar los resultados funcionales en pacientes con lesiones de nervios periféricos, su aplicación, tanto en el periodo preoperatorio como postoperatorio, muestra beneficios significativos, aunque su mecanismo de acción aún no se comprende completamente, asimismo, los avances en dispositivos tecnológicos y la implementación de protocolos más accesibles podrían facilitar su uso clínico.

Por otro lado, en la investigación hecha por Robison, et al. (2022), titulada “Augmenting gait in a population exhibiting foot drop with adaptive functional electrical stimulation” evaluaron la efectividad de esta tecnología en la mejora de la marcha de pacientes con alteraciones en la dorsiflexión del tobillo, el objetivo fue determinar el impacto de un sistema de estimulación eléctrica funcional adaptativa sobre los parámetros de la marcha en personas con pie caído, para ello, realizaron un estudio pre y post prueba con 32 participantes, utilizando el dispositivo Cionic Neural Sleeve, el cual incorpora una red de electrodos y sensores capaces de ajustar la estimulación de acuerdo con la velocidad y las características de la marcha, los resultados evidenciaron una mejora significativa en la dorsiflexión del tobillo durante el contacto del talón, así como una disminución de la inversión durante la fase de balanceo, favoreciendo una posición más estable y funcional del tobillo, además, se observó una marcha más segura y una reducción del riesgo de caídas, los autores concluyeron que la estimulación eléctrica funcional adaptativa constituye una alternativa terapéutica eficaz para mejorar la marcha en pacientes con pie caído, destacando que la personalización de la estimulación contribuye a optimizar el control motor y la estabilidad funcional durante la locomoción.

De igual manera Page y Freeman (2020), en su investigación titulada “Point-to-point repetitive control of functional electrical stimulation for drop-foot”, estudiaron el uso del control repetitivo aplicado a la estimulación eléctrica funcional como alternativa para mejorar el pie caído, el propósito de la investigación fue desarrollar un sistema de control que permitiera mejorar la contracción del músculo tibial anterior por medio de aprendizaje continuo, reduciendo los errores y mejorando la efectividad del movimiento, construyeron un modelo de control repetitivo de tipo “punto a punto” y lo compararon con el enfoque tradicional, utilizando solo cinco puntos de referencia por ciclo, además de requerir menos esfuerzo de control, esta investigación demostró que el control repetitivo punto a punto ofrece mayor fuerza muscular, lo que mejora la rehabilitación de personas con pie caído, estos autores concluyeron que la implementación del control repetitivo en sistemas de FES representa un avance significativo en el tratamiento del pie caído, al permitir un control más preciso, adaptable y continuo durante la marcha, este enfoque supera las limitaciones de los sistemas de circuito abierto y de otros modelos basados en aprendizaje por lotes, contribuyendo a mejorar la funcionalidad del paciente, en este sentido, el desarrollo de controladores inteligentes y eficientes se perfila como una estrategia clave para optimizar los resultados clínicos y la calidad de vida en personas con alteraciones neurológicas.

También, York y Chakrabarty (2019), en su estudio titulado *Advances in Functional Electrical Stimulation for Foot Drop Treatment*, exploraron cómo la estimulación eléctrica funcional (FES) puede ser utilizada para tratar la caída del pie, una condición que resulta de la debilidad en los músculos dorsiflexores del pie, impidiendo levantar los dedos al caminar el estudio tuvo como objetivo analizar las limitaciones de los sistemas de estimulación eléctrica funcional (FES) existentes y proponer una alternativa basada en un sistema de control en lazo cerrado que permitiera una estimulación más natural y eficiente, realizaron un análisis conceptual y tecnológico de los sistemas FES disponibles, identificando deficiencias relacionadas con la ausencia de retroalimentación sensorial y la dificultad para reproducir patrones fisiológicos de movimiento, los resultados evidenciaron que los sistemas tradicionales de circuito abierto presentan limitaciones para generar una marcha natural, mientras que la incorporación de señales musculares y sensoriales en un sistema de lazo cerrado mostró un alto potencial para mejorar la coordinación, adaptabilidad y eficiencia del movimiento, concluyendo

que los sistemas FES con control en lazo cerrado representan una estrategia prometedora para el tratamiento de la caída del pie, ya que favorecen un patrón de marcha más funcional; sin embargo, destacaron la necesidad de realizar estudios experimentales que validen su eficacia clínica y sus beneficios a largo plazo.

La investigación de Soro-García y González-Gálvez (2025), tuvo como objetivo estudiar los efectos del entrenamiento de resistencia progresiva en adultos que han sufrido una fractura de cadera, por lo que, desarrollaron una revisión sistemática basada en ensayos controlados aleatorizados, siguiendo lineamientos PRISMA y consultando bases de datos como PubMed, CENTRAL y EBSCO, de donde finalmente seleccionaron siete estudios con población mayoritariamente adulta mayor, en los resultados, se pudo evidenciar que los programas de entrenamiento, aplicados generalmente entre los 3 y 12 meses posteriores a la fractura y con intensidades entre el 60 % y 80 % de 1RM, generaron mejoras significativas en la capacidad funcional, la fuerza, el equilibrio, la velocidad de la marcha, la flexibilidad y la condición cardiorrespiratoria; sin embargo, variables como la independencia, la calidad de vida, la depresión y la capacidad cognitiva no mostraron resultados concluyentes, en conclusión, el entrenamiento de resistencia progresiva se posiciona como una estrategia efectiva en la rehabilitación tras fractura de cadera, aunque aún existe limitada evidencia sobre su impacto en aspectos psicosociales y de autonomía del paciente.

En un estudio por, Caravaggi et al. (2023), propusieron analizar el comportamiento energético de una ortesis tobillo-pie dinámica pasiva (PD-AFO) personalizada e impresa en 3D para pacientes con pie caído, con el objetivo de determinar si es capaz de absorber y liberar energía elástica durante la marcha, así como identificar en qué fases ocurre dicho fenómeno, para ello, desarrollaron una metodología de tipo experimental con enfoque piloto, en la que participaron ocho personas con debilidad en los dorsiflexores del tobillo; donde se diseñó una ortesis personalizada mediante escaneo 3D y fabricación por sinterización láser, y posteriormente se evaluó su marcha utilizando un sistema de análisis cinemático y plataformas de fuerza, comparando condiciones con ortesis personalizada, ortesis convencional y sin ortesis, los resultados demostraron que el uso de la PD-AFO permitió una mayor velocidad de marcha frente a la condición sin ortesis, además de mostrar un patrón consistente de absorción y liberación de

energía durante la fase de apoyo, especialmente en los momentos de carga inicial y despegue, lo que sugiere una contribución funcional al impulso del tobillo; sin embargo, la reducción de la potencia máxima del tobillo no fue estadísticamente significativa, en conclusión, los autores señalan que, aunque la cantidad de energía generada por la ortesis es relativamente baja, su efecto positivo en parámetros espaciotemporales y en la eficiencia de la marcha respalda su uso clínico, destacando además el potencial de la impresión 3D para mejorar la personalización y el rendimiento de estos dispositivos, aunque recomiendan realizar estudios con muestras más amplias para fortalecer la evidencia.

En el estudio de Shin et al. (2023), titulado “Asistencia para la dorsiflexión del tobillo en pacientes con pie caído mediante una ortesis tobillo-pie motorizada para mejorar la asimetría de la marcha”, evaluaron la eficacia de una ortesis tobillo-pie (AFO) neumática diseñada para asistir la dorsiflexión durante la fase de balanceo, con el fin de mejorar la cinemática y los parámetros espaciotemporales de la marcha en pacientes con pie caído, usaron una metodología experimental con diez pacientes con hemiparesia, quienes caminaron en dos condiciones (descalzos y con la AFO motorizada) mientras se registraban los movimientos mediante un sistema de captura con 12 cámaras en un recorrido controlado, los resultados mostraron una disminución de la asimetría cinemática en las articulaciones del miembro inferior, especialmente a nivel del tobillo, donde se observó un aumento en el ángulo articular durante el ciclo de la marcha; asimismo, la rodilla mostró mejoras leves, aunque la cadera no presentó cambios significativos, sin embargo, no se encontraron diferencias significativas en la velocidad de balanceo entre los lados afectado y no afectado, en conclusión, el estudio demuestra que la asistencia a la dorsiflexión mediante una AFO motorizada puede mejorar temporalmente la simetría de la marcha, demostrando su potencial como herramienta efectiva en la rehabilitación de pacientes con pie caído.

En la investigación desarrollada por Mehryar et al. (2025), plantearon como objetivo diseñar y evaluar una ortesis tobillo-pie (AFO) activa capaz de adaptarse a las variaciones de la velocidad de la marcha en personas con pie caído, superando así las limitaciones de los sistemas tradicionales basados en controles rígidos y predefinidos, la metodología de este trabajo consistió en el desarrollo de un prototipo motorizado con un sistema de planificación y control del

movimiento sustentado en principios biomecánicos y en un enfoque probabilístico para la detección de las fases de la marcha, empleando sensores inerciales (IMU), análisis de captura de movimiento, electromiografía y medición de potencia mecánica, en una fase inicial, el dispositivo fue probado en una persona sana que simulaba la condición de dorsiflexión reducida, caminando a diferentes velocidades bajo condiciones controladas, los resultados mostraron que la ortesis logró generar un movimiento articular adecuado y oportuno para garantizar la elevación del pie durante la fase de balanceo, manteniéndose dentro de rangos anatómicos seguros y sin causar molestias; además, se evidenció una reducción parcial de la activación muscular, lo que indica que el dispositivo aportó parte del esfuerzo necesario para la dorsiflexión, especialmente a velocidades bajas y medias, en conclusión, el estudio demuestra que el uso de estrategias de control adaptativas basadas en modelos biomecánicos y métodos probabilísticos puede mejorar el desempeño de las AFO activas, aunque resalta la necesidad de validar estos hallazgos en pacientes reales con pie caído para confirmar su eficacia clínica.

Según la investigación llevada a cabo por Raj et al. (2022), la impresión 3D mediante modelado por deposición fundida (FDM) se ha consolidado como una alternativa innovadora para la fabricación rápida, personalizada y de bajo costo de órtesis tobillo-pie (AFO), el objetivo del estudio fue optimizar y evaluar la resistencia mecánica de AFO fabricadas con ácido poliláctico (PLA) y PLA reforzado con fibra de carbono (PLA-C), analizando su desempeño estructural y funcional, en cuanto a la metodología, se realizaron ensayos mecánicos mediante una máquina universal de pruebas (UTM) para obtener curvas de fuerza-desplazamiento y determinar la energía elástica y los puntos de fractura de las órtesis; además, se empleó el análisis por elementos finitos (FEA) para predecir su comportamiento mecánico, los resultados mostraron que las AFO elaboradas con PLA-C presentaron mayor rigidez y resistencia a las cargas en comparación con las fabricadas únicamente con PLA, evidenciando además una alta concordancia entre las simulaciones y las pruebas experimentales, en conclusión, el uso de PLA reforzado con fibra de carbono mejora significativamente las propiedades mecánicas de las órtesis impresas en 3D, mientras que la integración de herramientas de simulación como FEA optimiza el diseño y reduce los costos y tiempos de desarrollo, consolidando esta tecnología como una opción prometedora para la fabricación de dispositivos ortopédicos personalizados.

6. MARCO TEÓRICO

6.1 Teoría Del Modelo Biopsicosocial

Dentro del abordaje actual en fisioterapia, el modelo biopsicosocial representa una de las bases conceptuales más importantes para comprender al paciente desde un enfoque integral. Este modelo, propuesto inicialmente por George Engel 1977 y fortalecido en la práctica clínica actual, plantea que la salud no debe entenderse únicamente desde el componente biológico, sino también desde la interacción de factores psicológicos y sociales que influyen en la funcionalidad y calidad de vida de la persona (Marchán, 2023).

En pacientes con pie caído, esta percepción resulta relevante, ya que la alteración no sólo genera una limitación física por la incapacidad para realizar una adecuada dorsiflexión del tobillo durante la marcha, sino que también puede impactar emocionalmente al paciente, afectando su autoestima, autonomía, seguridad al caminar y participación social, la frustración por la pérdida de independencia y las barreras en su entorno cotidiano son elementos que pueden influir directamente en la adherencia al tratamiento y en los resultados esperados; este enfoque no solo enseña técnicas clínicas de tratamiento de la marcha, ortesis, biomecánica, etc, sino también formar habilidades de comunicación, empatía, educación para la salud, intervención psicoemocional básica y trabajo interdisciplinar (Ortis y Gordillo, 2022).

6.2 Modelo De Patokinesiología

El modelo de patokinesiología es el estudio de la anatomía y la fisiología referente al movimiento humano anormal, lo que se trata de un modelo jerárquico en el que el movimiento se constituye en el elemento central y estudia cómo las alteraciones patológicas afectan el movimiento humano y cómo éstas generan patrones compensatorios que pueden desencadenar nuevas disfunciones musculoesqueléticas, desde esta teoría, la enfermedad o lesión produce una alteración biomecánica que cambia la ejecución normal del movimiento (Bispo, 2022).

