

**FÉRULA PARA LA REHABILITACIÓN EN LA MOVILIDAD DE NIÑOS  
DIAGNOSTICADOS CON PIE EQUINO Y HEMIPARESIA ESPÁSTICA**

**SERGIO ANDRES SANCHEZ LAITON**



**UNIVERSIDAD DE MANIZALES  
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA  
PROGRAMA  
MANIZALES  
2022**

**FÉRULA PARA LA REHABILITACIÓN EN LA MOVILIDAD DE NIÑOS  
DIAGNOSTICADOS CON PIE EQUINO Y HEMIPARESIA ESPÁSTICA**

**SERGIO ANDRES SANCHEZ LAITON**

Trabajo de Grado presentado como opción parcial para optar  
al título de Ingeniero de sistemas y telecomunicaciones

Presidente

**ALCIBIADES VALLEJO BERRIO**

Asesor Empresarial, Magister En Gestión y Desarrollo de proyectos de software

**UNIVERSIDAD DE MANIZALES  
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA  
PROGRAMA  
MANIZALES  
2021**

## **AGRADECIMIENTOS**

Queremos expresar nuestros más sinceros agradecimientos, en primera instancia a Dios, que nos dio vida, salud, constancia y sabiduría, durante este tiempo arduo en el desarrollo del proyecto; también le agradecemos a todas aquellas personas que hicieron parte esencial en la culminación exitosa de este proyecto, como lo fueron nuestras familias, resaltando el esfuerzo y dedicación de mis amados padres, quienes me dieron su apoyo incondicional; a cada uno de nuestros docentes de la facultad de ciencias e ingeniería, que nos dieron las guías, pautas y su conocimiento, aportando en gran medida a los pilares de conocimiento inmersos en este proyecto, en especial a nuestro presidente Alcibiades Vallejo Berrio, Asesor Empresarial, Especialista en TIC quien nos ha brindado grandes contribuciones gracias a su recorrido y experiencia en el área de las TIC.

Sergio Andrés Sanchez Laiton, Estudiante de octavo semestre de ingeniería de sistemas y telecomunicaciones, autor del proyecto

Bibiana Sánchez Gutiérrez, Fisioterapeuta, Especialista en seguridad y salud en el trabajo, Asesora Temática

Carlos Andrés zapata, profesor Universidad de Manizales, ayuda al diseño de la ortesis tecnología

## CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
1. ÁREA PROBLEMÁTICA.....	14
1.1 Descripción .....	14
1.2 Delimitación .....	14
1.3 Formulación .....	14
2. OBJETIVOS.....	15
2.1 Objetivo general.....	15
3. JUSTIFICACIÓN .....	16
3.1 Novedad .....	16
3.2 Interés.....	16
3.3 Utilidad.....	16
4. MARCO TEÓRICO .....	17
4.1 Marco conceptual .....	17
4.1.1 Pie equino y hemiparesia espástica.....	17
4.1.2 Pie equino.....	39
Tratamiento del pie equino .....	41
4.2 MARCO LEGAL .....	50
4.3 Antecedentes.....	52
4.3.1 Ortesis mecatrónica para terapias en pacientes con lesiones neuromusculares de mano. ....	52
4.3.2 Rehabilitación de la mano con órtesis robóticas. ....	52
4.3.3 Propuesta de un nuevo diseño de órtesis postratamiento de pie equino varo congénito. ....	53
4.3.4 Diseño de ortesis de miembro superior aplicable a rehabilitación y como exoesqueleto. ....	54
4.3.5 Efectividad de la terapia robótica en la función de la mano espástica del adulto con hemiplejía. revisión sistemática”. ....	54
4.3.6 La realidad virtual como tratamiento para la mejora del equilibrio y del patrón de marcha en niños con diplejía espástica: una revisión sistemática. ...	55

4.3.7 Tratamiento de la Parálisis Cerebral Tipo Cuadriplejia Espástica Moderada en Niños Mediante el Uso de Medios Tecnológicos. ....	55
4.3.8 El ritmo como ayuda terapéutica en niños con hemiparesia.....	56
4.3.9 Uso de la robótica y la tecnología en la rehabilitación de la marcha en niños con parálisis cerebral infantil: revisión narrativa. ....	56
4.3.10 Efectos agudos de la crioterapia sobre la transferencia de peso en sujetos con hemiparesia espástica crónica. ....	57
5.METODOLOGÍA.....	58
5.1 Tipo de trabajo .....	58
5.2 Procedimiento .....	58
5.2.1 Identificación de los antecedentes directos e indirectos.....	58
5.2.2 Fase 2. Diseño de férula con aplicaciones tecnológicas e informáticas .	59
5.2.3 Fase 3. Construcción de férula con aplicaciones tecnológicas e informáticas .....	60
5.2.4 Fase 4. Evaluación del desempeño del funcionamiento del molde y su aplicabilidad.....	61
6. RESULTADOS .....	62
6.1 Descripción de resultados .....	62
6.2 Discusión de resultados .....	70
7. CONCLUSIONES .....	71
8. RECOMENDACIONES.....	72
9. BIBLIOGRAFÍA.....	73

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Ilustración I aplicación de vendaje muscular miembros inferiores .....	
Ilustración II uso del vendaje neuromuscular .....	
Ilustración III terapia equina.....	
Ilustración IV robot para el manejo PCI (Diario de Navarra, 2017).....	
Ilustración V manejo de la espasticidad crioterapia (Hudson Azevedo Pinheiro, D.Sc, Hellen Cristina Sousa de Oliveira, aqueline Sousa Barroso, & Renan Fange) .....	
Ilustración VI Nivel de movimiento que ejecuta el pie equino .....	
Ilustración VII Pie equino .....	
Ilustración VIII Angulo de movimiento del pie con hemiparesia espástica .....	
Ilustración IX Intervenciones eficaces en la parálisis cerebral hemiparesia.....	
Ilustración X Mecanismo de acción TBA .....	
Ilustración XI aplicación miembro inferior (Velazquez Briseño).....	
Ilustración XII aplicación Botox espasticidad (Roblan, 2018) .....	
Ilustración XIII Complemento plantilla con calzado .....	
Ilustración XIV Uso de férula en pie .....	
Ilustración XV Fotografías de ortesis y su uso .....	
Ilustración XVI Tipos de ejercicios.....	
Ilustración XVII monitoreo y comprobación después del uso de videojuegos .....	
Ilustración XVIII Uso de crioterapia en paciente .....	
Ilustración XIX mejoras tras el uso de la crioterapia .....	
Ilustración XX Boceto inicial del prototipo .....	
Ilustración XXI Boceto más detallado y elaborado a partir del boceto inicial ...	
Ilustración XXII Prototipo Férula .....	
Ilustración XXIII Prototipo hecho en cartón de la férula.....	
Ilustración XXIV Molde férula .....	
Ilustración XXV Conexión Dispositivo Arduino y acelerómetro .....	
Ilustración XXVI Prueba circuito en prototipo de papel cartón.....	
Ilustración XXVII Prototipo Armado .....	
Ilustración XXVIII Imagen creada por FRITZING – diagrama de conexión, controlador MPU6050 – Servomotor -Arduino .....	
Ilustración XXIX Código funcionamiento férula .....	

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla I aplicación de vendaje muscular miembros inferiores [7] .....	
Tabla II Signos precoces de parálisis cerebral [7].....	
Tabla III Tabla de porcentajes de la clasificación de la parálisis cerebral espásticas en los rangos del sistema de clasificación de la función motora gruesa (GMFCS)[4] .....	
Tabla IV Factores que contribuyen a la estabilidad [11].....	

## **GLOSARIO**

**Movilidad:** Calidad o cualidad de movable. Se opone a inmovilidad. Dícese de la capacidad que tiene una persona para poderse mover por la movilidad articular; facilidad con la cual una articulación o serie articular se mueve antes de sufrir restricción por la presencia de otra estructura: la movilidad es difícil de medir. A veces la medición de la posición final obtenida con el extremo de una extremidad o un segmento de la extremidad se emplea para reflejar la movilidad, si bien esta medición depende de la relación posicional de otro segmento del cuerpo.

**Pie equino:** En medicina, se llama pie equino a una deformidad del pie humano en la que este se encuentra permanentemente en una posición de flexión plantar, en aducción e inversión, el retropié en varo, con el hueso del tarso calcáneo invertido por lo que el paciente afectado cuando camina apoya la región anterior del pie (marcha de puntillas normalmente se caen) y el talón no entra en contacto con el suelo. La persona con pie equino tiene limitada la flexibilidad para levantar la parte superior del pie hacia la zona anterior de la pierna. Puede estar afectado únicamente un pie o ambos.

**Tecnología:** Se conoce como tecnología a un producto o solución conformado por un conjunto de instrumentos, métodos y técnicas diseñados para resolver un problema. Generalmente, se asocia la tecnología con el saber científico y la ingeniería; sin embargo, tecnología es toda noción que pueda facilitar la vida en sociedad, o que permita satisfacer demandas o necesidades individuales o colectivas, ajustadas a los requerimientos de una época específica.