6.3 Teoría Del Movimiento Corporal Humano

El movimiento corporal humano constituye el objeto de estudio principal de la fisioterapia y se entiende como la capacidad del ser humano para interactuar con su entorno a través de acciones coordinadas que integran sistemas musculares, neurológicos, sensoriales y cognitivos tal como lo indican Calvo et al. (2020), más allá de una visión biomecánica, esta teoría reconoce que el movimiento está influenciado por experiencias, emociones, contexto social y procesos adaptativos; la marcha, como una de las expresiones más complejas del movimiento humano, requiere una integración armónica entre estabilidad, coordinación, fuerza y control motor, cuando aparece una alteración como el pie caído, no solo se compromete un segmento corporal, sino toda la funcionalidad de la persona.

Este proyecto encuentra su sustento teórico en la integración de estos tres modelos, los cuales permiten atender al paciente de manera integral. El modelo biopsicosocial permite comprender al paciente más allá de su alteración física, reconociendo el impacto emocional, funcional y social que genera dicha patología en su vida cotidiana. El modelo de patokinesiología facilita el análisis de las alteraciones biomecánicas y compensaciones presentes en la marcha, orientando estrategias terapéuticas dirigidas a corregirlas. Finalmente, la teoría del movimiento corporal humano aporta el fundamento disciplinar para entender la marcha como una expresión funcional compleja que debe ser restaurada para mejorar la independencia y calidad de vida del paciente.

La combinación de electroestimulación, fisioterapia convencional y el diseño de una férula personalizada en material PLA representa una intervención innovadora que integra estos enfoques teóricos, buscando no solo mejorar el patrón de marcha, sino también favorecer la funcionalidad, autonomía y bienestar integral del paciente.

7. MARCO CONCEPTUAL

En esta investigación se abordará el desarrollo de un tema muy relevante relacionado con la alteración del pie caído, titulado “Programa fisioterapéutico basado en electroestimulación y fisioterapia convencional, complementado con el diseño de una férula en material PLA, para mejorar la marcha en pacientes con pie caído”. Por ello, es fundamental resaltar conceptos vinculados a los procesos implicados en esta problemática. Se presentará una secuencia y un análisis que permitan comprender la relevancia y el impacto de cómo se lleva a cabo la mejora de la marcha en un paciente con pie caído.

7.1. Pelvis

La pelvis es una región anatómica ubicada en la parte inferior del tronco, delimitada superiormente por la línea imaginaria entre el pubis y el promontorio sacro, e inferiormente por la línea que va desde las tuberosidades isquiáticas hasta el cóccix, su función principal es albergar y proteger diversas estructuras del cuerpo, como los órganos reproductivos, la vejiga y el recto, además de ser clave en el funcionamiento del suelo pélvico, que es esencial para el control de la orina, las funciones reproductivas y la evacuación intestinal (Bordoni et al., 2023).

7.2. *Fractura de pelvis.*

La fractura de pelvis es una lesión en el anillo pélvico que está compuesto por varias estructuras óseas como el Ilión, isquion, pubis y sacro, que forman un conjunto anatómico estable, estas fracturas suelen ocurrir en traumatismo de alta energía como accidentes de tráfico o caídas graves; esta lesión compromete la estabilidad de la pelvis y puede generar importantes complicaciones a nivel de la marcha; las fracturas de pelvis representan entre el 3% y 8% de todas las fracturas, con mayor incidencia en hombres jóvenes (trauma de alta energía) y mujeres mayores (osteoporosis), los mecanismos más frecuentes son accidentes de tráfico, caídas desde altura y, en ancianos, caídas de bajo impacto (Davis et al., 2024).

7.3. Cadera

La cadera es una articulación que conecta el fémur, o hueso del muslo, con la pelvis, está compuesta por dos partes principales, una esfera en el extremo del fémur que encaja perfectamente en una cavidad situada en la pelvis, esta estructura le da a la cadera su forma esférica, lo que le permite ser muy estable y ofrecer una gran amplitud de movimiento (Medline Plus, 2022).

7.3.1. Fractura de cadera.

Las fracturas de cadera son lesiones óseas que afectan principalmente la parte superior del fémur, cerca de la articulación de la cadera, estas fracturas son comunes en personas mayores de 60 años y se consideran una de las lesiones incapacitantes más frecuentes en esta población, estas fracturas son muy serias, ya que pueden afectar gravemente la movilidad y autonomía del paciente; además, tienen un alto índice de mortalidad asociado, principalmente debido a las complicaciones derivadas de la inmovilización prolongada, como infecciones, embolias pulmonares y problemas cardíacos (Izaguirre et al., 2018).

7.4. Nervio Ciático

El nervio ciático es el nervio más largo y ancho del cuerpo humano, se encuentra en la parte posterior de la pierna y es responsable de inervar (activar) los músculos de la parte posterior del muslo, así como la parte baja de la pierna, además, proporciona sensibilidad a la parte posterior del muslo, una porción de la pierna inferior y a la planta del pie, este nervio juega un papel crucial en el movimiento y la sensación en la pierna y el pie (Medline Plus, 2019).

7.4.1. Lesión del nervio ciático.

Una lesión del nervio ciático es un daño o disfunción en el nervio más largo y grande del cuerpo, que puede causar una variedad de síntomas, dependiendo de la ubicación y la gravedad de la lesión, el nervio ciático se extiende desde la parte inferior de la columna vertebral, pasa por

las nalgas y baja por la parte posterior de cada pierna; las lesiones en este nervio suelen generar dolor, debilidad, adormecimiento o dificultad para mover la pierna o el pie (Medine Plus, 2019).

7.5. Píe Caído

El pie caído es una afección caracterizada por la dificultad para levantar la parte delantera del pie, lo que provoca que la persona arrastre el pie al caminar, esta condición es un signo de un problema subyacente en los nervios, músculos o anatomía, la causa más común es la debilidad o parálisis de los músculos responsables de levantar el pie, generalmente debido a una lesión en el nervio peroneo, que controla estos músculos, esta condición puede generar una marcha anormal conocida como marcha en estepaje, donde la persona levanta el muslo de manera excesiva para evitar que el pie toque el suelo (Mayo Clinic, 2025).

Diversos estudios han evidenciado que el pie caído afecta significativamente la independencia funcional y la calidad de vida, ya que limita la movilidad y la participación social del individuo, además, los pacientes suelen desarrollar compensaciones como la marcha en estepaje, esto incrementa el gasto energético y la fatiga durante la deambulaci3n (Li et al., 2024).

7.6. Estimulaci3n El3ctrica Nerviosa Transcut3nea (TENS)

La electroestimulaci3n funcional(FES) es una t3cnica que utiliza impulsos el3ctricos para activar el nervio peroneo y producir la dorsiflexi3n del pie durante la marcha, esta intervenci3n ha demostrado ser altamente efectiva en la rehabilitaci3n de pacientes con pie caído. Estudios recientes evidencian que la FES mejora la velocidad de la marcha, la simetría del paso y la activaci3n muscular, adem3s de favorecer la plasticidad neuronal(He et al., 2025).

Así mismo, Li et al. (2024) reportan que la FES contribuye a mejorar la distribuci3n de presiones plantares y el control postural en pacientes con pie caído, por otro lado, los avances tecnol3gicos han permitido el desarrollo de sistemas de FES que se sincronizan con el ciclo de la marcha mediante sensores, optimizando los resultados funcionales (Gonz3lez-Graniel et al., 2024).

7.7 Fisioterapia Convencional

La fisioterapia convencional se refiere al conjunto de intervenciones terapéuticas tradicionales o habituales aplicadas en la práctica clínica, las cuales pueden incluir ejercicios de fortalecimiento, estiramiento, entrenamiento de la marcha, equilibrio, acondicionamiento cardiovascular y otras técnicas físicas, sin embargo, su definición no es fija, ya que engloba diversas modalidades terapéuticas que varían según el contexto clínico, geográfico y temporal, pudiendo abarcar desde intervenciones no estructuradas hasta programas específicos y multimodales de ejercicio, por ello, se considera un concepto amplio y diverso, que se utiliza frecuentemente como base de comparación con otras técnicas innovadoras en investigaciones (Hoskovcová et al., 2022).

7.8 Férula En Material PLA

Una férula elaborada en material PLA es un dispositivo ortopédico que se realiza mediante impresión 3D utilizando ácido poliláctico, un material termoplástico biodegradable que se usa comúnmente para crear dispositivos médicos personalizados, estas férulas se elaboran a partir de modelos digitales del paciente, lo que facilita la creación de dispositivos que se ajustan a la anatomía, son ligeros y tienen la rigidez adecuada para mantener o estabilizar partes del cuerpo durante la rehabilitación, además, el PLA ofrece estabilidad estructural y una forma bien definida, siendo especialmente ventajoso en situaciones donde se necesita un soporte sólido en lugar de utilizar materiales más flexibles (Güven et al, 2026).

8. VARIABLES, DEFINICIÓN CONCEPTUAL Y OPERACIONAL DE VARIABLES.

Tabla 1. Definición de variables.

Variable	Tipo	Definición conceptual	Definición operacional	Indicadores	Instrumento
Programafisioterapéutico (electroestimulación + ejercicio + férula PLA)	Independiente	Intervención terapéutica combinada	Aplicación sistemática del programa durante 6 semanas	Frecuencia, intensidad, duración del tratamiento	Registro de sesiones
Marcha	Dependiente	Patrón de desplazamiento humano	Cambios en parámetros de marcha tras intervención	Velocidad, cadencia, longitud de paso	Test de marcha de 6 minutos
Activación muscular	Dependiente	Capacidad de contracción del músculo	Respuesta muscular a la electroestimulación	Grado de contracción, reclutamiento	Escala Evaluación de fuerza muscular
Uso de férula PLA	Independiente secundaria	Dispositivo de asistencia para posicionamiento del pie	Tiempo y forma de uso durante la noche	Horas de uso, adaptación	Registro clínico
Funcionalidad	Dependiente	Capacidad para realizar actividades	Resultados en pruebas funcionales	Tiempo, estabilidad, independencia	TUG

Nota: Elaboración propia (2026).

9. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

9.1 Tipo Y Diseño De Investigación

La presente investigación se enmarca en un enfoque cuantitativo según Sánchez y Murillo (2021), tiene como objetivo comprobar hipótesis derivadas de teorías previas utilizando métodos sistemáticos que permitan obtener resultados verificables y generalizables, es decir, busca explicar, medir y comprobar los fenómenos mediante el uso de datos numéricos y procedimientos estadísticos, este paradigma considera que la realidad es objetiva y puede ser observada y analizada sin influencia del investigador, con diseño de estudio de caso único, de tipo descriptivo–intervencionista, con medición pretest y post-test. El diseño adoptado corresponde a un estudio pre experimental tipo caso clínico debido a que Ramos (2021), explica que el diseño pre-experimental es realizado por el tipo de investigación donde el investigador decide, utilizando instrumentos que midan el antes (pre-test) y después de la intervención (post-test).

Este diseño permite analizar en profundidad los efectos de una intervención fisioterapéutica específica sobre un paciente con pie caído, considerando sus características individuales y evolución clínica.

9.2 Población y muestra

Paciente masculino de 40 años de edad con diagnóstico médico de pie caído debido a una lesión de nervio ciático, con limitación de movimiento, pérdida de fuerza y masa muscular y fases de la marcha alteradas; quien asiste a intervención fisioterapéutica en la Corporación Universitaria Antonio José De Sucre en la ciudad de Sincelejo-Sucre.

9.3 Caso Clínico

Se trabajará con un paciente diagnosticado con pie caído, de etiología musculoesquelética, seleccionado mediante muestreo por conveniencia, se trata de un caso que se origina a partir de un accidente de tránsito ocurrido hace dos años, el cual dejó como secuela una fractura de cadera y pelvis, a raíz de este evento, el paciente tuvo un pinzamiento del nervio ciático que desencadenó pie caído en el miembro inferior derecho.

Paciente masculino de 40 años de edad que ingresa sin acompañante al servicio de fisioterapia, consciente y orientado en sus tres esferas (tiempo, lugar y espacio), deambulando con la ayuda de bastón de un solo apoyo, refiere antecedentes de accidente de tránsito ocurrido hace 2 años, como consecuencia presentó fractura de cadera y pelvis, que derivó en una lesión del nervio ciático y el posterior desarrollo de pie caído en miembro inferior derecho. Al momento de la valoración, se realiza toma de signos vitales, evidenciando tensión arterial de 123/90 mmHg, frecuencia respiratoria de 21 respiraciones por minuto, frecuencia cardíaca de 92 latidos por minuto y saturación de oxígeno del 98%, encontrándose hemodinámicamente estable, durante la inspección física se observa la presencia de dos cicatrices verticales móviles: una localizada en la región glútea derecha con una longitud aproximada de 15 cm y un ancho de 1 cm, y otra en la región inguinal derecha de 1 cm de largo por 1 cm de ancho; ambas presentan formación de queloides en sus extremos, con dimensiones aproximadas de 1 cm de largo por 1 cm de ancho, en la evaluación goniométrica se evidencian limitaciones en los arcos de movimiento del miembro inferior derecho, particularmente en el tobillo, a nivel del tobillo derecho se registra dorsiflexión de 0°, plantiflexión de 0° a 10°, inversión de 0° a 5° y eversión de 0° a 10°; en el tobillo izquierdo se observa dorsiflexión de 0° a 20°, plantiflexión de 0° a 40°, inversión de 0° a 35° y eversión de 0° a 15°, indicando restricción del movimiento, especialmente en la dorsiflexión, compatible con el diagnóstico de pie caído.

A la valoración de fuerza muscular mediante la escala de Daniels, se evidencia leve debilidad muscular en gastrocnemio, sóleo y músculos peroneos largo y corto del miembro inferior derecho, con una calificación de (3+), correspondiente a movimiento completo contra la gravedad con resistencia mínima, se identifica severa debilidad en el músculo tibial posterior,

con una calificación de (1+), representando únicamente el 25% del arco de movimiento en posición con gravedad eliminada, de igual manera, se evidencia ausencia total de contracción muscular en el músculo tibial anterior, con una calificación de (0), hallazgo directamente relacionado con la imposibilidad de realizar dorsiflexión activa del pie, en cambio, en el miembro inferior izquierdo en los músculos gastrocnemio, sóleo, tibial anterior, tibial posterior y músculos peroneos largo y corto se evidencia movimiento completo contra gravedad, músculo soporta resistencia manual máxima con una calificación de (5).

Se observa severa atrofia muscular en cuádriceps, gastrocnemio y sóleo del miembro inferior derecho. En la medición de perímetros musculares se registra un perímetro de 20 cm en cuádriceps derecho frente a 45 cm en cuádriceps izquierdo; igualmente, en gastrocnemio y sóleo se obtiene una medida de 30 cm en el miembro afectado y 51 cm en el miembro contralateral, evidenciando importante pérdida de masa muscular secundaria al desuso y al compromiso neurológico, en la evaluación de longitud de miembros inferiores se obtienen las siguientes medidas: miembro inferior derecho con longitud real de 103 cm y aparente de 106 cm; miembro inferior izquierdo con longitud real de 105 cm y aparente de 107 cm.

En la valoración sensitiva superficial de los dermatomas del miembro inferior derecho se identifica alteración de la sensibilidad tipo anestesia en el dermatoma L5 e hiperestesia en el dermatoma S1. Asimismo, al evaluar las sensaciones táctiles mediante estímulos con punta de lápiz, algodón y llaves, se evidencian alteraciones en la percepción sensorial, finalmente, según la escala de Barthel, el paciente presenta un grado de dependencia moderada para la realización de actividades básicas de la vida cotidiana, obteniendo una puntuación de 85/100, lo que refleja un compromiso significativo en su funcionalidad e independencia. Estos hallazgos sustentan la necesidad de implementar un programa fisioterapéutico integral orientado a la recuperación funcional y del patrón de marcha, de igual manera en la mejora de la calidad de vida del paciente.

9.4 Método De Recolección De Información

9.4.1 Marcha de 6 minutos.

El Test de Marcha de 6 Minutos (6MWT) es un examen clínico que se emplea para evaluar la resistencia funcional y la capacidad de ejercicio a niveles submáximos, mediante el recorrido total que una persona puede caminar en seis minutos, esta evaluación se considera una herramienta representativa de la capacidad del sistema cardiorrespiratorio y musculoesquelético para hacer frente a actividades físicas continuas, siendo comúnmente utilizada en la valoración de pacientes con enfermedades crónicas, asimismo, se reconoce como una medida efectiva del rendimiento físico general, ya que considera diversos sistemas fisiológicos que intervienen en la movilidad funcional (Fujita y Kubo, 2021)

Respecto a su validación, múltiples investigaciones han señalado que el 6MWT cuenta con una validez y confiabilidad adecuadas, estableciéndose como una herramienta clínica sólida, por ejemplo, se ha mostrado una notable confiabilidad en las pruebas repetidas, con coeficientes de correlación intraclase que rondan 0.91, lo que sugiere que los resultados son consistentes al realizar la prueba bajo condiciones equivalentes (Bohannon et al., 2014)

9.4.2 Dominio osteomuscular.

El dominio osteomuscular, es un modelo que plantea el camino a seguir durante la acción del estudiante al hacer una evaluación a un paciente, el desarrollo del dominio osteomuscular, fue llevado a cabo por un consenso de docentes fisioterapeuta de la corporación universitaria Antonio José de Sucre, con soporte científico, permitiendo establecer unos lineamientos de examinación e intervención por cada dominio según la asociación Americana de terapia física (American Physical Therapy Association. APTA, 2014)

9.4.3 Escala de Barthel.

El Índice de Barthel es una herramienta clínica muy común para medir el nivel de autonomía funcional en las actividades básicas de la vida diaria, este instrumento evalúa diez tareas fundamentales relacionadas con el autocuidado y la movilidad, que incluyen comer,

bañarse, vestirse, controlar esfínteres, usar el baño, realizar transferencias, caminar y subir escaleras, la puntuación total varía de 0 a 100, donde resultados más altos reflejan una mayor independencia funcional, debido a su simplicidad, facilidad de uso y capacidad para medir la funcionalidad lo convierten en uno de los instrumentos más frecuentes en rehabilitación, particularmente en pacientes con enfermedades neurológicas, en lo que respecta a su validación, el Índice de Barthel ha mostrado ser una herramienta con buenas características psicométricas, siendo notable por su elevada fiabilidad y validez en diversas poblaciones clínicas (Quinn et al., 2011).

9.4.4 Escala de Tinetti.

La Escala de Tinetti, conocida también como Performance-Oriented Mobility Assessment (POMA), es una herramienta clínica utilizada para evaluar de forma integral la movilidad funcional, centrandose su análisis en el equilibrio y la marcha de los adultos, este instrumento consta de dos áreas principales: el equilibrio, que considera evaluaciones en posiciones como sentado, de pie y cambios de postura, y la marcha, que examina factores como la longitud de los pasos, la simetría, la continuidad y la estabilidad, la puntuación total se traduce en una medida objetiva del rendimiento motor, donde puntajes más altos indican una mejor funcionalidad y un menor riesgo de caídas, siendo comúnmente utilizado en entornos clínicos y en la rehabilitación de pacientes geriátricos y neurológicos (Hayati et al., 2025).

En cuanto a su validación, la Escala de Tinetti se ha establecido como una herramienta con buenas características psicométricas, destacándose por su validez y fiabilidad en diversas poblaciones clínicas, un estudio realizado en una muestra colombiana demostró que la escala tiene una elevada consistencia interna, con un alfa de Cronbach de 0.91, lo que sugiere una adecuada homogeneidad entre sus elementos, de igual manera, mostró una alta fiabilidad entre diferentes observadores, con valores cercanos a 0.95, y correlaciones que varían entre 0.74 y 0.93, lo que apoya su estabilidad y precisión en la evaluación (Guevara y Lugo, 2012).

9.4.5 Timed get up and go test.

El Timed Get Up and Go (TUG) es una evaluación funcional sencilla y rápida que mide la movilidad, el equilibrio dinámico y el riesgo de caídas, la prueba implica cronometrar el tiempo que una persona tarda en levantarse de una silla, recorrer tres metros, girar, volver al lugar de inicio y sentarse otra vez, este test se usa frecuentemente en entornos clínicos y de investigación, gracias a su practicidad y su capacidad para evaluar la independencia funcional, en cuanto a su validación, el TUG ha mostrado una alta validez concurrente, mostrando una fuerte asociación con otras evaluaciones de equilibrio y movilidad, de igual forma, tiene una excelente confiabilidad, con un coeficiente de correlación intraclass superior a 0.90, lo que asegura que los resultados se puedan reproducir, además, es una herramienta sensible para identificar cambios funcionales en pacientes en rehabilitación (Podsiadlo y Richardson, 1991).

9.5 Procedimiento

El desarrollo del estudio se llevó a cabo en tres fases consecutivas que abarcaron desde la valoración inicial del paciente hasta la implementación del programa fisioterapéutico y su posterior reevaluación, cada una de estas fases se estructuró con el fin de obtener información objetiva, orientar la planificación terapéutica y valorar los cambios logrados tras la intervención.

Fase 1

La valoración inicial se llevó a cabo durante la primera sesión e inició con la anamnesis, donde se recogió información relevante acerca de los antecedentes del paciente y las limitaciones funcionales asociadas a su condición clínica; posteriormente, se realizó la revisión por sistemas dentro del dominio osteomuscular, en la que se identificaron alteraciones debido a la lesión del nervio ciático.

Como parte del pre-test, se aplicaron diferentes instrumentos de evaluación para determinar el estado funcional del paciente, se valoró el rango de movimiento mediante goniometría, la fuerza muscular con la escala de Daniels, el patrón de marcha con la prueba de marcha de 6 minutos y equilibrio a través del test de Tinetti, evidenciándose limitaciones que

afectaban la estabilidad y el desempeño motor del mismo, asimismo, el grado de dependencia en las actividades básicas se estableció mediante el índice de Barthel, ubicando al paciente en un nivel de dependencia severo.

De igual manera se le pidió al paciente firmar el consentimiento informado y la carta de ética y bioética de la institución.

Fase 2

Con base en los hallazgos de la valoración inicial, se diseñó un plan de intervención enfocado en la combinación de electroestimulación, fisioterapia convencional y el uso de la férula en material PLA, con el propósito de favorecer la activación muscular, mejorar la fuerza, optimizar el patrón de marcha y disminuir las restricciones asociadas a la lesión nerviosa.

El programa incluyó también ejercicios de fortalecimiento orientados a los músculos debilitados y actividades de reentrenamiento de la marcha progresiva, ajustadas a la tolerancia y evolución del paciente, la intervención se planificó para una duración total de seis semanas, con una frecuencia de tres sesiones por semana (martes, miércoles y viernes), cada una con una duración de una hora y media, las cuales se realizan en el laboratorio de cuidado materno infantil e intervención de la Corporación Universitaria Antonio José De Sucre.

Fase 3

La implementación del programa fisioterapéutico basado en electroestimulación y fisioterapia convencional, complementado con el diseño de una férula en material PLA, para la mejora de la marcha en paciente con pie caído, se llevó a cabo durante las seis semanas propuestas, siguiendo la estructura del plan de tratamiento diseñado. Cada sesión inició con la preparación del miembro a intervenir, continuando con la aplicación de electroestimulación para facilitar la activación muscular del miembro inferior derecho, se realizó fisioterapia convencional orientada a la mejoría de la movilidad, el control motor y el fortalecimiento y el uso de la férula en material PLA, durante las noches.

En la fase final de cada sesión se desarrollaron actividades de reentrenamiento de la marcha, con énfasis en el patrón de apoyo, la estabilidad y la coordinación, ajustando la intensidad de acuerdo con la respuesta del paciente y la progresión esperada.

Al finalizar la sexta semana, se llevó a cabo el post-test, que consistió en la reevaluación de los mismos parámetros aplicados en la valoración inicial: Sensibilidad, goniometría, fuerza muscular, test de la marcha de 6 minutos, postura, equilibrio mediante el test de Tinetti, y el índice de Barthel.

9.6 Análisis estadístico

Para evaluar los efectos del programa sobre la fuerza muscular, equilibrio, postura, marcha, goniometría, sensibilidad se aplicó mediante el dominio osteomuscular, escala de Tinetti, la prueba de caminata de 6 minutos (6MWT), Timed Up and Go (TUP), análisis postural y la escala de Borg para verificar y observar la percepción del esfuerzo del participante. Así mismo se realizaron comparaciones cuantitativas para interpretar la relevancia de los resultados en función de la magnitud del cambio y la consistencia de los datos.

Los resultados se presentarán a continuación en tablas y gráficos comparativos permitiendo visualizar de manera clara las diferencias entre los valores de evaluación y reevaluación con la finalidad de valorar la eficacia del programa fisioterapéutico basado en fisioterapia convencional y electroestimulación, complementado con el diseño de una férula en material PLA, para la mejora de la marcha en paciente con pie caído.

10. RESULTADOS

A continuación, se muestran los resultados pre y post intervención del paciente con pie caído. Las intervenciones se llevaron a cabo durante 6 semanas, 3 veces a la semana (Martes, Miércoles y Jueves) con sesiones de 1 hora y media.

10.1. Instrumento Dominio Osteomuscular

Tabla 2. Medidas de longitud

Medidas	MMII Derecho		MMII Izquierdo	
	Pre	Post	Pre	Post
Real	104 cm	104 cm	105 cm	105 cm
Aparente	106 cm	106 cm	106 cm	106 cm

Nota: Elaboración propia (2026).

En la tabla anterior se evidenciaron las medidas real y aparente de MMII derecho e izquierdo, en la primera evaluación se observó que en la medida real derecha tuvo una longitud de 104 cm y el izquierdo de 105 cm. En la medida aparente en MMII derecho se obtuvo 106 cm y en el izquierdo 106 cm y en la valoración final se conservaron las mismas medidas anteriormente descritas.