**Fisioterapia:** Fisioterapia es un tipo de tratamiento o terapia del área de la salud compuesta por un conjunto de métodos, técnicas y actuaciones aplicadas a través de agentes físicos para el tratamiento y prevención de enfermedades.

**Ortesis:** Las órtesis son definidas como un apoyo u otro dispositivo externo aplicado al cuerpo para modificar los aspectos funcionales o estructurales del sistema neuromusculoesquelético. Se pueden clasificar en base a su función en: estabilizadoras, funcionales, correctoras y protectoras.

**Boceto:** los términos boceto, esbozo, bosquejo, borrador y apunte se usan para designar al proyecto, las pruebas o la traza primera que se realiza previamente a la obra definitiva

**Prototipo:** Un prototipo está diseñado como un pequeño "experimento" para probar algunos supuestos clave del proyecto, ya sea la funcionalidad, la tecnología o ambas. Puede ser algo tan pequeño como unos cientos de líneas de código,



creadas para probar el rendimiento de un componente clave de software o hardware. O puede ser una manera de clarificar los requisitos, un pequeño prototipo desarrollado para ver si el desarrollador comprende un requisito técnico o de comportamiento particular.

## **RESUMEN**

La hemiparesia espástica y el pie equino son enfermedades que se diagnostican en las personas desde muy corta edad, la cual no permite el desarrollo normal de la movilidad y la que, sin un tratamiento adecuado se torna incapacitante en una forma progresiva.

Los niños que son diagnosticados con esta patología son sometidos a sesiones de fisioterapia, las cuales no le proporcionan un avance significativo en su rehabilitación, dado que dichas sesiones son asignadas con espacios de tiempo bastante amplios lo que trae como consecuencia que el programa de ejercicios no sea efectivo y no obtengan los resultados esperados. Para esto, se propone el diseño de un dispositivo tecnológico que le permita al paciente recuperar paulatinamente su movilidad generando estímulos mecánicos en las extremidades inferiores que le faciliten su proceso de rehabilitación.

Este proyecto corresponde a una investigación interactiva, esta se caracteriza por ser de forma planificada cuyo objetivo consiste en modificar el evento estudiado.

Cuenta con 4 fases en su metodología iniciando por la búsqueda de información acerca del síndrome de hemiparesia espástica y pie equino, utilizando métodos, técnicas y herramientas de búsqueda que permitan una indagación más veraz y profunda en su tratamiento, luego de esta fase se procederá a realizar un boceto de la férula aplicando técnicas de mano alzada, seguidamente se realizará la fase de construcción de prototipo haciendo uso de herramientas tecnológicas para luego finalizar con la calibración y evaluación de desempeño del prototipo.

Esta investigación dio como resultado un prototipo inicial de férula ajustada a las nuevas tecnologías, apoyada por dispositivos electrónicos y herramientas de software que permiten al paciente disminuir la espasticidad y por ende tener una alternativa en su proceso de rehabilitación.

**PALABRAS CLAVES:** movilidad, pie equino, tecnología, investigación, fisioterapia, férula, prototipo

## ABSTRACT

The spastic hemiparesis and clubfoot are diseases that are diagnosed in people from a very young age, which does not allow the normal development of mobility and which, without proper treatment becomes disabling in a progressive manner. Children who are diagnosed with this pathology are subjected to physiotherapy sessions, which do not provide a significant progress in their rehabilitation, since these sessions are assigned with quite wide spaces of time which results in that the exercise program is not effective and they do not obtain the expected results. For this reason, we propose the design of a technological device that allows the patient to gradually recover his mobility by generating mechanical stimuli in the lower extremities to facilitate his rehabilitation process.

This project corresponds to an interactive research, this is characterized for being a planned research whose objective is to modify the studied event.

It has 4 phases in its methodology starting with the search for information about spastic hemiparesis syndrome and clubfoot, using methods, techniques and search tools that allow a more truthful and deep inquiry in their treatment, after this phase will proceed to make a sketch of the splint using freehand techniques, then the prototype construction phase will be performed by making some technological tools and then end with the calibration and performance evaluation of the prototype.

This research resulted in an initial prototype of a splint adjusted to new technologies, supported by electronic devices and software tools that allow the patient to reduce spasticity and therefore have an alternative in their rehabilitation process.

**KEY WORDS:** mobility, equinus foot, technology, rehabilitation, spastic hemiparesis, physiotherapy, orthosis

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la tecnología abarca muchos campos de la ciencia tales como la medicina, la ingeniería, la física, la biología entre otras, siendo la medicina un campo de acción importante es allí donde se han impulsado numerosos avances tecnológicos dada la necesidad de desarrollar herramientas que faciliten tanto el trabajo medico como la recuperación del paciente ya que con estos dispositivos se pretende mejorar la calidad de vida de los pacientes diagnosticados con múltiples patologías, entre ellas la hemiparesia espástica y el pie equino, mediante el uso de ortesis (férulas) acopladas a los miembros inferiores permitiéndole corregir deformidades provocadas por estas enfermedades.

La parálisis cerebral (PC), de acuerdo con Gómez et al. (2013, 30), es una sintomatología cuyo origen está localizado el en sistema nervioso central esto implica que casi todos los niños diagnosticados con estas patologías tienden a tener alteraciones en la postura y el movimiento, por ende, es la causante de otros trastornos asociados como lo son el pie equino. Calzada & Vidal (2014, 6) la consideran como un problema de salud pública mundial, al ser la primera causa de discapacidad motriz en la edad pediátrica, presentándose de 2 a 2.5 casos por cada 1000 niños nacidos vivos, en lo que coincide con Gómez et al. (2013, 31).

Existe más alta incidencia en los recién nacidos *«de muy bajo peso y muy baja edad gestacional, según la mayoría de los autores. En los países en desarrollo la prevalencia es más alta debido a una mayor frecuencia de asfixia perinatal, además de otros factores relacionados como factores maternos, obstétricos y de consanguinidad»* (Gómez et al., 2013, 31). Respecto a los factores de riesgo, *«en general los factores pre- perinatales son el 85% de las causas de PC congénita y los posnatales el 15% de las PC adquiridas. El antecedente de parto prematuro se encuentra en el 35% de los niños con PC. El riesgo de presentación de este síndrome es 30 veces mayor en el niño prematuro que pesa menos de 1.500 g que el nacido a término que pesa más de 2.500 g.»* Gómez et al., 2013, 32), es por esto que, en el presente trabajo, se escoge la población infantil de 0-12 años, dado que abarca las tres etapas de la infancia, donde se desarrollan todas las áreas cognitivas, lenguaje, socio-emocional, y motora. Si los niños diagnosticados en esta etapa con PCI usan de forma adecuada, o se abordan tempranamente con férulas, van a obtener una mejor respuesta al tratamiento, se disminuyen las deformidades en miembros inferiores traduciéndose en bienestar físico y emocional en los niños.

Este proyecto está distribuido en 9 capítulos comenzando por el área problemática. es acá donde se describe, se delimita y formula el proyecto, seguidamente se plantean el objetivo general y los objetivos específicos, luego se continúa con la justificación expresando la utilidad, el interés y la novedad que tiene este, para la rehabilitación de pacientes diagnosticados con hemiparesia espástica y pie equino, posteriormente se continúa con el marco teórico. es acá donde esboza toda la literatura concerniente a las patologías estudiadas en este proyecto, después se continúa con la metodología, donde se describen los pasos y procedimientos para alcanzar el objetivo general, se continúa con la descripción y discusión de los resultados obtenidos sobre el prototipo para luego definir unas conclusiones y recomendaciones que se obtuvieron a lo largo de toda la investigación, y por último se contempla toda la bibliografía utilizada para la investigación y desarrollo del proyecto.

# 1. ÁREA PROBLEMÁTICA

## 1.1 Descripción

Dado que los niños diagnosticados con estas patologías son sometidos a sesiones de fisioterapia, que no evidencian mejoría satisfactoria en su movilidad, toda vez que se asignan a intervalos de tiempo demasiado amplios lo que no permite un adecuado, constante y efectivo programa de ejercicios. Los pacientes diagnosticados con hemiparesia espástica y pie equino tienden a rechazar sesiones de fisioterapia por factores sicosociales, lo cual genera que el paciente tenga una rigidez severa por la falta de ejercitación ya sea en los miembros superiores como inferiores, adicionalmente estos pacientes presentan otras patologías asociadas a la hemiparesia espástica y pie equino lo que dificulta y retarda la rehabilitación de los mismos

## 1.2 Delimitación

Los síntomas de estas enfermedades aparecen en los primeros meses de vida del menor y se hace evidente cuando inicia el proceso de bipedestación, gateo y marcha, evidenciando alteraciones en el equilibrio y movilidad como cualquier niño normal, con el pasar del tiempo se presentan otros síntomas donde el menor comienza a presentar dificultad para caminar pues el miembro afectado sufre un retracciones severas del tendón de Aquiles y en muchas ocasiones acortamiento de la extremidad llevando al diagnóstico de pie equino, una de las estrategias terapéuticas es el uso temprano de plantillas y férulas las cuales se hacen a medida del paciente, pero como el menor se encuentra en etapa de crecimiento y desarrollo la férula solo le sirve por un tiempo limitado ya que le genera al paciente molestia e incomodidad por lo que esta debe estarse cambiando periódicamente. Estas férulas, una vez colocadas posicionan el segmento corporal en una posición neutral, pero, si no es articulada, no permite movimientos del pie. Las ortesis como son artefactos hechos a medida y deben cambiarse periódicamente, son de un costo elevado y muchos pacientes no están en la capacidad de costearlas.