Tabla 3. Goniometría

Lado derecho				Lado izquierdo	
Segmento	Movimiento	Evaluación inicial	Evaluación Final	Evaluación inicial	Evaluación Final
Tobillo	Plantiflexión	(0°-10°)	(0°-20°)	(0°-20°)	(0°-20°)
	Dorsiflexión	(0°-0°)	(0°-10°)	(0°-25°)	(0°-25°)
	Eversión	(0°-10°)	(0°-20°)	(0°-30°)	(0°-30°)
	Inversión	(0°-5°)	(0°-20°)	(0°-40°)	(0°-40°)

Nota: Elaboración propia (2026).

Se observó que, en la evaluación inicial, el paciente presentó arcos incompletos en todos los movimientos de cadera y de tobillo, en comparación con la evaluación final, donde se evidencio que hubo una ganancia significativa de amplitud del movimiento.

Tabla 4. *Examen muscular*

Segmento	Lado derecho			Lado izquierdo	
	Movimiento	Evaluación inicial	Evaluación Final	Evaluación inicial	Evaluación Final
Tobillo	Plantiflexión	3+	4	5	5
	Dorsiflexión	0	3-	5	5
	Eversión	3+	4	5	5
	Inversión	1+	3-	5	5

Nota: Elaboración propia (2026).

En la tabla se mostrarón las notas obtenidas en el examen muscular de tobillo derecho, en la primera evaluación, la plantiflexión y eversión tuvieron una nota de (3+), dorsiflexión (0), Inversión (1+) y a la evaluación final se evidencio que el paciente obtuvo resultados favorables, mejorando la fuerza.

Tabla 5. *Evaluación de la marcha fase de apoyo*

Fase de apoyo		
Enunciado	Evaluación inicial	Evaluación final
Choque de talón	D	D
Apoyo plantar	A	D
Apoyo medio	D	D
Despegue de artejos	B	B

Nota:Elaboración propia (2026).

La tabla mostró la comparación entre la evaluación inicial y final de las fases de apoyo durante la marcha, se observó que el choque de talón, el apoyo medio y despegue de artejos mantuvieron la misma calificación, mientras que el apoyo plantar presentó una mejoría, pasando de una valoración baja a una más favorable, indicando un mejor desempeño en esta etapa.

Tabla 6. *Evaluación de la marcha fase de balanceo*

Fase de balanceo		
Enunciado	Evaluación inicial	Evaluación final
Aceleración	A	A
Balanceo medio	A	B
Desaceleración	D	D

Nota:Elaboración propia (2026).

La tabla anterior presentó los cambios observados en las fases de balanceo desde la evaluación inicial hasta la final, la aceleración se mantuvo estable, mientras que en el balanceo medio se evidenció una mejoría al pasar de una calificación baja a una más alta y la desaceleración conservó la misma valoración en ambas evaluaciones, lo que indica que no hubo variaciones en este componente específico del ciclo de la marcha.

Tabla 7. *Escala de Barthel*

AVD	Evaluación inicial	Evaluación final
Comer	10 (Independiente)	10 (Independiente)
Lavarse- Bañarse	10 (Independiente)	10 (Independiente)
Vestirse	10 (Independiente)	10 (Independiente)
Arreglarse	10 (Independiente)	10 (Independiente)
Deposición	10 (Independiente)	10 (Independiente)
Control de orina	10 (Independiente)	10 (Independiente)

Uso del retrete	10 (Independiente)	10 (Independiente)
Trasladarse entre silla y cama	5 (Necesita ayuda)	15 (Independiente)
Desplazarse	5 (Necesita ayuda)	15 (Independiente)
Subir y bajar escaleras	5 (Necesita ayuda)	10 (Independiente)
Total	85/100	100/100

Nota: Elaboración propia (2026).

Puntaje total en evaluación inicial: 85/100 Dependiente moderado.

Puntaje total en evaluación final: 100/100 Independiente.

De acuerdo con la tabla anterior, se observó que en la evaluación inicial la escala de Barthel arrojó un puntaje de 85/100, representando que el paciente tenía una dependencia moderada en comparación con la evaluación final donde se obtuvo un puntaje de 100/100, haciendo referencia a que después de las intervenciones el paciente se pudo reintegrar a sus ABVC de manera satisfactoria.

Tabla 8. Dermatomas

Criterios para evaluar	Evaluación inicial	Evaluación final
Anestesia (A)	A (L5)	
Hiperestesia (Hiper)	Hiper (S1)	
Hipoestesia (Hipo)		Hipo (L5, S1)
Conservada (C)		

Nota: Elaboración propia (2026).

En la tabla anterior se evidenció que, en la evaluación inicial, el paciente presentaba alteración en la sensibilidad tipo anestesia en dermatoma S1 e hiperestesia en dermatoma L5, en comparación con la evaluación final, donde se observó que ambos dermatomas se encontraron en hipoestesia

Tabla 9. Equilibrio según Tinetti

Enunciado	Evaluación inicial	Evaluación final
1. Equilibrio sentado	2	2
2. Levantarse	2	2
3. Intentos para levantarse	2	2
4. Equilibrio en bipedestación inmediata (Primeros 5 segundos)	2	2
5. Equilibrio en Bipedestación	2	2
6. Empujar (el paciente en bipedestación con el tronco erecto y los pies tan juntos como sea posible).	1	2
7. Paciente de pie con los ojos cerrados	0	1
8. Vuelta de 360° grados	0	1
9. Sentarse	1	2
Total	12	16

Nota: Elaboración propia (2026).

Puntaje total en evaluación inicial: 12/16 Alteración leve del equilibrio.

Puntaje total en evaluación final: 16/16 Equilibrio normal

De acuerdo con la tabla anterior, se observó que en la evaluación inicial la escala de Tinetti arrojó un puntaje de 12/16, representando que el paciente tenía una alteración leve del equilibrio, en comparación con la evaluación final donde se obtuvo un puntaje de 16/16, haciendo referencia a que después de las intervenciones el paciente pudo obtener un equilibrio normal.

10.2. Instrumento Evaluación de postura (ASPEC)

Tabla 10. *Evaluación de postura frontal (ASPEC)*

Postura plano frontal lado derecho		
Enunciado	Evaluación inicial	Evaluación final
1. Alineación corporal global	0°	0°
2. Cabeza	1°	0°
3. Hombros	2° de desnivel	2° de desnivel
4. Pelvis	0°	0°
5. Rodillas	3°	0°
6. Pies	1°	1°

Nota: Elaboración propia (2026).

En la tabla anterior se pudo observar ligeros cambios posturales: la cabeza corrige su desviación, mientras que las rodillas pasaron de 3° a una alineación neutra, mantuvo el desnivel de hombros y la pelvis y los pies se mantienen en los mismos resultados

Tabla 11. *Evaluación de postura lateral (ASPEC)*

Postura plano lateral lado derecho		
Enunciado	Evaluación inicial	Evaluación final
1. Alineación corporal	0°	0°

Nota: Elaboración propia (2026).

La tabla anterior mostró que la postura lateral se mantuvo estable, sin variaciones entre la evaluación inicial y final, conservando una alineación corporal neutra.

10.3. Instrumento Marcha De Los 6 Minutos

Tabla 12. *Marcha de los 6 minutos (6MWT)*

Evaluación inicial					Evaluación final			
Parámetros	Inicio de la prueba	Al finalizar la prueba	2 minutos post ejercicio	5 minutos post ejercicio	Inicio de la prueba	Al finalizar la prueba	2 minutos post ejercicio	5 minutos post ejercicio
Saturación (%)	97%	90%	96%	97%	98%	99%	99%	99%
Tensión arterial (mmHg)	120/70 mmHg	140/70 mmHg	130/70 mmHg	120/80 mmHg	110/80 mmHg	120/80 mmHg	120/80 mmHg	120/80 mmHg
Disnea y fatiga (Escala de Borg)	0	4	2	0	0	3	1	0
Tiempo (Hora, min)	6 min	6 min	6 min	6 min	6 min	6 min	6 min	6 min
Metros caminados	166 metros	166 metros	166 metros	166 metros	169 metros	169 metros	169 metros	169 metros

Nota: Elaboración propia (2026).

Los cambios observados entre la evaluación inicial y final sugirieron una respuesta positiva al programa, evidenciando así el aumento de la distancia recorrida, que es un indicador de una mejor capacidad funcional para caminar de nuestro paciente y de una mayor eficiencia en los mecanismos de transporte. Estos resultados respaldaron la efectividad de la intervención fisioterapéutica implementada y su contribución al mejor desempeño del paciente en actividades que demandan esfuerzo físico.

10.4. Instrumento Timed Get Up And Go Test

Tabla 13. *Timed get up and go test*

Intentos	Evaluación inicial	Evaluación final
Intento 1	25:50	14:25
Intento 2	21:58	12:14
Intento 3	21:50	11:45

Nota: Elaboración propia (2026).

Los resultados de la tabla anterior mostraron en la evaluación inicial como mejor puntaje en el intento 3 con 21:50 seg, lo que da a entender que el paciente tiene una movilidad variable (20-29), en comparación con la evaluación final que se observó una reducción importante del tiempo de ejecución ya que en el intento 3 obtuvo un puntaje de 11:45 seg, lo que significa que el paciente es mayormente independiente (<20). Esta disminución del tiempo indica una mejor capacidad para realizar transferencias, caminar, girar y desplazarse de forma más rápida y segura. Además, refleja una mejoría en el equilibrio dinámico, la coordinación motora y la independencia funcional.

10.5. Programa De Intervención

10.5.1 Objetivo del programa de intervención

Se inició un plan de intervención fisioterapéutico basado en electroestimulación, fisioterapia convencional y el uso de una férula elaborada en material PLA, con el fin de mejorar la dorsiflexión del tobillo, la fuerza muscular, la movilidad, el equilibrio y el patrón de marcha en un paciente con pie caído, favoreciendo su independencia en las actividades de la vida diaria.

10.5.2 Alcance del plan de intervención

El plan de intervención dirigido por fisioterapeutas duró seis semanas y constó de 18 sesiones, el progreso del tratamiento se monitorizó y ajustó regularmente a los objetivos funcionales, el cual tuvo un alcance rehabilitador y funcional, orientado a disminuir las

alteraciones asociadas al pie caído mediante la aplicación de electroestimulación, fisioterapia convencional, y el uso de una férula personalizada en material PLA. Buscando favorecer la recuperación de la dorsiflexión del tobillo, mejorar la estabilidad durante la marcha, ayudar en la reeducación sensorial y contribuir a una mayor autonomía del paciente.

10.5.3. Abreviaturas

PLA: Ácido poliláctico

6MWT: Prueba de marcha de 6 minutos

TUG: Timed Up and Go

FES: Electroestimulación funcional

DANE: Departamento Administrativo Nacional de Estadística

TPU: Poliuretano Termoplástico

AFO: Ortesis tobillo-pie

FLS: Fracture Liaison Service (Servicio de Enlace para Fracturas)

EMG: Electromiografía

EMS: Estimulación Muscular Eléctrica

NMES: Estimulación Eléctrica Neuromuscular

10.5.4. Diagnóstico fisioterapéutico

Tabla 14. Diagnóstico fisioterapéutico

CIF	APTA
<p>Dolor (b280-b289): Sensación de dolor (b280), Funciones sensoriales y dolor, otras especificadas (b298).</p> <p>Funciones musculares (b730-b749): Funciones relacionadas con la fuerza muscular (b730), Funciones relacionadas con el tono muscular (b735), funciones relacionadas con la resistencia muscular (b740), funciones relacionadas con el patrón de la marcha (b770), sensaciones relacionadas con los músculos y las funciones del movimiento, (b780), funciones relacionadas con el movimiento, otras especificadas y no especificadas (b789), Funciones neuromusculoesqueléticas y relacionadas con el movimiento, otras especificadas (b798).</p> <p>Capítulo 7 Estructuras relacionadas con el movimiento. Estructuras musculoesqueléticas adicionales relacionadas con el movimiento (s770), estructuras relacionadas con el movimiento, otras especificadas (s798).</p> <p>Capítulo 2 Tareas y demandas generales. El paciente presenta tareas y demandas generales, otras especificadas (d298).</p> <p>Capítulo 4 Movilidad Dificultad para andar y moverse (d450-d469), desplazarse utilizando algún tipo de equipamiento (d465), andar y moverse, otro especificado y no especificado (d469).</p> <p>Factores ambientales El paciente evidencia buenas relaciones con los familiares (e310), al igual que con sus conocidos, compañeros, colegas, vecinos y miembros de la comunidad (e325) asimismo con los profesionales de la salud (e355).</p>	<p>Dominio Musculoesquelético</p> <p>Patrón B: Deficiencia en la postura.</p> <p>Patrón C: Deficiencia en el desempeño muscular.</p> <p>Patrón G: Deficiencia en movilidad articular, función motora y rango de movimiento, asociada a fracturas.</p>

Nota: Elaboración propia (2026).