## 1.3 Formulación

El uso de férulas conlleva a costos elevados para los pacientes y sus familias, llevando que muchas ocasiones los pacientes no puedan acceder a esta alternativa terapéutica, lo cual lleva a que se genere deformidades en el segmento corporal, lo cual implica un retroceso en su proceso de rehabilitación.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo general**

Desarrollar una férula adaptable que mejore la movilidad y disminuya las deformidades de niños con pie equino y Hemiparesia espástica

### **2.2 Objetivos específicos**

- Hacer la revisión bibliográfica abarcando antecedentes directos e indirectos
- Diseñar una férula, con aplicaciones tecnológicas e informáticas
- Construir la férula.
- Evaluar la aplicabilidad de la férula mediante una prueba piloto

## **3. JUSTIFICACIÓN**

### **3.1 Novedad**

Según la revisión que se ha realizado, se ha encontrado muy poca literatura donde se encuentre información relacionada sobre ortesis robótica, para la rehabilitación de pacientes diagnosticados con hemiparesia espástica y pie equino. En estos pacientes uno de los tratamientos iniciales es el uso de férula con el fin de que estos realicen un apoyo completo de su extremidad inferior, nivelándolo y tomando una postura anatómicamente normal, Esto lleva a que el prototipo sea más innovador dado a que pretende abordar por medio de la combinación de la tecnología a que los pacientes puedan simular los movimientos normales del pie como lo es la hiper extensión y la flexión, haciendo que los pacientes que tienen como tratamiento un ferulaje básico no empujen el pie y lo tengan completamente apoyado con la ayuda de los motores y la programación.

### **3.2 Interés**

Pacientes diagnosticados con hemiparesia espástica y pie equino en rango de edades de 0 a 12 años y que presenten discapacidad en sus miembros inferiores.

### **3.3 Utilidad**

Este proyecto lo que busca es ayudar a los pacientes diagnosticados con hemiparesia espástica y pie equino, por medio de un ferulaje tecnológico o robótico a que su rehabilitación sea de manera más integra permitiendo mejorar por medio de esta, principalmente su problema de movilidad, dado a que el uso correcto de las férulas ayuda a disminuir las deformidades en las extremidades inferiores, ayudando así a que su calidad de vida sea mejor, que los pacientes tengan mayor independencia al realizar las actividades básicas de la vida diaria y así contribuir a que se mejore no solo el bienestar físico sino mental y social en estos pacientes.



## 4. MARCO TEÓRICO

### 4.1 Marco conceptual

#### 4.1.1 Pie equino y hemiparesia espástica.

La hemiparesia espástica es una hemiplejía, una de las formas en la que se clasifica la parálisis cerebral, afecta principalmente uno de los lados del cuerpo ya sea el lado derecho o izquierdo, afectando la postura, disminuyendo así el equilibrio, la marcha y la velocidad con la que el paciente puede realizar el paso normalmente. La mayor parte de los pacientes diagnosticados con hemiparesia espástica tienen la habilidad de caminar sin restricciones, pero tienden a tener alteraciones en las actividades motoras. (Arguelles Póo, 2008)

La hemiparesia, según (Efisiopediatric, 2014), es causada por una lesión cerebral cuando esta tiene lugar en los primeros meses de vida, usualmente son los padres quienes se percatan de las anomalías en el desarrollo del niño, ya que este no realiza las mismas acciones esperadas en un niño normal, como lo es ponerse de pie, tener dificultades para caminar, le cuesta mantenerse parado, tener fallas en el equilibrio etc.

Relacionada con ella está la parálisis cerebral (PC), la cual se caracteriza, según afirman (DIAZ MARTINEZ, y otros, 2005), principalmente por alteraciones a nivel de la postura y el movimiento como resultado de una lesión o daño en el sistema nervioso central, generando una anomalía en el desarrollo del cerebro. La parálisis cerebral se manifiesta principalmente en el desarrollo fetal o durante los primeros años de vida afectando las áreas cognitivas, lenguaje, socio-emocional y motora.

- **Parálisis cerebral**

La parálisis cerebral (PC) se caracteriza principalmente por alteraciones a nivel de la postura y el movimiento como resultado de una lesión o daño en el sistema nervioso central, generando una anomalía en el desarrollo del cerebro. La parálisis cerebral se manifiesta principalmente en el desarrollo fetal o durante los primeros años de vida afectando las áreas cognitivas, lenguaje, socio-emocional y motora. (DIAZ MARTINEZ, y otros, 2005)

- **Etiología**

El nivel de incidencia de parálisis cerebral infantil (PCI) es uno de cada mil niños nacidos vivos, de los cuales el 60% presenta causas identificables, la espasticidad al igual que otros tipos de parálisis cerebral se produce por una lesión localizada en el haz piramidal, en el caso de la hemiparesia espástica esta lesión se localiza en la vía piramidal unilateral, el cual afecta el lado opuesto de la cara y el cuerpo, es decir que si la lesión está localizada en el lado derecho del cuerpo entonces se verá reflejada en el lado izquierdo del cuerpo

Aunque no siempre en un inicio se conoce la causa de la lesión cerebral, se sabe que la parálisis cerebral se puede llegar a dar en tres momentos claves los cuales son: durante el embarazo, durante el momento del parto o después del parto, la hemiparesia espástica se da por lesiones cortico. Subcorticales de un territorio vascular o leucomalacia periventricular unilateral, la hemiparesia espástica se presenta por falta de oxígeno del bebe durante el periodo de gestación o al momento del parto

Causas de la hemiparesia durante los periodos pre, peri y post natal

- **Causas prenatales**

Durante el periodo del embarazo se puede adquirir cualquier lesión por los siguientes motivos

- ✓ Intoxicación materna
- ✓ Agentes físicos (exposición a radiación o exposición inadecuada a rayos x)
- ✓ Factores genéticos
- ✓ Problemas de hipertensión arterial
- ✓ Cromosómicos

- **Causas perinatales**

En el momento del nacimiento (parto) las causas pueden desencadenar una lesión cerebral por falta de oxígeno

- ✓ Problemas con el cordón umbilical
- ✓ Pelvis muy estrecha de la madre
- ✓ Nacimiento con muy bajo peso o prematuros

- ✓ Reacción contra la anestesia peridural que recibe la madre
- ✓ Nacimiento muy brusco o “parto en avalancha” esto ocurre cuando a la madre tiende a dilatar muy rápido

- **Causas postnatales**

Las causas postnatales generalmente se producen después de los primeros 6 meses de vida el niño(a)

- ✓ Traumatismo del cráneo (golpe o fractura del cráneo)
- ✓ Deshidratación
- ✓ Virus
- ✓ Anestias
- ✓ Ahogos en bañeras
- ✓ Intoxicación (ALVARES )

- **Diagnóstico de la parálisis cerebral**

En la actualidad el diagnóstico precoz de esta enfermedad es fundamental en los primeros seis meses de vida, ya que puede determinar deterioro en el trastorno motor, retraso de los reflejos primitivos y retardo en la aparición de los reflejos posturales, adicionalmente en estas etapas de crecimiento, los pacientes tienden a tener trastornos alimenticios que se traduce en dificultad en la función de deglución y succión ( por lo general se presentan en menores de 1 año rechazando el pezón de la madre lactante) este es uno de los signos más comúnmente encontrados en el periodo neonatal en los niños que luego desarrollan parálisis cerebral. (Gomez lopez , Jaimes, Palencia Gutierrez, Hernández, & Guerrero, 2013)

Para determinar si el origen de la parálisis cerebral es pre, peri o postnatal se deberán realizar exámenes de laboratorio detallados, como lo son la neuroimagen, estudios genéticos, metabólicos y electrofisiológicos, adicionalmente el pediatra requiere para su correcto diagnostico exámenes físicos detallados en pacientes sospechosos de PC para determinar si la condición es estática o progresiva

Exámenes complementarios para su correcto diagnostico

- ✓ Estudio oftalmológico
- ✓ Estudio Auditivo
- ✓ Radiografías
- ✓ Estudios físicos

Tabla III. Diagnóstico de la parálisis cerebral

- Historia clínica (factores de riesgo pre, peri y posnatales)
- Valorar los ítems de desarrollo y la "calidad" de la respuesta
- Observar la actitud y la actividad del niño (prono, supino, sedestación, bipedestación y suspensiones)
- Observar los patrones motores (motricidad fina y amplia)
- Examen del tono muscular (pasivo y activo)
- Examen de los ROT, clonus, signos de Babinski y Rosolimo
- Valoración de los reflejos primarios y de reflejos posturales (enderezamiento cefálico, paracaídas y Landau)
- **Signos cardinales de la exploración sugestivos de PC:**
  - retraso motor
  - patrones anormales de movimiento
  - persistencia de los reflejos primarios
  - tono muscular anormal

Tabla I aplicación de vendaje muscular miembros inferiores (Arguelles Póo, 2008)

Tabla IV. Signos precoces de parálisis cerebral

- persistencia de los reflejos arcaicos
    - RTA > 3 meses
    - marcha automática > 3 meses
  - ausencia de reacciones de enderezamiento
  - pulgar incluido en palma
  - hiperextensión de ambas EEII al suspenderlo por axilas
  - asimetrías (en la hemiplejía)
  - anomalías del tono muscular: hipertonia / hipotonia (\*)
  - hiperreflexia, clonus, signo de Babinski, de Rosolimo
- (\*) **Hipertonia**
- hiperextensión cefálica, hiperextensión de tronco
  - espasmos extensores intermitentes
  - opistótonos en los casos más severos
  - "retracciones" de hombros
  - actividad extensora de brazos
  - hiperextensión de las EEII "tijera"
  - pataleo en "bloque", sin disociar
- (\*) **Hipotonia**
- tono postural bajo, escasa actividad,
  - hipermovilidad articular,
  - posturas extremas "en libro abierto"
  - (con ROT vivos, clonus...)

Tabla II Signos precoces de parálisis cerebral (Arguelles Póo, 2008)

- **Clasificación de la parálisis cerebral**  
Según (Gomez lopez , Jaimes, Palencia Gutierrez, Hernández, & Guerrero, 2013) La parálisis cerebral se clasifica en función de
  - ✓ Sitio Anatómico
    - Piramidal
    - Extra piramidal
    - Cerebeloso
  - ✓ Etiología
    - Prenatal
    - Perinatal
    - Postnatal
  - ✓ Clínica
    - Espástica
    - Disquinética
    - Atáxica
    - Hipotónica
    - Mixta
  - ✓ Topográfica
    - Tetraplejía
    - Diplejía
    - Hemiplejía
    - Triplejía
    - Monoplejía
  - ✓ Fisiopatológica
    - Hipotónica
    - Hipertonía
    - Espasticidad
    - Ataxia
  
- **Problemas en la movilidad en pacientes diagnosticados con PC**  
El 90% de los pacientes diagnosticados con esta enfermedad tiene dificultad para caminar debido a la debilidad en los músculos, generando disminución en las reacciones posturales tanto de bipedestación y sedestación. También se ve afectada la coordinación y el equilibrio lo cual va generando a lo largo del tiempo, fatiga muscular, ya que las extremidades inferiores y superiores no se encuentran en un equilibrio adecuado al caminar, lo cual genera un acortamiento tanto en los huesos como en los tendones. (Sánchez Castillo, Cisneros Perdomo, Hernández Chisholm, & Dunn García, 2018)

En la etapa de aprendizaje, uno de los objetivos fundamentales es tratar de adquirir una gran variedad de habilidades básicas como desplazamiento, giros, saltos y otras actividades de coordinación, como lo es el equilibrio, se ha detectado que los pacientes al ver la falta de movilidad tienden a tener problemas emocionales y cambios tanto físicos como de crecimiento, es por esto que a medida que el paciente va creciendo se va aumentando el riesgo en la parte ortopédica, por lo que usualmente se recomienda desde estas etapas un tratamiento fisioterapéutico “Mantenimiento” para así complementar las habilidades adquiridas y por su puesto evitar trastornos posturales futuros, como puede ser la retracción en los músculos y tendones, escoliosis y lesiones en los miembros inferiores. (Larrosa Ferrer, 2016)

- **Signos y síntomas de hemiparesia espástica**

Un paciente diagnosticado a temprana edad con hemiparesia espástica suele tener un tono muscular alterado, evidenciándose ya sea flacidez o rigidez muscular, presentándose en forma de menor control y destreza en los movimientos sobre el hemisferio afectado. Adicionalmente los niños diagnosticados con hemiparesia pueden presentar otras dificultades clínicas, como lo son la epilepsia, problemas visuales o problemas en el habla, a medida que el niño va creciendo, puede presentar dificultades de aprendizaje o alteraciones de comportamiento y emocionales, ya que estos problemas tienden a verse discapacitantes y frustrantes, más que los problemas físicos que se evidencian en el momento.

Es de vital importancia proporcionarle al familiar toda la información que se necesite, ya que esta enfermedad puede tornarse un poco frustrante en sus inicios, por ello no es recomendable buscar culpables o un “Porque paso” sino más bien invertir todos los esfuerzos en mejorar su calidad de vida y el desarrollo normal del niño, comenzando con un tratamiento de rehabilitación e iniciar un seguimiento médico riguroso.

- ✓ Dificultades más frecuentes en los miembros inferiores en niños diagnosticados hemiparesia espástica
  - Retraso en la sedestación y bipedestación
  - Falta de coordinación y equilibrio
  - Deformidades en los miembros inferiores (PIE EQUINO)
  - Fatiga muscular

- **Clasificación de la hemiparesia espástica**

Parálisis cerebral espástica, comúnmente los niños diagnosticados con hemiparesia espástica se encuentran clasificados en los niveles 1,2,3 del sistema de la clasificación de la función motora gruesa GMFCS, alguna de estas se clasifica según la afectación topografía, cabe mencionar que los términos plejia y paresia nos hacen referencia a parálisis total, debilidad o falta de fuerza ya sea en los tendones como en los músculos

- ✓ **Tetraplejia (cuadriplejia/tetraparesia):** esta compromete las cuatro extremidades y del cuerpo, en general esta afecta con mayor frecuencia los miembros superiores que los miembros inferiores, por lo general estos casos de tetraplejia son asimétricos, ya sea un lado más afectado que el otro, y este se encuentra en el ranking con el 55% de los casos de paresia
- ✓ **Diplejía/Disparesia:** esta compromete las cuatro extremidades del cuerpo, pero tiende a predominar en los miembros inferiores, esta clasificación corresponde al 17% de los casos diagnosticados
- ✓ **Hemiplejía / Hemiparesia:** este se ve comprometida una sola parte del cuerpo, ya sea la derecha o la izquierda, esta clasificación corresponde al 9% de los casos diagnosticados
- ✓ **Monoplejía/Monoparesia:** este compromete un solo miembro, pero es poco usual, por lo general a medida que se va creciendo y se aumenta la actividad cotidiana esta tiende a convertirse en hemiplejia
- ✓ **Triplejía /Triparesia:** esta compromete solo tres miembros usualmente se convierte en una tetraparesia o en una tetraplejía (Gordo Vázquez, 2015)

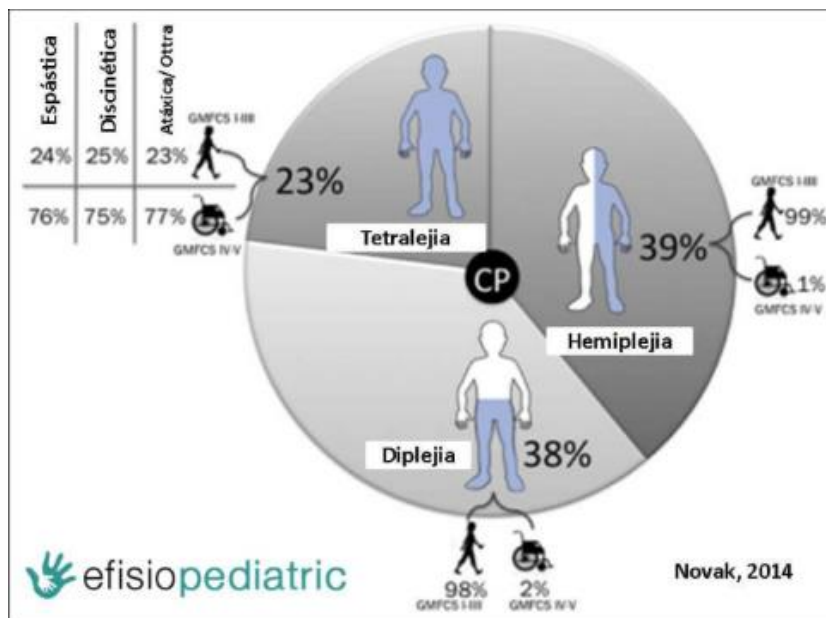


Tabla III Tabla de porcentajes de la clasificación de la parálisis cerebral espásticas en los rangos del sistema de clasificación de la función motora gruesa (GMFCS) (Efisio pediatric, 2014)