10.5.5. Revisión por sistemas

Tabla 15. Revisión por sistemas (Dominio osteomuscular)

Sistema cardiopulmonar	Sistema Tegumentario	Sistema Osteomuscular	Sistema Neuromuscular
El paciente se encuentra con signos vitales estables, su presión arterial 123/90 mmHg, la FC 92 latidos por minutos, saturación de oxígeno (SaO ₂) 98%, Patrón respiratorio: Abdominal	El estado de la coloración de la piel se encuentra normal, presenta 2 cicatrices verticales y móviles, una ubicada en el glúteo derecho con 15 cm de largo y 1 cm de ancho y la otra ubicada en la parte inguinal con 1 cm de largo y 1 cm de ancho, presentando queloides al final de cada cicatriz con 1 cm de largo y 1 cm de ancho.	Presenta severa atrofia muscular en cuádriceps, gastrocnemio y sóleo derecho, obteniendo 20 cm en cuádriceps derecho y 45 cm en cuádriceps izquierdo, en gastrocnemio y sóleo del MMII derecho 30 cm y mientras que en el izquierdo 51 cm. Medidas de longitud: Real MI Derecho: 104 cm, Aparente MI Derecho: 106 cm. Real MI Izquierdo: 105 cm, Aparente MI Izquierdo: 106 cm.	Se evalúa sensibilidad superficial en todos los dermatomas y se encuentra alteración de la sensibilidad tipo anestesia en dermatoma (L5) derecho e hiperestesia en dermatoma (S1) derecho, sensaciones táctiles: se realiza con la punta de un lápiz, algodón y llaves, presenta alteraciones.

Nota: Elaboración propia (2026).



10.5.6. Pronóstico






El pronóstico funcional del paciente fue positivo, teniendo en cuenta el progreso que se logró a lo largo de la intervención fisioterapéutica, la ausencia de complicaciones relacionadas y el cumplimiento con el tratamiento; la combinación de electroestimulación, fisioterapia convencional y una férula elaborada en material PLA, permitió mejorar el rango de movimiento, optimizar el patrón de marcha y aumentar la independencia funcional del paciente.



No obstante, la recuperación total de la función motora está condicionada por el nivel de daño al nervio, la duración del proceso y la continuidad de la rehabilitación, pues una lesión en el nervio ciático puede dejar secuelas neuromusculares duraderas.

10.6. Intervención

Tabla 16. Programa de intervención




Fase inicial: Semana 1 a 2				
Calentamiento				
Estrategias de tratamiento	Series y repeticiones	Descripciones	Fundamento/propósito	Evidencia
Ejercicios de estiramiento estáticos	Mantener la posición durante 10 seg (3 series de 10 repeticiones)	Estiramientos estáticos músculos de la cadera, rodilla y tobillo	Prevenir contracturas y mantener la flexibilidad	
Ejercicios de estiramiento dinámicos	3 series de 10 repeticiones	Estiramientos dinámicos músculos de la cadera, rodilla y tobillo	Prevenir contracturas y mantener la flexibilidad	
Actividad principal				
Estrategias de tratamiento	Series y repeticiones	Descripciones	Fundamento/propósito	Evidencia





Ejercicios de amplitud de movimiento	2 series de 10 repeticiones	Rango de movimiento pasivo asistido de cuello de pie y cadera	Prevenir rigidez articular, preservar arcos de movilidad	
Estabilidad del núcleo	Mantener la posición durante 10 segundos (2 series de 10 repeticiones)	Ejercicios de extensión de espalda estática	Mejora el control del tronco y la postura	
Reeducación sensorial	2 series de 10 repeticiones	Integración sensorial con texturas variadas	Mejorar la entrada sensorial y la salida motora	
Estimulación eléctrica	30 minutos	EMS en la extremidad afectada	Reeducación muscular	
Férula en material PLA	Prescripción de férula	Se usa por la noche y se quita durante la deambulación	Mantener la alineación de tobillo	





Entrenamiento funcional	3 series de 12 repeticiones	-Movilidad en cama -Sentarse y ponerse de pie. -Subir escaleras - Deambulación sobre superficies irregulares	Reforzar la independencia en las tareas diarias y el desempeño en las actividades de la vida diaria	
Vuelta a la calma (enfriamiento)				
Estrategias de tratamiento	Series y repeticiones	Descripciones	Fundamento/propósito	Evidencia
Cardio ligero	De 2 a 3 minutos	-Caminata lenta y relajada -Respiración diafragmática	Disminuir gradualmente la frecuencia cardiaca, la presión arterial y facilitar la eliminación del ácido láctico acumulado.	


Nota: Akhi et al. (2026)

Tabla 17. Programa de intervención

Fase inicial: Semana 3 a 4				
Calentamiento				
Estrategias de tratamiento	Series y repeticiones	Descripciones	Fundamento/propósito	Evidencia
Ejercicios de estiramiento estáticos	Mantener la posición durante 10 seg, 3 series de 10 repeticiones	Estiramientos estáticos músculos de la cadera, rodilla y tobillo	Prevenir contracturas y mantener la flexibilidad	
Ejercicios de estiramiento dinámicos	3 series de 10 repeticiones	Estiramientos dinámicos músculos de la cadera, rodilla y tobillo	Prevenir contracturas y mantener la flexibilidad	
Estrategias de tratamiento	Series y repeticiones	Descripciones	Fundamento/propósito	Evidencia
Ejercicios de amplitud de movimiento	3 series de 10 repeticiones	Rango de movimiento pasivo asistido de cuello de pie y cadera	Prevenir rigidez articular, preservar arcos de movilidad	



Ejercicios de fortalecimiento	(5 s de mantenimiento /10 repeticiones/3 series)	- Ejercicio isométrico: Músculos de las extremidades inferiores -Elevaciones de pierna recta	Restaurar la fuerza de los músculos afectados y no afectados	
Estabilidad del núcleo	10 s de retención/10 repeticiones/2 series	Ejercicio de extensión estática de la espalda	Mejorar el control y la postura del tronco	
Estimulación eléctrica	30 minutos	EMS en la extremidad afectada	Reeducación muscular	
Reeducación sensorial	3 series de 10 repeticiones	Integración sensorial con texturas variadas (algodón, esponjas, cuadro de texturas)	Potenciar la entrada sensorial y la salida motora	






Propiocepción y entrenamiento motor	3 series de 10 repeticiones	<ul style="list-style-type: none"> –Movilización de tobillo y pie –Entrenamiento de cambio de pesas y equilibrio 	Mejorar la conciencia articular y el control neuromuscular	
Férula en material PLA	Prescripción de férula	Se usa por la noche y se quita durante la deambulación	Mantener la alineación de tobillo	
Entrenamiento de marcha	3 series de 12 repeticiones	<ul style="list-style-type: none"> – Iniciado en barras paralelas, progresando a caminador –Carga de peso gradual (incrementos del 25% cada dos semanas) 	Restaurar la deambulación independiente de forma segura	
Entrenamiento funcional	3 series de 10 repeticiones	<ul style="list-style-type: none"> – Movilidad de la cama –Siéntate para ponerte de pie –Subir escaleras –Caminar por superficies irregulares 	Reforzar la independencia diaria de tareas y el desempeño de la AVD	
Vuelta a la calma (enfriamiento)				




Estrategias de tratamiento	Series y repeticiones	Descripciones	Fundamento/propósito	Evidencia
Cardio ligero	De 2 a 3 minutos	-Caminata lenta y relajada -Respiración diafragmática	Disminuir gradualmente la frecuencia cardiaca, la presión arterial y facilitar la eliminación del ácido láctico acumulado.	



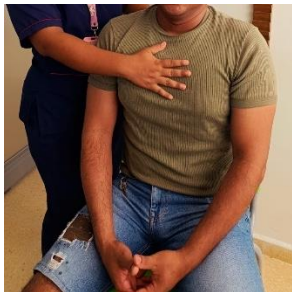
Nota: Akhi et al. (2026)

Tabla 18. Programa de intervención

Fase inicial: Semana 5 a 6				
Calentamiento				
Estrategias de tratamiento	Series y repeticiones	Descripciones	Fundamento/propósito	Evidencia
Ejercicios de estiramiento estáticos	Mantener la posición durante 10 seg, 3 series de 10 repeticiones	Estiramientos estáticos músculos de la cadera, rodilla y tobillo	Prevenir contracturas y mantener la flexibilidad	
Ejercicios de estiramiento dinámicos	3 series de 10 repeticiones	Estiramientos dinámicos músculos de la cadera, rodilla y tobillo	Prevenir contracturas y mantener la flexibilidad	

Actividad principal				
Estrategias de tratamiento	Serie y repeticiones	Descripciones	Fundamento/propósito	Evidencia
Ejercicios de amplitud de movimiento	3 series de 15 repeticiones	Rango de movimiento pasivo asistido de cuello de pie y cadera	Prevenir rigidez articular, preservar arcos de movilidad	
Ejercicios de fortalecimiento	(10 s de mantenimiento/ 10 repeticiones/3 series)	- Ejercicio isométrico: Músculos de las extremidades inferiores -Elevaciones de pierna recta	Restaurar la fuerza de los músculos afectados y no afectados	
Estabilidad del núcleo	15 s de retención/10 repeticiones/2 series	Ejercicio de extensión estática de la espalda	Mejorar el control y la postura del tronco	
Estimulación eléctrica	30 minutos	EMS en la extremidad afectada	Reeducación muscular	
Reeducación sensorial	3 series de 12 repeticiones	Integración sensorial con texturas variadas (algodón, esponjas,	Potenciar la entrada sensorial y la salida motora	

		cuadros de texturas)		
Propiocepción y entrenamiento motor	3 series de 12 repeticiones	<ul style="list-style-type: none"> – Movilización de tobillo y pie – Entrenamiento de cambio de pesas y equilibrio 	Mejorar la conciencia articular y el control neuromuscular	
Férula en material PLA	Prescripción de férula	Se usa por la noche y se quita durante la deambulación	Mantener la alineación de tobillo	
Entrenamiento de marcha	3 series de 12 repeticiones	<ul style="list-style-type: none"> – Iniciado en barras paralelas, progresando a caminador –Carga de peso gradual (incrementos del 25% cada dos semanas) 	Restaurar la deambulación independiente de forma segura	

Entrenamiento funcional	3 series de 12 repeticiones	<ul style="list-style-type: none"> – Movilidad de la cama –Siéntate para ponerte de pie –Subir escaleras –Caminar por superficies irregulares 	Reforzar la independencia diaria de tareas y el desempeño de la AVD	
Educación del paciente		Inspección de la piel, higiene de las extremidades, cuidado de la férula, asesoramiento	Prevenir complicaciones secundarias y promover la autogestión	
Vuelta a la calma (enfriamiento)				
Estrategias de tratamiento	Series y repeticiones	Descripciones	Fundamento/propósito	Evidencia
Cardio ligero	De 2 a 3 minutos	<ul style="list-style-type: none"> -Caminata lenta y relajada -Respiración diafragmática 	Disminuir gradualmente la frecuencia cardiaca, la presión arterial y facilitar la eliminación del ácido láctico acumulado.	

Nota: Akhi et al. (2026)

11. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Los resultados obtenidos tras la aplicación del programa fisioterapéutico basado en electroestimulación y fisioterapia convencional, complementado con el diseño de una férula en material PLA, para la mejora de la marcha en paciente con pie caído, evidencian una evolución clínica favorable. Los cambios observados entre la evaluación inicial y final demuestran mejoras en variables relacionadas con la movilidad articular, fuerza muscular, equilibrio, sensibilidad y funcionalidad durante la marcha.

En la movilidad articular y la fuerza muscular, se evidenciaron aumentos en los rangos de movimiento del tobillo y una recuperación parcial de la fuerza de los músculos dorsiflexores e inversores. Estos resultados coinciden con lo reportado por Costello et al. (2023), quienes concluyeron que la estimulación eléctrica favorece la recuperación funcional en pacientes con lesiones nerviosas periféricas al promover la activación muscular y mejorar el reclutamiento neuromotor. Asimismo, Soltani et al. (2024) señalaron que la estimulación eléctrica contribuye a la regeneración nerviosa y al mejor desempeño motor, aspectos que podrían explicar la evolución favorable observada en el presente caso.

Respecto a la marcha, los resultados mostraron una mejor ejecución de algunas fases de la marcha y un aumento en la distancia recorrida durante la prueba de marcha de seis minutos, aunque la ganancia en metros caminados fue moderada, los cambios observados en la calidad del desplazamiento sugieren una mayor eficiencia funcional, estos hallazgos pueden explicarse a partir de los procesos de reeducación motora y adaptación neuromuscular derivados de la intervención fisioterapéutica, los cuales favorecen una mejor coordinación intersegmentaria y un patrón de marcha más organizado, en este sentido, Nossa-Almanza et al. (2021) reportan mejoras en parámetros temporoespaciales como la velocidad, la longitud del paso y la cadencia tras programas de rehabilitación, lo que evidencia una optimización del patrón de marcha. De igual forma, Shin et al. (2023) describen avances en la cinemática del ciclo de marcha y una

disminución de la asimetría, contribuyendo a una ejecución más eficiente del desplazamiento. Asimismo, Gasq et al. (2023) señalan que la mejora en la distancia recorrida durante la prueba de marcha de seis minutos se relaciona con una mayor capacidad funcional. De manera complementaria, estudios como el de Caravaggi et al. (2023) han demostrado que el uso de dispositivos de asistencia puede potenciar estas mejoras al favorecer la estabilidad y la mecánica de la marcha, actuando como un elemento complementario dentro del proceso de rehabilitación, en conjunto, estos hallazgos respaldan que las intervenciones fisioterapéuticas centradas en el control motor y la reeducación de la marcha no solo impactan la cantidad de desplazamiento, sino también la calidad y eficiencia funcional del mismo.