Clasificación de función motora gruesa (GMFCS), los niños clasificados con problemas de funciones motoras se encuentran clasificados en el nivel 1, ya que estos pueden andar sin restricción alguna pero tienden a presentar dificultades en las habilidades motoras mucho más desarrolladas, los clasificados en el segundo nivel tienden a exponer la limitación de la marcha al aire libre, aquellos pacientes que se encuentran en el tercer nivel necesitan ayuda para la locomoción (trasladarse de un lado a otro), los niños clasificados en el cuarto nivel ejecutan actividades con éxito pero de carácter limitado, estos requieren de supervisión continua y por último los niños clasificado en el nivel 6 por lo general tiene una capacidad muy limitada para moverse libremente hasta con el uso de tecnología asistida (ortesis)(Gordo Vázquez, 2015)

- **Tratamiento de la hemiparesia espástica**

La rehabilitación en pacientes que presentan estas patologías debe ser impartidas por un personal altamente capacitado que se encargue tanto de las habilidades motoras como sociales permitiéndole generar al paciente las destrezas básicas para desarrollar actividades cotidianas y generar una independencia. Dentro del personal capacitado se encuentran:

- Médicos rehabilitadores



- Profesores
- Fisioterapeutas
- Psicólogos

Estos profesionales deberán reunir esfuerzos desde sus áreas de trabajo por un objetivo en común la cual es “mejorar la calidad de vida del paciente” permitiéndole así crear un programa de rehabilitación estructurado que permita cumplir dicho objetivo.

Los objetivos que serán remarcados en el proceso de rehabilitación de los pacientes diagnosticados con estas patologías.

- Potenciar la carrera y el salto
- Generalizar y normalizar la integración el miembro afectado
- Estimular uso frecuente de las extremidades inferiores ya sea derecha o izquierda
- Conseguir un control y una postura adecuada del tronco
- Educar a los familiares en el desempeño de actividades cotidianas para ir normalizando la conducta de los niños

Uno de los déficits que actualmente presentan los pacientes es el equilibrio siendo esta una actividad automática que por lo general se rige por la ley de la economía y gasto mínimo energético, es por esto que el desplazamiento genera reacciones del equilibrio con ayuda de sistemas sensoriales permitiendo a si la marcha con normalidad, si alguno de esta falla que por lo general sucede esto compensa su deficiencia.

Hay tres tipos de reacciones

- Equilibrio
- De enderezamiento
- De apoyo (Larrosa Ferrer, 2016)

<b>Factores que contribuyen a la estabilidad</b>	
<i>Alineación del cuerpo</i>	La alineación es un factor importante que coopera con la estabilidad postural, mantiene al cuerpo en equilibrio realizando menor gasto energético.
<i>Tono muscular</i>	Fuerza con la que un músculo resiste al estiramiento.
<i>Tono postural</i>	Mantiene la posición erecta sin esfuerzo, ni fatiga. Existen varios grupos musculares que permanecen activos durante la bipedestación estos son: espinal torácico, iliopsoas, glúteo medio, tensor de la fascia lata, tríceps sural y tibial anterior. Si el cuerpo o centro de la masa corporal se mueve fuera de la alineación ideal, se requiere mayor esfuerzo muscular para recobrar la posición estable.

Tabla IV Factores que contribuyen a la estabilidad (Murillo Pacheco, 2016)

A lo largo de los años se ha demostrado que los programas de bipedestación con material adaptado por un tiempo prologado de 40 a 60 minutos diarios aumenta el rango de movimiento de la cadera, tobillo y rodilla, es aconsejado acomodar un marco de pie para niños con movilidad reducida de forma que paciente tome una posición

erguida y fomente la alineación apropiada del cuerpo y por ende mejorar el manejo de las cargas de peso del cuerpo, esta técnica permite mejorar el tono muscular, aumenta la densidad mineral y permite el libre crecimiento del hueso, adicionalmente los expertos demuestran que la aplicación de estas técnicas permite retrasar las intervenciones quirúrgicas de ortopedia y displasia de cadera (Sánchez Guerrero, 2017)

la displasia de cadera en niños diagnosticados con PCI y hemiparesia espástica es la segunda de deformidad más común en estos pacientes superada por el equinismo y se atribuye a la espasticidad y contractura generada en los músculos aductores y flexores de la cadera según el nivel de GMFCS dependerá de la intensidad de la displasia generada, esta condición se da por una combinación de factores en los ítems motores básicos, los problemas derivados de las displasias de cadera, afectan el deterioro tanto de la marcha como en la sedestación y bipedestación esto eleva el riesgo de contraer otras patologías como la escoliosis y oblicuidad pélvica generando anomalías en la postura. (Macías Merlo, 2016)

Los ejercicios de carácter cognitivo en los niños que padecen estas patologías otorgan un papel fundamental en el desarrollo de sus habilidades, además de ser la base para reorganización cordial en caso de que el paciente tenga lesiones congénitas o adquiridas, se sugiere realizar múltiples metodologías y estrategias para el manejo del sistema cognitivo aplicado a procesos repetitivos e intensivos de terapia en los primeros años de vida. ( Lastanao Cortés, 2015)

Por lo general, cuando un paciente a temprana edad entra en etapa de rehabilitación se busca que mejore ciertos aspectos fundamentales como lo son la sedestación, bipedestación ya que estos dos nos permiten generar mejoría en cuanto a la marcha, en el manejo postural, manejo óptimo de los miembros inferiores, con esto se permite evitar el desarrollo normal de la enfermedad. (Trujillano Clavero, 2016)

Estas terapias deberán ser estimulantes y dinámicas para el niño que llamen su atención para que este no se distraiga en el proceso y deberán ser lo más parecidas a la que sería normalmente experimentada en el movimiento o desarrollo normal de tareas cotidianas para así el paciente las normalice y las pueda hacer diariamente en su hogar en compañía de un adulto responsable. Cabe resaltar que es de vital importancia que el paciente sea introducido a una edad temprana a las fisioterapias ya que el cuerpo

se encuentra en etapa de desarrollo aprovechando la plasticidad cerebral, ya que la corteza y el sistema nervioso central se encuentra en etapa crecimiento y se pueden moldear y modificar fácilmente. (Trejo Díaz, 2019)

### **Comunicación efectiva a padres y familiares**

La información dada a los padres sobre el diagnóstico oportuno de esta enfermedad constituye un papel clave en la atención temprana del paciente, es por esto que esta etapa representa un momento de significativa conmoción emocional ya que los familiares y padres tienden a presentar síntomas de angustia, miedo, sentimientos de negación y rechazo, el papel de médico tratante es fundamental y de vital importancia; por lo tanto, es necesario cuidar todo el proceso informativo y las formas y métodos para llevarlo a cabo. Con esta primera intervención se inicia proceso de transición en la familia de cual dependerá en gran medida la capacidad de acogida y responder a las condiciones y necesidades del nuevo miembro de la familia (Cunha de Araujo, 2015)

Es recomendable que los padres reciban la información diagnóstica de forma oportuna y simultánea preferiblemente con su hijo en brazos, el médico tratante deberá disponer de un espacio idóneo para dicho encuentro tenga un nivel de privacidad y que los padres se sientan cómodos y puedan compartir sus sentimientos y brindarse apoyo mutuo, es importante que el médico tratante exponga de manera explícita y completa toda la información, teniendo en cuenta y considerando la evolución más probable, el pronóstico a largo plazo y las posibilidades y mejoras que se tiene si se le aplica una oportuna rehabilitación, la transmisión de la información diagnosticada se deberá mirar más que como un proceso un evento puntual, considerando que no solo se será la realizada del niño diagnosticado sino de toda la familia y su entorno social (Cunha de Araujo, 2015)

La información se deberá expresar de forma directa evitando terminología técnica incomprensible que la familia no entienda y frustre más las situación, un diagnóstico bien definido genera en la familia un nivel de tranquilidad, una vez los padres saben y reconocen la existencia de la discapacidad se facilita la búsqueda de alternativas de comunicación y de relación interpersonal. es prudente evitar afinaciones que puedan cerrar o abrir el horizonte del niño diagnosticado y la familia equivocadamente. (Cunha de Araujo, 2015)

## **Valoración nutricional en pacientes con PCI y hemiparesia espástica**

Por lo general estas enfermedades crónicas tiene nivel elevado de incidencia en su estado nutricional sienten la destrucción la más frecuente ya que la lesión neurológica que presenta el paciente tiende a afectar de forma directa o indirecta en la disfunción motora oral y dismotilidad esofágica intestinal en la que generalmente ocasiona dificultad para apertura normal de la boca, adicionalmente dificulta la succión, masticación y deglución, esto por lo que una detección temprana y rutinaria permite que el tratamiento no se vea afectado y disminuya la morbilidad sobre todo infecciosa (Arce Mojica & Aceves López, 2017)