De igual manera, la mejoría observada en las fases de apoyo y balanceo podría estar asociada tanto al fortalecimiento muscular como al uso de la férula en material PLA. Desde una perspectiva biomecánica, este dispositivo proporciona una adecuada alineación del pie y el tobillo, facilitando el posicionamiento funcional del miembro inferior, estos resultados son consistentes con lo planteado por Mehryar et al. (2025), quienes destacan que las ortesis de tobillo-pie favorecen el control del movimiento y contribuyen a mejorar el desempeño funcional durante la marcha.

Uno de los hallazgos más relevantes fue la evolución observada en el equilibrio, evidenciada por el aumento en la puntuación de la escala de Tinetti hasta alcanzar valores considerados normales, lo cual refleja una disminución del riesgo de caídas y una mayor estabilidad postural, estos resultados pueden atribuirse a la inclusión de ejercicios de equilibrio, control postural y reeducación de la marcha dentro del programa fisioterapéutico. En este sentido, Bordoni et al. (2023) señalan que el control postural depende de la adecuada integración de los sistemas neuromusculares, siendo fundamental para mantener la estabilidad durante el

movimiento. De igual manera, Stavrakakis et al. (2022) destacan que la mejora del equilibrio se asocia directamente con la reducción del riesgo de caídas en pacientes con alteraciones neuromusculares. Por su parte, Li et al. (2024) y He et al. (2025) reportan que los programas de rehabilitación enfocados en el control postural favorecen la independencia funcional, mientras que Davis et al. (2024) evidencian que la inclusión de ejercicios terapéuticos específicos contribuye significativamente a la estabilidad y el desempeño funcional, en conjunto, estos hallazgos permiten afirmar que la recuperación del control postural constituye uno de los objetivos principales en pacientes con alteraciones neuromusculares, debido a su estrecha relación con la independencia funcional y la prevención de caídas.

Asimismo, la reducción de los tiempos registrados en el Timed Up and Go Test (TUG) evidencia una mejoría significativa en la movilidad funcional, la disminución del tiempo necesario para levantarse, caminar, girar y volver a sentarse indica una mayor capacidad para realizar transferencias y desplazamientos de forma segura y eficiente, estos hallazgos pueden explicarse a partir de la literatura que respalda la efectividad de intervenciones fisioterapéuticas integrales en la mejora de la funcionalidad en pacientes con alteraciones neuromusculares. En este sentido, Carolus et al. (2019) señalan que la combinación de fisioterapia, estimulación eléctrica y el uso de dispositivos ortésicos favorece la recuperación de la movilidad y el desempeño funcional en pacientes con pie caído. De manera complementaria, Li et al. (2024) destacan que las intervenciones orientadas a la rehabilitación funcional contribuyen al incremento de la independencia en las actividades de la vida diaria. Asimismo, Davis et al. (2024) evidencian que los programas de ejercicio terapéutico mejoran la capacidad de desplazamiento y la ejecución de tareas funcionales, mientras que He et al. (2025) resaltan el

papel de la rehabilitación neuromuscular en la optimización de la coordinación y el control motor, en conjunto, estos aportes permiten sustentar que la mejoría observada no solo responde a un cambio en el rendimiento en una prueba específica, sino a una verdadera ganancia en la movilidad funcional del paciente.

En cuanto a la sensibilidad, aunque persisten algunas alteraciones al finalizar la intervención, se observó una evolución favorable en comparación con la valoración inicial, este resultado podría estar relacionado con los procesos de recuperación neural y adaptación funcional que ocurren de manera progresiva tras una lesión nerviosa periférica. En este sentido, Bordoni et al. (2023) señalan que el sistema nervioso posee una capacidad de reorganización y adaptación que favorece la recuperación funcional, mientras que He et al. (2025) destacan que los procesos de rehabilitación neuromuscular generan cambios graduales en la función neural. Asimismo, Li et al. (2024) reportan que la recuperación neurológica depende en gran medida del tiempo de intervención y la continuidad del tratamiento, lo que explica por qué algunos déficits sensitivos pueden persistir en fases iniciales de rehabilitación. Por su parte, Davis et al. (2024) evidencian que el ejercicio terapéutico contribuye a la plasticidad neural y a la mejora progresiva de las funciones neuromusculares, en conjunto, estos hallazgos sugieren que, aunque la recuperación sensitiva no fue completa, la evolución observada es consistente con los procesos fisiológicos esperados, y que podrían alcanzarse mayores avances con períodos de intervención más prolongados.

Desde la perspectiva del modelo biopsicosocial que sustenta esta investigación, las mejorías observadas no solo representan cambios físicos, sino también avances en la capacidad del paciente para desenvolverse de manera más independiente en sus actividades cotidianas, la

disminución de las limitaciones funcionales y el incremento de la seguridad durante la marcha pueden influir positivamente en la autonomía, la participación social y la percepción de calidad de vida.

Sin embargo, es importante considerar que la presente investigación corresponde a un estudio de caso clínico, por lo que los resultados no pueden generalizarse a toda la población con pie caído, no obstante, los hallazgos obtenidos aportan evidencia clínica relevante sobre los beneficios potenciales de integrar fisioterapia convencional, electroestimulación y férulas impresas en 3D dentro de programas de rehabilitación. En este sentido, Bordoni et al. (2023) destacan la importancia de un abordaje integral en la recuperación neuromuscular, mientras que Davis et al. (2024) evidencian que la combinación de estrategias terapéuticas favorece mejoras significativas en el desempeño funcional. Asimismo, Li et al. (2024) indican que, aunque los estudios individuales no son generalizables, aportan información valiosa para la práctica clínica y el desarrollo de nuevas estrategias terapéuticas, en conjunto, estos planteamientos respaldan la relevancia de los resultados obtenidos y su contribución al conocimiento clínico en el manejo del pie caído.

En conclusión, los resultados de la presente investigación respaldan la efectividad del programa fisioterapéutico implementado, evidenciando mejoras en la movilidad, fuerza muscular, equilibrio, funcionalidad y desempeño de la marcha. Estos logros coinciden con la evidencia científica disponible y sugieren que la combinación de estas estrategias terapéuticas constituyan una opción alentadora para favorecer la recuperación funcional de personas con pie caído.

12. CONCLUSIONES

La aplicación del programa fisioterapéutico basado en fisioterapia convencional y electroestimulación, complementado con el uso de una férula elaborada en material PLA, para la mejora de la marcha en paciente con pie caído, contribuyó de manera favorable a la recuperación funcional del paciente. Los resultados mostraron mejoras en la movilidad articular, la fuerza muscular, el equilibrio, la sensibilidad y en la marcha, permitiendo alcanzar un avance clínico positivo durante el período de intervención.

Se observó un aumento en los rangos de movimiento del tobillo derecho y una mejoría significativa en la fuerza muscular de los grupos responsables de la dorsiflexión, inversión, eversion y flexión plantar, estos cambios favorecieron una mejora de los movimientos funcionales requeridos para la marcha, disminuyendo las limitaciones asociadas a la condición clínica del paciente.

La intervención fisioterapéutica permitió mejorar el patrón de marcha, por el aumento de la distancia recorrida en la prueba de marcha de seis minutos, así como por los avances observados en algunas fases del ciclo de la marcha, estos resultados sugieren una mayor eficiencia biomecánica y funcional durante el desplazamiento.

Los resultados obtenidos en la escala de Tinetti y en el Timed Up and Go Test demostraron una mejoría importante en el equilibrio dinámico, la movilidad funcional y la independencia del paciente, la disminución del riesgo de caídas y el aumento de la estabilidad postural representan aspectos fundamentales para la recuperación y el desempeño seguro de las actividades de la vida diaria.

El uso complementario de la férula en material PLA, estableció una alternativa funcional dentro del proceso de rehabilitación, favoreciendo el posicionamiento adecuado del pie y contribuyendo al control biomecánico necesario para optimizar la marcha. Su diseño personalizado permitió adaptarse a las necesidades específicas del paciente, facilitando su integración dentro del tratamiento fisioterapéutico.

En general, los resultados obtenidos permiten concluir que la combinación de fisioterapia convencional, electroestimulación y la férula en material PLA, representa una estrategia terapéutica efectiva para favorecer la recuperación funcional en pacientes con pie caído. No obstante, debido a que se trata de un estudio de caso único, se recomienda el desarrollo de futuras investigaciones con muestras más amplias que permitan fortalecer la evidencia científica sobre la efectividad de este tipo de intervenciones.

13. RECOMENDACIONES

1. Se sugiere desarrollar estudios con muestras más amplias que incluyan un mayor número de participantes con pie caído, con el fin de fortalecer la validez de los resultados y permitir una mayor generalización de los hallazgos.

2. A la Corporación Universitaria Antonio José de sucre seguir creando los espacios para la implementación y aplicación de este tipo de investigaciones.

3. Al programa de fisioterapia fomentar la motivación y continuar con la elaboración de este tipo de investigaciones en diferentes poblaciones para así generar un impacto en el desarrollo académico.

4. Al gremio de fisioterapeutas realizar este tipo de investigaciones, dando a conocer la importancia de un plan de intervención basado en fisioterapia convencional y electroestimulación, complementado con el diseño de una férula en material PLA, para la mejora de la marcha en paciente con pie caído, el cual es muy importante en la independencia personal.

5. Al paciente realizar en casa los ejercicios indicados para fortalecer músculos y mejorar la movilidad del tobillo, utilizar la férula según las indicaciones del fisioterapeuta y practicar los patrones de marcha enseñados en terapia.

14. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Allen, C., Williamson, T., Norwood, S., Gupta, A. (2023) ¿Reducen el dolor y mejoran la función los dispositivos de estimulación eléctrica? *Pain and Therapi*, 12. 1339-1353. <https://doi.org/10.1007/s40122-023-00554-6>
- Aout, T., Begon, M., Jegou, B., Peyrot, N., & Caderby, T. (2023). Effects of Functional Electrical Stimulation on Gait Characteristics in Healthy Individuals: A Systematic Review. *Sensors*, 23(21), 8684. <https://doi.org/10.3390/s23218684>
- Aquino, M., Caicedo, I., Buñay, J., & Pozo, E. (2022). Estudio de diseño óptimo de una férula de miembro inferior con patrones de distintas geometrías. *Polo del Conocimiento*, 7(7), 311-339. doi:<https://doi.org/10.23857/pc.v7i7.4227>
- Arbash, M., Alzobi, O. Z., Salameh, M., Alkhayarin, M., & Ahmed, G. (2024). Incidence, risk factors, and prognosis of sciatic nerve injury in acetabular fractures: a retrospective cross-sectional study. *International orthopaedics*, 48(3), 849–856. <https://doi.org/10.1007/s00264-024-06087-7>
- Bispo, J (2022) La fisioterapia en los sistemas de salud: marco teórico y fundamentos para una práctica integral. <https://doi.org/10.18294/sc.2021.3709>
- Bohannon, R. W., Bubela, D., Magasi, S., McCreath, H., Wang, Y. C., Reuben, D., Rymer, W. Z., & Gershon, R. (2014). Comparación entre el rendimiento al caminar durante los primeros 2 minutos y los 6 minutos completos de la Prueba de Caminata de Seis Minutos. *Notas de investigación de BMC*, 7, 269. <https://doi.org/10.1186/1756-0500-7-269>
- Bordoni, B., Sugumar, K., & Leslie, S. W. (2023). Anatomy, Abdomen and Pelvis, Pelvic Floor. In StatPearls. StatPearls Publishing. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29489277/>
- Calvo Soto AP, Daza Arana JE, Gómez Ramírez E. Teorías generales que explican el movimiento corporal humano. En: Calvo Soto AP, Gómez Ramírez E, Daza Arana J, editores científicos. Modelos teóricos para fisioterapia. Cali, Colombia: Editorial Universidad Santiago de Cali; 2020. p. 35-52. https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/90570212/Librolibre.pdf?1662139485=&response-contentdisposition=inline%3B+filename%3DModelos_teoricos_para_fisioterapia.pdf&Expires=1779859640&Signature=AGNeiX6rw6K9z~6VvcyhBow4mi45197J50saIKjKkaGpaRgj-KFF~~ydbaf6is-sE0j6Ku7Z-1DAttJiY6b5m0sZsTmgLUI4tqtUTr-

[tuV2JxqxkWKV6ZKHnhWi2WN9F9jvdPPbvZODM1wf8G2zl3ZiWKEVS1oTVmYU2wYjhiDsWKTp6ZjE-W6LA3XqX5BfJon7H-1kp2UF~BzPhZ9-T3gEuPkee0EKOt7iXNfeQcWbnPwfcgsgwzE65m6cUNzDaRWa6NKQbBIjnP0hoVRTweHc7J~xhMZAAbhXIegqSGqvYzsXSayioPOmNALAyEi9mFub~frm3nJr6sfu7SAnYDgA_&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA#page=35](https://doi.org/10.3390/app15115885)

- Caravaggi, P., Rogati, G., Baleani, M., Fognani, R., Zamagni, L., Ortolani, M., Zomparelli, A., Cevolini, F., Sawacha, Z. y Leardini, A. (2025). Energética de una novedosa órtesis de tobillo y pie personalizada impresa en 3D en una población de personas con pie caído: un estudio piloto. *Ciencias Aplicadas*, 15 (11), 5885. <https://doi.org/10.3390/app15115885>
- Carolus, A. E., Becker, M., Cuny, J., Smektala, R., Schmieder, K., & Brenke, C. (2019). The Interdisciplinary Management of Foot Drop. *Deutsches Arzteblatt international*, 116(20), 347–354. <https://doi.org/10.3238/arztebl.2019.0347>
- Congreso de la República de Colombia. (1999). *Ley 528 de 1999: Por la cual se reglamenta el ejercicio de la profesión de fisioterapia, se dictan normas en materia de ética profesional y otras disposiciones*. Diario Oficial No. 43.711.
- Costello, M. C., Errante, E. L., Smartz, T., Ray, W. Z., Levi, A. D., & Burks, S. S. (2023). Clinical applications of electrical stimulation for peripheral nerve injury: a systematic review. *Frontiers in neuroscience*, 17. <https://doi.org/10.3389/fnins.2023.1162851>
- Dandale, C., Chitale, N. V., & Phansopkar, P. (2023). Efecto de la rehabilitación fisioterapéutica en un paciente con fractura iliaca y fractura de rama púbrica superior e inferior con caída del pie: un informe de caso. *Cureus*, 15(1), e33709. <https://doi.org/10.7759/cureus.33709>
- Daniels, S., Feinberg, H., Carrino, J., Heshmatzadeh, A. & Sneag, D. (2018). MRI of Foot Drop: How We Do It. *Radiology*, 289(1). <https://doi.org/10.1148/radiol.2018172634>
- Davis, D. D., Tiwari, V., Kane, S. M., & Waseem, M. (2024). Pelvic Fracture. In StatPearls. StatPearls Publishing. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28613485/>
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística [DANE]. (2024, 10 de noviembre). Discapacidad. <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/salud/discapacidad>
- Fujita, D., & Kubo, Y. (2021). La fiabilidad de la cinética de VO durante una prueba de caminata de 6 minutos está influida por la velocidad de caminata. *Journal of physical therapy science*, 33(12), 876–879. <https://doi.org/10.1589/jpts.33.876>

- González-Graniel, E., Mercado-Gutierrez, J. A., Martínez-Díaz, S., Castro-Liera, I., Santillan-Mendez, I. M., Yanez-Suarez, O., Quiñones-Uriostegui, I., & Rodríguez-Reyes, G. (2024). Sensing and Control Strategies Used in FES Systems Aimed at Assistance and Rehabilitation of Foot Drop: A Systematic Literature Review. *Journal Of Personalized Medicine*, 14(8), 874. <https://doi.org/10.3390/jpm14080874>
- Guevara, C. R., & Lugo, L. H. (2012). Validez y confiabilidad de la Escala de Tinetti para población colombiana. *Revista Colombiana de Reumatología*, 19(4), 218–233. [https://doi.org/10.1016/s0121-8123\(12\)70017-8](https://doi.org/10.1016/s0121-8123(12)70017-8)
- Güven, E., Özgün, A. K., & Alsancak, S. (2026). Comparison of low temperature thermoplastic and 3D printed (TPU and PLA) CMC joint stabilization orthoses in healthy participants. *Scientific Reports*, 16(1), 8214. <https://doi.org/10.1038/s41598-026-39208-w>
- Hayati, M., Furtado, G. E., Nazarali, P., Sardroodian, M., Mohammadi, H., & Hosseinzadeh, M. (2025). Cross-sectional assessment of the Tinetti performance-oriented mobility tool for screening physical frailty syndrome in older adults. *BMC Geriatrics*, 25(1), 214. <https://doi.org/10.1186/s12877-025-05858-0>
- He, W., Yaning, L., & Shaohong, Y. (2025). Effect of electrical stimulation in the treatment on patients with foot drop after stroke: a systematic review and network meta-analysis. *Journal Of Stroke And Cerebrovascular Diseases*, 34(5), 108279. <https://doi.org/10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2025.108279>
- Hoskovcová, M., Růžička, E., Gál, O., y en nombre del consorcio iCARE-PD (2022). La categoría de fisioterapia convencional: El caso de las directrices de la enfermedad de Parkinson. *Revista de medicina personalizada*, 12(5), 730. <https://doi.org/10.3390/jpm12050730>
- Izaguirre, A., Delgado, I., Mateo-Troncoso, C., Sánchez-Nuncio, H., Sánchez-Márquez, W. y Luque-Ramos, A. (2018). Rehabilitación de las fracturas de cadera. Revisión sistemática. *Acta ortopédica mexicana*, 32(1). https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2306-41022018000100028&script=sci_arttext
- Juckett, L., Saffari, T. M., Ormseth, B., Senger, J.-L. & Moore, A. M. (2022). The Effect of Electrical Stimulation on Nerve Regeneration Following Peripheral Nerve Injury. *Biomolecules*, 12. <https://doi.org/10.3390/biom12121856>

- Li, X., Li, H., Liu, Y., Liang, W., Zhang, L., Zhou, F., Zhang, Z., & Yuan, X. (2024). The effect of electromyographic feedback functional electrical stimulation on the plantar pressure in stroke patients with foot drop. *Frontiers In Neuroscience*, 18, 1377702.
<https://doi.org/10.3389/fnins.2024.1377702>
- Liu, Z., Tao, F., Xu, W., Xiao, L. F., Dong, J., Li, L., Hao, Z., Zhou, D. & Lu, S. (2023). Incidence of traumatic sciatic nerve injury in patients with acetabular fractures and factors affecting recovery: a retrospective study. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*, 18(35), <https://doi.org/10.1186/s13018-023-03515-z>
- López, R, E., V, J, C., Quintero, S., Gómez, J, M., Torres, J, L., & Marsh, D. (2019). Tratamiento de la fractura de cadera en México: el papel del manejo multidisciplinario y la Fragility Fracture Network. <https://www.medigraphic.com/pdfs/orthotips/ot-2019/ot192e.pdf>
- Malešević, J., Konstantinović, L., Bijelić, G. & Malešević, N. Smart Protocols for Physical Therapy of Foot Drop Based on Functional Electrical Stimulation: A Case Study. *Healthcare*, 9(5). 502. <https://doi.org/10.3390/healthcare9050502>
- Marchán, G. (2023). El Modelo Biopsicosocial de la Fisioterapia y la Educación Bioética para la Formación Profesional Humanista. *Revista Científica CIENCIAEDUC*, 10(1).
<http://portal.amelica.org/ameli/journal/480/4803731033/>
- Martínez Arelio, L. A., Garrido Butrón, J. A., Garcia Fernandez, C. A., & Abundis Nocelo, R. E. (2024). Férulas Termomoldeables Impresas en 3D para la Inmovilización de Pacientes en Urgencias: Viabilidad y Aplicaciones Clínicas. *Estudios Y Perspectivas Revista Científica Y Académica* , 4(3), 3283–3289. <https://doi.org/10.61384/r.c.a.v4i3.614>
- Mayo Clinic. (2025, 15 de junio). Píe Caído. <https://www.mayoclinic.org/es/diseases-conditions/foot-drop/symptoms-causes/syc-20372628>
- Medline Plus. (2019, 28 de agosto). Daño al nervio ciático.
https://medlineplus.gov/spanish/ency/esp_imagepages/9765.htm#:~:text=El%20nervio%20ci%C3%A1tico%20est%C3%A1%20ubicado,y%20a%20la%20planta%20del%20pie.
- Medline Plus. (2022, 31 de enero). Lesiones y enfermedades de la cadera.
<https://medlineplus.gov/spanish/hipinjuriesanddisorders.html>
- Mehryar, P., Firouzy, S., Martinez-Hernandez, U., & Dehghani-Sanij, A. (2025). Del algoritmo de control al ensayo en humanos: prueba biomecánica de una ortesis tobillo-pie

- adaptativa a la velocidad para la caída del pie al caminar en terreno llano. *Biomechanics*, 5 (3), 51. <https://doi.org/10.3390/biomechanics5030051>
- Miccinilli, S., Santacaterina, F., Della Rocca, R., Sterzi, S., Bressi, F., & Bravi, M. (2024). Efficacy of Lower Limb Orthoses in the Rehabilitation of Children Affected by Cerebral Palsy: A Systematic Review. *Children (Basel, Switzerland)*, 11(2), 212. <https://doi.org/10.3390/children11020212>
- Miller, T., & Douglas, R. (2024). Sciatic and tibial neuropathies. *Handbook of Clinical Neurology*, 201. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-90108-6.00003-X>
- Niño, M. O., Ceballos, B. E., Ramírez, G. A., Vásquez, S. D., Oviedo, G. y Rodríguez, M. J. (2022). La electroestimulación neuromuscular como mecanismo complementario en el entrenamiento deportivo de predominancia anaeróbica. *Revista de investigación e innovación en ciencias de la salud*, 4(2). <https://doi.org/10.46634/riics.140>
- Nori, S. L., & Stretanski, M. F. (2025, 1 mayo). Foot drop. *StatPearls - NCBI Bookshelf*. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK554393/>
- Nossa-Almanza, S., Duplat, J., Rueda-Fonseca, L., Jara, A., Cabrera, F., & Romero-Cárdenas, C. (2020). Patrón cinemático de la marcha con ortesis de tobillo-pie de silicón en pacientes con pie caído. *Acta Ortopédica Mexicana*, 34(6), 371-375. <https://doi.org/10.35366/99134>
- Nussbaum, E. L., Houghton, P., Anthony, J., Rennie, S., Shay, B. L., & Hoens, A. M. (2017). Neuromuscular Electrical Stimulation for Treatment of Muscle Impairment: Critical Review and Recommendations for Clinical Practice. *Physiotherapy Canada. Physiotherapie Canada*, 69(5), 1–76. <https://doi.org/10.3138/ptc.2015-88>
- Olarte, C. M., Zuluaga, M., Guzmán, A., Camacho, J., Lasalvia, P., Garzón, N., Prieto, L., Núñez, C. E., Acuña, J., Mejía, A., & García, M. C. (2021). Análisis de la experiencia del programa de fracturas geriátricas en dos instituciones de Colombia: ¿un modelo reproducible? *Colombia medica (Cali, Colombia)*, 52(3), e2034524.
- Page, A.P., Freeman, C.T. (2020). Point-to-point repetitive control of functional electrical stimulation for drop-foot. *Control Engineering Practice*, 96. <https://doi.org/10.1016/j.conengprac.2019.104280>

- Podsiadlo, D., & Richardson, S. (1991). El "Up & Go" cronometrado: una prueba de movilidad funcional básica para personas mayores frágiles. *Revista de la Sociedad Americana de Geriatría*, 39(2), 142–148. <https://doi.org/10.1111/j.1532-5415.1991.tb01616.x>
- Quinn, T. J., Langhorne, P., & Stott, D. J. (2011). Índice de Barthel para ensayos de ictus: desarrollo, propiedades y aplicación. *Stroke*, 42(4), 1146–1151. <https://doi.org/10.1161/STROKEAHA.110.598540>
- Raj, R., Dixit, A. R., Łukaszewski, K., Wichniarek, R., Rybarczyk, J., Kuczko, W., y Górski, F. (2022). Análisis numérico y experimental de ortesis tobillo-pie fabricadas aditivamente. *Materiales*, 15(17), 6130. <https://doi.org/10.3390/ma15176130>
- Ramos, C. G. (2021). Diseños de investigación experimental. *Revista CienciAmérica*, 10(1), 1–7. <https://doi.org/10.33210/ca.v10i1.356>
- Robison, J., Gibbons, R., Achelis, D., Bent, B., Wajda, D., Webster, R. (2022). Augmenting gait in a population exhibiting foot drop with adaptive functional electrical stimulation. The preprint server for health sciences. <https://doi.org/10.1101/2022.04.27.22273623>
- Rondón, C., Zaga, V. H. y Gutiérrez, L. E. (2021). Características clínicas y epidemiológicas en adultos mayores con diagnóstico de fractura de cadera en un hospital de Lima, Perú. *Acta Médica Peruana*, 38(1). <http://dx.doi.org/10.35663/amp.2021.381.1844>
- Sánchez, D. A. y Pérez, A. g. (2021). Comportamiento epidemiológico de la fractura de cadera. *Revista Cubana de ortopedia y Traumatología*, 35(1). http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0864215X2021000100008&script=sci_arttext&tlng=en
- Sánchez, M. A., Murillo, G. A. (2021). Enfoques metodológicos en la investigación histórica: cuantitativa, cualitativa y comparativa. *Debates Por la Historia*, 9(2), 147-181. <https://doi.org/10.54167/debates-por-la-historia.v9i2.792>
- Shin, W., Nam, D., Ahn, B., Kim, S. J., Lee, D. Y., Kwon, S., & Kim, J. (2023). Ankle dorsiflexion assistance of patients with foot drop using a powered ankle-foot orthosis to improve the gait asymmetry. *Journal Of NeuroEngineering And Rehabilitation*, 20(1), 140. <https://doi.org/10.1186/s12984-023-01261-1>
- Soltani, K. A., Azimzadeh, A., Behboodi T. S., Mamdoohi, M., Kajbafzadeh, A., Slavin, K., Rahimi-Movaghar, V., Hassannejad, Z. (2024). La estimulación eléctrica mejora la regeneración del nervio ciático utilizando un andamio conductor a base de seda más allá