## **Tipos de tratamientos aplicados a pacientes con hemiparesia espástica**

- **Vendaje neuromuscular en pacientes con hemiparesia espástica**

Este dispositivo es una herramienta terapéutica que permite la estimulación de los músculos cuando este se aplica sobre la piel, actuando en áreas somato sensitivas, este estimula las áreas y partes cordiales influyendo directamente en el musculo afectado generando un nivel de mejoría en la espasticidad, grosor, simetría y estabilidad en la marcha, este vendaje es altamente utilizado en la rehabilitación de pacientes de hemiparesia espástica ya que tiene un bajo costo y una fácil ampliación (KAYA KARA, y otros)



*Ilustración 1 aplicación de vendaje muscular miembros inferiores*

El análisis en la marcha en pacientes con hemiparesia espástica consta de diferentes parámetros que al aplicarse podrán evaluar el nivel espasticidad que cuenta el paciente así mismo se tendrá en cuenta para su posterior rehabilitación

Los parámetros que serán evaluados con el uso de vendaje neuromuscular por medio del paciente son:

- Velocidad en la marcha
- Diferencia tiempo apoyo
- Fuerza de despliegue
- Fuerza frenada
- Fuerza de propulsión
- Fuerza de oscilación

Posteriormente a la evaluación de estos parámetros se podrá medir la capacidad de la marcha obteniendo patrones de normalidad, y

calzado permitiéndole tener un panorama más amplio de la patología presentada

Esta evaluación se mide en porcentaje de forma que los resultados que se obtengan menores al 100 % reflejaran discriminación con respecto a los valores de normalidad

Adicionalmente esta evolución se aplica en ambos miembros inferiores por separado, permitiendo crear una valoración global que permita determinar los niveles de desviación y prolongación en la marcha (Vázquez Salas, 2015)



*Ilustración II uso del vendaje neuromuscular*

Los efectos de la aplicación de los vendajes neuromusculares se clasifican en 3 grandes grupos

El primero según la teoría gate control postural que el dolor se dirige al sistema nervioso central por medio de las fibras nerviosas de conducción lenta, es por esto que la activación de la motoneurona inhibitoria toma un papel importante ya que se podrá bloquear la información del dolor pasando por las vías de conducción acelerada disminuyendo la sensación de dolor del paciente.

El segundo enmarca en su teoría la aplicación del vendaje neuromuscular donde activa las fibras gamma estimulando y desarrollando el huso muscular lo que activa la motoneurona alfa donde a su vez aumentará y activará la tensión y contracción muscular donde tendrá efectos beneficiosos en la aplicación de dicho vendaje en los músculos más débiles o hipotónicos, aumentando la actividad muscular permitiendo así el buen equilibrio entre las fuerzas de tensión en la articulación.

El tercero principalmente se basa en los receptores Golgi este se enfoca cuando el músculo se encuentra hipertónico donde dichos receptores envían información al sistema nervioso central y este tiene la función de activar la motoneurona inhibidora el vendaje neuromuscular tendrá efectos benéficos produciendo una relajación de la parte afectada.

Alguno de estos beneficios donde el vendaje se ve reflejado son:

- Analgésico
- Circulatorio y linfático
- Aumenta el tono muscular
- Mejor función articular
- Permite mejorar el rango de movimiento

De los efectos y beneficios antes descritos con respecto al tratamiento de la parálisis cerebral infantil se destaca uno en particular que permite mejorar el tono muscular y por ende disminuye la espasticidad generada por la hemiparesia espástica. (Broncato)

- **Técnica Cinesiterapia**

Esta técnica es primordial para prevenir la rigidez de articulaciones y músculos, además esta técnica contribuye a la disminución de la espasticidad, se efectúa de forma manual esta aplica resistencia al sentido contrario para aumentar la solitud de fibras musculares para así adaptar la capacidad de trabajo del fisioterapeuta en función de la respuesta del paciente al momento del ejercicio

- **Técnica espejo**

Mediante el uso de esta terapia se activan denominadas "Neuronas espejo" que se activan mediante la realización de entrenamiento efectivo y coordinado, estas se encuentran ubicadas en las áreas premotoras de la corteza cerebral, según estudios realizados, el simple hecho de comer una fruta a partir



de visualizar a otra persona se desarrollan destrezas que permiten generar aprendizaje por medio de la imitación, estas neuronas han fomentado el desarrollo de nuevos enfoques basados en la habilidades motoras permitiendo así desarrollar plasticidad cerebral posterior al diagnóstico. (Morera Salazar & Eljadue Mejía, 2017)

- **Hipoterapia**

Esta técnica se aplica para relajar los músculos y extremidades inferiores por medio del calor del animal y el movimiento que presenta el equino al momento de la terapia (García Díez)

Los equinos aportan muchos beneficios a través de su movimiento, este actúa sobre las áreas motoras, sensoriales y sociales del paciente, la deambulación del equino proporciona un movimiento rítmico de oscilación anterior y posterior. Los movimientos del caballo permiten al paciente desarrollar habilidades como el equilibrio, postura adecuada ya que los jinetes son sometidos a fuerzas opuestas, centrípetas y centrífugas, adicionalmente se ve reflejado en el tono muscular, concentración, coordinación, estudios aseguran que el movimiento que ejerce el caballo es igual al movimiento que se realiza con la pelvis humana durante la marcha normal y por consiguiente reduce la espasticidad en los miembros tanto inferiores como superiores (González, 2017)



*Ilustración III terapia equina*

- **Método de Bobath**

Este tratamiento consta en la compensación del movimiento normal, utilizando todos los canales de percepción que nuestro cuerpo tiene ayudando a fomentar el movimiento y las posturas selectivas generando una significativa mejora del manejo de dichas funciones,

Se le enseña al paciente la sensación de movimiento de una forma secuencialmente correcta

Se controla el tono muscular por medio posiciones inhibitorias de los reflejos generados por nuestro cuerpo permitiendo así la disminución de la hipertonía en plazos cortos y medianos produciendo nuevos patrones en la marcha. (U. tecnología de Pereira, )

- **Tratamiento de PC por medio de usos tecnológicos**

En los últimos años la tecnología a jugado un papel importante en nuestra sociedad perdiéndola adoptar y aplicar a procesos médicos de rehabilitación utilizando estrategias y metodologías de juego que permiten al paciente desarrollar y fomentar las habilidades cognitivas y sensoriales, esta estrategia se implementa utilizando consolas de video juegos como lo son la Wii de Nintendo y herramientas y software de monitoreo en computador, permitiéndole al paciente generar destrezas como lanzamiento de objetos de diferentes pesos. Habilidades de percepción y escucha generando niveles altos de motricidad permitiéndole al paciente crear patrones de movimiento coordinado que facilita la resolución de tareas que diariamente realizamos en nuestra sociedad.(Medina \_Escarraga , 2017)

Teniendo en cuenta la necesidad de nuevas y novedosas herramientas en los campos de la neuro rehabilitación se plantean estrategias terapéuticas asistidas donde se enmarca la importancia de la recuperación funcional del miembro espástico afectado.(Meneses Castaño & Peñaloza Peñaranda, 2017)

- **Realidad Virtual en tratamiento PCI**

La realidad virtual consiste en un entorno netamente virtual que ofrece información sensorial creada mediante el uso de la informática y proporciona al paciente la capacidad de advertir experiencias y destrezas similares a la vida real , la aplicabilidad de esta técnica se basa en que el paciente pueda realizar

un tratamiento específico mediante el uso de juegos interactivos que inciten y motiven al paciente a realizar actividades simuladas que por lo general el paciente no puede realizar en la vida real, el uso de este dispositivo tiene un feedback favorable para el tratamiento proporcionando mejora tanto a nivel de motricidad como a nivel social ya que este le permite al paciente formar parte activa de su tratamiento, generando un alto nivel de motivación sobre todo en la población joven (Jiménez Miras, 2017)

- **Dispositivos robóticos en tratamiento de PCI**

La aplicación de estos dispositivos con sistemas electrónicos diseñados especialmente para realizar funciones humanas en el campo de la fisioterapia se le denomina “robots terapéuticos” en numerosos casos de estudio y evaluación se han utilizado dichos dispositivos para la rehabilitación de la marcha, en los últimos años se ha comenzado a utilizar estos sistemas de locomoción en tratamientos de PCI que ayudan al trabajo de la bipedestación y la marcha, estos trajes “exoesqueletos” se utilizan de forma que el niño se introduce en él y por ende se sostiene de forma externa a través de motores hidráulicos que imitan la marcha humana correctamente por medio de cinta rodante, estos robots se encuentran diseñados con múltiples sensores y dispositivos que detectan las señales nerviosas del paciente, adicionalmente estos robots se pueden programar según las necesidades y patologías del paciente, su objetivo principal es educar o reeducar al paciente promoviendo la neuroplasticidad cerebral por medio de repeticiones y sesiones continuas, estos dispositivos se encuentran suspendidos ya que normalmente los pacientes con bipedestación desgastada no se encuentran preparados para soportar su propio peso corporal, el robot va graduando el peso y la suspensión para que así el paciente pueda soportar todo su peso corporal a la hora de caminar. (Rodríguez Fernández, 2019)