- de los conductos guía nerviosos tradicionales. *Scientific Reports*,
<https://doi.org/10.1038/s41598-024-65286-9>
- Soro, P., & Gonzáles, N. (2025). Efectos del entrenamiento de resistencia progresiva después de una fractura de cadera: una revisión sistemática. <https://doi.org/10.3390/jfmk1001005473>
- Stavarakakis, I. M., Kritsotakis, E. I., Giannoudis, P. V., Kapsetakis, P., Dimitriou, R., Bastian, J. D., & Tosounidis, T. H. (2022). Sciatic nerve injury after acetabular fractures: a meta-analysis of incidence and outcomes. *European journal of trauma and emergency surgery: official publication of the European Trauma Society*, 48(4), 2639–2654.
<https://doi.org/10.1007/s00068-022-01896-0>
- Stevoska, S., Pisecky, L., Stadler, C., Gahleitner, M., Klasan, A., & Klotz, M. C. (2021). Tendon transfer in foot drop: a systematic review. *Archives Of Orthopaedic And Trauma Surgery*, 143(2), 773-784. <https://doi.org/10.1007/s00402-021-04162-x>
- Verma, V., Kumar, R. S., Kumar, S. T., Aggarwal, S., y Sharma, S., (2020). Factores que afectan la calidad de vida después de una fractura pélvica. *Revista de Ortopedia Clínica y Trauma*, 11. <https://doi.org/10.1016/j.jcot.2020.08.011>
- Wang, Y., Wang, Y., Wang, Y., Wang, Y., Lv, L., Li, T., Wang, Y., Wang, Y., & Pei, F. (2024). Visualization analysis of research frontiers and trends in the treatment of sciatic nerve injury. *Frontiers In Neurology*, 15, 1378689. <https://doi.org/10.3389/fneur.2024.1378689>
- Wojciechowski, E., Chang, A. Y., Balassone, D., Ford, J., Cheng, T. L., Little, D., Menezes, M. P., Hogan, S., & Burns, J. (2019). Feasibility of designing, manufacturing and delivering 3D printed ankle-foot orthoses: a systematic review. *Journal of Foot and Ankle Research*, 12(1), 11. <https://doi.org/10.1186/s13047-019-0321-6>
- Wollenman, C. C., Morris, C. A., Maxson, R., Davidson, C., Pennings, J. S., & Mitchell, P. M. (2024, diciembre). Recuperación tras lesión neurológica en fracturas acetabulares y pélvicas quirúrgicas: Definición de la historia natural de la caída del pie. *Elsevier*. 55(12). <https://doi.org/10.1016/j.injury.2024.111974>
- Wu, K., Amrami, K., Hayford, K. & Spinner, R. (2023). Characterizing peroneal nerve injury clinicoradiological patterns with MRI in patients with sciatic neuropathy and foot drop after total hip replacement. *Journal of Neurosurgery*, 139(6). 1604-1612.
<https://doi.org/10.3171/2023.5.JNS23173>

York, G., & Chakrabarty, S. (2019). A survey on foot drop and functional electrical stimulation. *International Journal Of Intelligent Robotics And Applications*, 3(1), 4-10.
<https://doi.org/10.1007/s41315-019-00088-1>

ANEXOS

Antonio José de Sucre
CORPORACIÓN UNIVERSITARIA

Sucelejo, abril 13 del 2026

Apreciado estudiante (s):
Deyanis Michell Abad Mercado
Mariana Solano Pacheco

Cordial saludo.

El comité de ética y bioética de la institución, avala el proyecto titulado **Programa fisioterapéutico basado en fisioterapia convencional y electroestimulación, complementado con el diseño de una férula en material PLA, para la mejora de la marcha en paciente con pie caído**, presentado al comité de ética y bioética.

Se adjunta el consentimiento informado, para los proyectos que involucren infantes y adultos. Les agradecemos hacer uso de ellos cuando realice su investigación.

Para futuras convocatorias, cuando redacte la metodología tenga en cuenta los siguientes puntos:

1. Claridad en los riesgos de la investigación según la Resolución 8430 de 1993 y mostrar cómo van a minimizar los riesgos presentes.
2. Detalle el manejo que se dará a la información obtenida durante y una vez finalizado el proyecto de investigación.
3. En la metodología menciona el consentimiento informado y explica el proceso de implementación.

[Firma]
Presidente del Comité de Investigación y Ética

Carretera 71 R 53-00 Barrio La María / (0) 212 08 00 - 091 08 53
Carretera 10 A R 53A - 100 Avenida Albino López / (0) 218 13 48 - 091 02 82

Antonio José de Sucre
CORPORACIÓN UNIVERSITARIA

CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA PARTICIPAR EN EL PROYECTO

Programa fisioterapéutico basado en fisioterapia convencional y electroestimulación, complementado con el diseño de una férula en material PLA, para la mejora de la marcha en paciente con pie caído.

Estimado participante

Somos estudiantes de la Corporación Universitaria Antonio José de Sucre-Corporucre y estamos llevando a cabo una investigación que tiene como título: Programa fisioterapéutico basado en fisioterapia convencional y electroestimulación, complementado con el diseño de una férula en material PLA, para la mejora de la marcha en paciente con pie caído.

Usted ha sido seleccionado para participar en esta investigación, la cual consiste en Evaluar el efecto de un programa fisioterapéutico basado en fisioterapia convencional y electroestimulación, junto con el diseño de una férula en material PLA sobre la mejora de la marcha en paciente con pie caído. El proceso será estrictamente confidencial y su nombre no será utilizado. La participación es voluntaria. Usted tiene el derecho de retirar el consentimiento para la participación en cualquier momento. El estudio no conlleva ningún riesgo ni recibe ningún beneficio. No recibirá ninguna compensación por participar.

Si tiene alguna pregunta sobre esta investigación, se puede comunicar con el grupo investigador (c/ E. Deyanis Michell Abad Mercado (3003370517) y Mariana Solano Pacheco(3153458167) o al correo estudiantes_investigacion@unisucre.edu.co o estudiante_martinasolano@unisucre.edu.co

[Firma]

Carretera 71 R 53-00 Barrio La María / (0) 212 08 00 - 091 08 53
Carretera 10 A R 53A - 100 Avenida Albino López / (0) 218 13 48 - 091 02 82

Antonio José de Sucre
CORPORACIÓN UNIVERSITARIA

Si desea participar, favor de llenar el consentimiento abajo.

Consentimiento del participante

He leído el procedimiento de arriba y el investigador me ha explicado el estudio y respondido mis preguntas. Voluntariamente doy mi consentimiento para participar en el estudio titulado Programa fisioterapéutico basado en fisioterapia convencional y electroestimulación, complementado con el diseño de una férula en material PLA, para la mejora de la marcha en paciente con pie caído.

Fecha 21 de abril 2026

Nombre completo del participante Juan José Guerrero Arroyo

Firma Juan José Guerrero Arroyo

Cédula 1.507.798.345

Carretera 71 R 53-00 Barrio La María / (0) 212 08 00 - 091 08 53
Carretera 10 A R 53A - 100 Avenida Albino López / (0) 218 13 48 - 091 02 82

DOMINIO OSTEOMUSCULAR			
Enunciado	Subdivisión	Notas	Calificación
			Fecha:
1. Equilibrio sentado	Se inclina o desliza en la silla. Se mantiene seguro. Imposible sin ayuda.	0 0 0	
2. Levantarse	Capaz pero usa los brazos para levantarse. Capaz sin usar los brazos. Incapaz sin ayuda.	1 2 0	
3. Intentos para levantarse	Capaz, pero necesita más de 1 intento. Capaz de levantarse con solo 1 intento.	1 2	
4. Equilibrio en bipedestación inmediata (Primeros 5 segundos)	Inestable (Tambalea, mueve los pies), marcado balanceo del tronco. Estable pero usa el andador, bastón o se agarra a otro objeto para mantenerse. Estable sin andador, bastón u otros soportes. Inestable.	0 1 2 0	
5. Equilibrio en Bipedestación	Estable, pero con apoyo amplio (Talcones separados más de 10 cm). Estable pero con un bastón u otro soporte. Empieza a caerse.	1 2 0	
6. Empujar (el paciente en bipedestación con el tronco erecto y los pies tan juntos como sea posible). El caminador empuja suavemente en el tercio del codo con la palma de la mano, 5 veces.	Se tambalea, se agarra, pero se mantiene. Estable.	1 2	
Paciente de pie y los ojos cerrados	Inestable. Estable.	0 1	
Volta de 360° los	Pasos discontinuos. Continuos. Inestable = (se tambalea, se agarra).	0 1 0	

Timed Get Up and Go Test

Medida de movilidad en las personas que son capaces de caminar por su cuenta (dispositivos de asistencia si es necesario).

Nombre: JUAN
Fecha: _____
Tiempo para completar la prueba _____ segundos

Instrucciones
La persona puede usar su calzado habitual y puede utilizar cualquier dispositivo de ayuda que normalmente usa.

1. El paciente debe sentarse en la silla con la espalda apoyada y los brazos descansando sobre los apoyabrazos.
2. Pídale a la persona que se levante de una silla estándar y camine una distancia de 3 metros.
3. Haga que la persona se de media vuelta, camine de vuelta a la silla y se siente de nuevo.

El cronometraje comienza cuando la persona comienza a levantarse de la silla y termina cuando regresa a la silla y se sienta.

La persona debe dar un intento de práctica y luego repetir 3 intentos. Se promedian los tres ensayos reales se promedian.

Resultados predictivos

Valoración en segundos

- <10 Movilidad independiente
- <20 Mayormente independiente
- 20-29 Movilidad variable
- >20 Movilidad reducida

Source: Podsiadlo, D., Richardson, S. The timed "Up and Go" Test: A Test of Basic Functional Mobility for Frail Elderly Persons. *Journal of American Geriatric Society*. 1991; 39:142-148

25:50

PRUEBA DE CAMINATA DE 6 MINUTOS

Anexo 4. Validación del estándar durante el examen

El estándar cumple significativamente la distancia recorrida. Para lograr buena reproducibilidad del examen este estándar debe estar estandarizado y debe ser realizado siempre igual.

1. Al iniciar el examen se debe decir al paciente que lo está haciendo "very fast".
2. Al completar 1 minuto se le debe decir "lo está haciendo bien, le quedan 5 minutos".
3. Al completar 2 minutos se le debe decir "lo está haciendo bien, le quedan 4 minutos".
4. Al completar 3 minutos se le debe decir "lo está haciendo bien, ha completado la mitad del tiempo".
5. Al completar 4 minutos se le debe decir "lo está haciendo bien, le quedan solo 2 minutos".
6. Al completar 5 minutos se le debe decir "lo está haciendo bien, le quedan solo 1 minuto".
7. Si el paciente se detiene durante el examen y necesita descansar, se le debe decir "puede apoyarse contra la pared si lo desea, continúe caminando en cuanto se sienta capaz de hacerlo".
8. Cuando faltan 15 segundos se le debe decir: "en un momento le voy a indicar que se detenga donde está, yo así haré donde usted se detiene".
9. Al finalizar el examen se debe registrar el total que al menos la magnitud de la distancia y de fatiga de extremidades inferiores según la escala de Borg, además de no influenciar el resultado.
10. Al finalizar la prueba es importante felicitar al paciente por su esfuerzo. No debe quedar con una mala experiencia después del examen.
11. Mientras el paciente descansa sentado, mida la frecuencia cardíaca, la frecuencia respiratoria, la SpO₂, la presión arterial, a los 2 y a los 5 min de finalizada la caminata.

Anexo 5. Informe

PRUEBA DE CAMINATA DE 6 MINUTOS

Nombre: Juan Guerrero RUT: _____
Edad: 40 años Estatura: 172 cm Peso: 70 kg
Diagnóstico: _____ Fecha: 16-04-2026
Presión sanguínea: 120/80 mmHg Medicamentos tomados antes del examen: NO
Otros suplementos durante el examen: NO SE: Limón

	Base	Final	Respuesta 5 min
Tiempo (min)			
Frecuencia cardíaca (ciclos/min)			
Frecuencia Respiratoria (ciclos/min)			
Saturación de O ₂ (%)			
Dióxido (Escala de Borg)			
Fatiga (Escala de Borg)			

(Se detuvo antes de los 6 minutos?) NO _____ SI _____ Razón: _____
Otras situaciones al finalizar el examen: _____

METROS CAMINADOS EN 6 min: 450

Conclusión: _____

Firma Médico Responsable _____ Firma Tecnólogo Responsable _____

*Referencia de valor técnico utilizado: **LN= Límite inferior de normalidad.