*Ilustración IV robot para el manejo PCI (Diario de Navarra, 2017)*

- **Crioterapia**

Esta técnica tiene múltiples tipos y maneras de aplicación ya sea por medio de hielo, agua fría, hielo seco, criogel, entre otros, la aplicación del hielo se realiza durante un periodo promedio de 15 minutos ya sea en sesiones de 10 repeticiones para obtener eficacia, este proceso relaja los músculos y tendones afectados por la espasticidad, generando flexibilidad en los mismos después de la terapia, igualmente esta se debe complementar con las técnicas y procedimientos antes descritos en este documento. Esta técnica se realiza a una temperatura de 0 a 5 grados C donde se sumerge el segmento hasta la línea interarticular de la rodilla para inhibir la actividad muscular tanto de los músculos flexores de la planta como las dorsiflexores del tobillo (U. tecnología de Pereira, )



*Ilustración V manejo de la espasticidad crioterapia (Hudson Azevedo Pinheiro, D.Sc, Hellen Cristina Sousa de Oliveira, aqueline Sousa Barroso, & Renan Fange)*

- **Musicoterapia y terapia de ritmo**  
La música ha venido tomando fuerza en la rehabilitación de la espasticidad se ha detectado la eficacia y mejora de la coordinación motora fina y gruesa en personas con daños neurológicos en la actualidad existen varios factores que condicionan que la musicoterapia sea efectiva
- **Modulación de la atención**  
La música permite atraer fácilmente otros estímulos sensitivos lo que permite desarrollar más fácilmente la habilidad de la atención
- **Modulación emocional**  
La música tiene la capacidad de modular y transmitir emociones por medio de los sistemas corticales y subcorticales lo que permite adquirir habilidades socioafectivas
- **Modulación cognitiva**  
Mediante el procesamiento musical se llevan a cabo funciones de almacenamiento, codificación y recuperación a nivel cortical
- **Modulación motora conductual**  
La música permite desarrollar patrones de movimiento incluso de manera involuntaria
- **Modulación comunicativa**  
Es utilizada para desarrollar y formar las actividades de comunicación no verbal (Velandia Malagón, 2018)

- **Tratamiento farmacológico de la espasticidad**

Para la reducción del tono, mejorar el movimiento articular y facilitación de la rehabilitación, disminución del dolor y espasticidad se utilizan fármacos especializados que permiten y ayudan al paciente en su proceso ya sea por medio de vía oral, intratecal, intramuscular

- ✓ Vía oral

- **Baclofeno**

análogo estructural de GABA este fármaco estimula los receptores GABA que se encuentran presentes en la asta posterior de la médula espinal

- **Benzodiacepina**

También actúa en los receptores GABA este genera eficacia sobre la espasticidad produce sedación y debilidad

- **Piracetam**

Este se encuentra relacionado químicamente con el GABA mejora la resistencia al movimiento pasivo, la función manual este genera efectos colaterales raros y leves (vomito y nauseas)

- **Dantroleno**

Este actúa sobre la fibra muscular permitiendo la reducción a los espasmos generados e incrementa el arco de movilidad pasiva produciendo efectos colaterales frecuentes y mayor debilidad.

- ✓ Vía intratecal

- **Baclofeno**

- ✓ Vía intramuscular

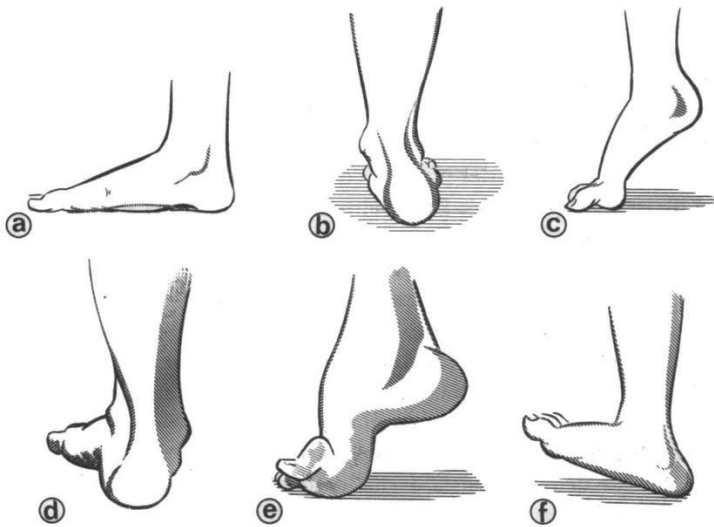
- **Toxina botulínica**

Segura y efectiva se emplea en periodos tempranos de fisioterapia y terapia ocupacional este constituye una estrategia ideal para la reducción de la espasticidad, la aplicación de esta toxina permite mejorar la movilidad, el rango de movimiento, disminuye el dolor, facilita la fisioterapia y el manejo de ortesis, disminuye posibilidad de intervención quirúrgica. (FABIAN MATTOS, 2018)

#### 4.1.2 Pie equino.

El pie equino es una de las malformaciones más comunes, esta se presenta en los miembros inferiores, que genera que la articulación se convierta en una especie de bisagra con un grado limitado de libertad de movimiento, flexión dorsal, flexión plantar en el plano sagital, puesto que el hueso astrágalo es más ancho anteriormente que posteriormente, lo cual nos traduce a mayor movimiento de flexión plantar (\* Quintela-Núñez-Del Prado HM\*\*\* Guerra-Jasso JJ) (Baldiri Prats & vegés Salas)

Los ejes de movimiento de la articulación, realizan movimiento de manera lateral-plantar y posterior a medial y por último dorsal-anterior, debido a los ejes descritos anteriormente este se desvía en una orientación del plano frontal del pie en unos 6 grados y realiza una orientación del plano transverso en unos 10 grados aproximadamente, el movimiento que se ejecuta alrededor de la articulación del tobillo no se puede realizar en un solo plano sino que se trata de un movimiento triplanar es decir el movimiento que realiza principalmente el tobillo es flexión dorsal y plantar esta se acompaña con un ligero movimiento de abducción y pronación generando así una flexión plantar de aducción y supinación (Baldiri Prats & vegés Salas)



*Ilustración VI Nivel de movimiento que ejecuta el pie equino*

Por lo general la amplitud total de movimiento que requiere el tobillo para realizar la función normal en conjunto con el pie durante una marcha oscila en los 30 grados de movilidad total de los cuales se necesita 10 grados para la flexión dorsal y 20 grados para la plantar, una de las dificultades presentadas es la incapacidad de alcanzar los 10 grados necesarios para realizar la flexión dorsal normal son diagnosticados con pie equino



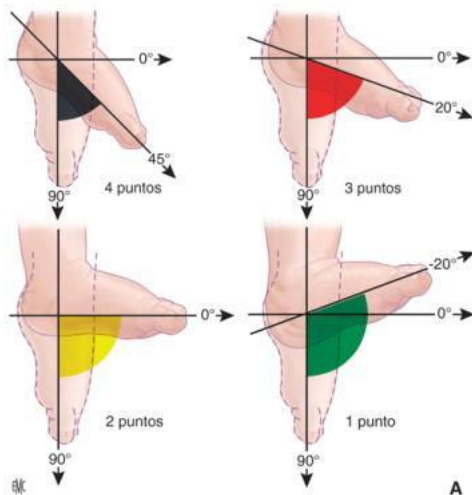
*Ilustración VII Pie equino*

- **Tipos de pie equino**

El pie equino se puede clasificar en diferentes esquemas ya sea relativo o absoluto

- **Pie equino relativo:** este se presenta normalmente cuando cuya movilidad le permite colocar el pie con respecto a la pierna en 90 grados, pero en cambio la rodilla recta no llega a los 20 grados de flexión dorsal
- **Pie equino absoluto:** será aquel que con la rodilla perfectamente recta el pie no realiza el movimiento adecuado y no llega los 90 grados con respecto a la pierna. (Baldiri Prats & vegés Salas)





*Ilustración VIII Angulo de movimiento del pie con hemiparesia espástica*

- **Síntomas del pie equino**

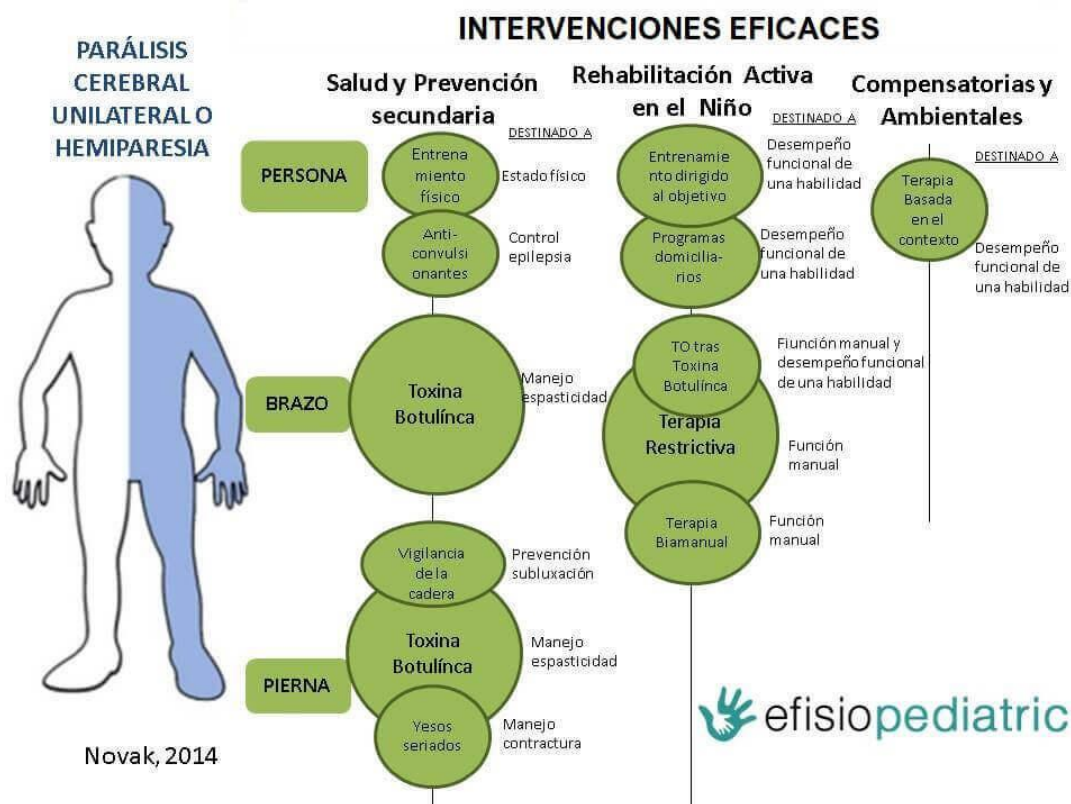
los síntomas más frecuentes presentados en pacientes por lo general niños diagnosticados con hemiparesia espástica con pie equino son

- ✓ Metatarsalgia
- ✓ Hiperqueratosis y helomas ubicados principalmente en la cabeza del primer y segundo metatarsiano
- ✓ Dedos en garra
- ✓ Sesamoiditis (inflamación del cartílago articular que recubre a los sesamoideos generando dolor bajo la cabeza del primer metatarsiano)

**Tratamiento del pie equino**

En la actualidad existe una gran variedad de métodos para la rehabilitación de niños diagnosticados con hemiparesia espástica y pie equino, teniendo como objetivo mejorar la calidad de vida de los pacientes. Entre los profesionales capacitados para realizar estas rehabilitaciones se encuentran logopedas, psicólogos, ortopedas, fisioterapeutas, neuropediatras, todos estos profesionales asisten al paciente según las complicaciones asociadas.

Adicionalmente estos pacientes cuentan con suministros de fármacos que son suministrados por inyección local (toxina botulínica) esta técnica permite relajar tanto los músculos como los tendones disminuyendo así la espasticidad.



*Ilustración IX Intervenciones eficaces en la parálisis cerebral hemiparesia*

### **Toxina botulínica en rehabilitación del pie equino**

Esta toxina es implementada en la rehabilitación de pacientes con pie equino y hemiparesia espástica esta produce un bloqueo selectivo de la liberación de ACH en la unión molecular y por consiguiente disminuye la tonicidad del músculo infiltrado, esta toxina tendrá un efecto terapéutico aproximado de 3-6 meses posterior a este tiempo se reactiva la reinervación. (Rodríguez, 2019)

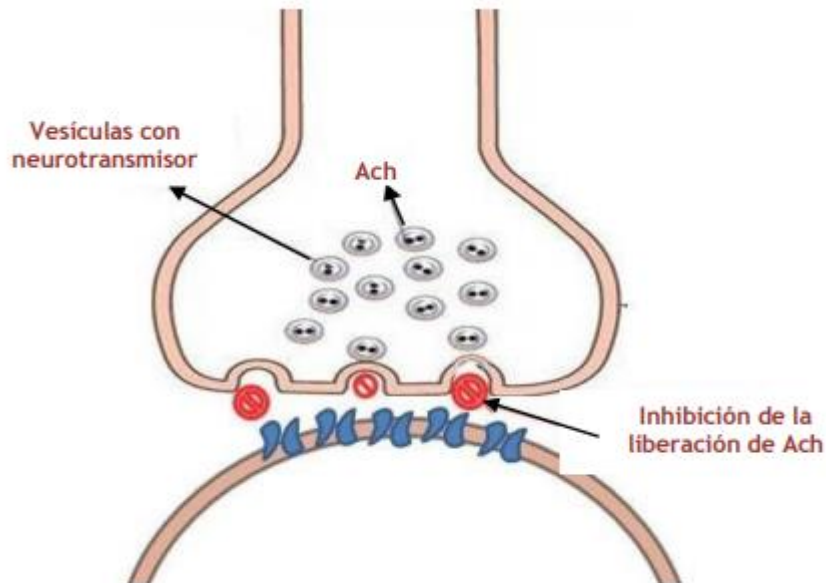


Fig. 10. Mecanismo de acción de la TBA. <sup>(138)</sup>

*Ilustración X Mecanismo de acción TBA*

- **Efectos adversos de la toxina botulínica**

Los efectos colaterales producidos por la toxina son pocos, aunque en ocasiones se pueden evidenciar efectos leves transitorios, por lo general los expertos aseguran que la toxina es “segura”

- **Contra indicaciones del TBA**

- **Absolutas**

- ❖ Alergia al fármaco
      - ❖ Infección local o sistémica
      - ❖ Lactancia y embarazo

- **Relativas**

- ❖ Patología neuromuscular
      - ❖ Coagulopatías
      - ❖ Empleo de aminoglucósidos

- **Efectos positivos en la espasticidad y pie equino**

Los resultados obtenidos tras la aplicación de la toxina empiezan a mostrarse entre los 4 a 7 posteriores, los efectos tienen un rango aproximado de 3 a 6 meses para que la infiltración sea exitosa se tendrán ciertas consideraciones las cuales son:

- Que se infiltre un número limitado de músculos
- Que la espasticidad dificulte o interfiera la función
- Que la contractura sea reductible
- Que la contracción espástica muscular sea la responsable del desequilibrio entre agonistas y antagonistas
- Que aseguremos el estiramiento de los grupos musculares infiltrados con el uso de ortesis o técnicas fisioterapéutica. (Rodríguez, 2019)



*Ilustración XI aplicación miembro inferior (Velazquez Briseño)*

El tratamiento de la toxina botulínica está indicado durante la fase mayor de crecimiento y desarrollo del niño a partir de los años 1 a 4 hasta los 7 años en promedio, dicho tratamiento con toxina botulínica revierte de manera parcial el proceso de acortamiento muscular gracias a la interferencia con los mecanismos de liberación de vesículas de acetilcolina en la unión neuromuscular con la que disminuye el tono muscular, para un mejor resultado se sugiere que la toxina este acompañada por sesiones intensivas de 60 minutos (S. Fabiola García-Sánchez, 2017), adicionalmente para la aplicación de esta toxina se deberá realizar un examen físico detallado que permita al médico tratante tener un panorama amplio de la situación por ende se llegara al punto de punción, se deberá tener un seguimiento riguroso al paciente en los meses posteriores a la infiltración ya que este determinara el nivel de espasticidad en que se encuentra el paciente y la dosificación que se le va a infiltrar nuevamente. (Maya Castillo, Del valle cabrera , Morales Osoario, Arellano Saldaña, & León Hernández)



*Ilustración XII aplicación Botox espasticidad (Roblan, 2018)*

Se Aplican estrategias para implementar el soporte plantar, para tratar la alteración (pie equino) que presente el pie, ya sea el izquierdo o el derecho con compensación total o parcial de la asimetría, si esta no es completa se deberá completar en el calzado por medio de una plantilla a la medida según su necesidad.



*Ilustración XIII Complemento plantilla con calzado*

También se aplican metodologías de rehabilitación mediante el uso de ortesis (férulas) permitiéndole así un mejor manejo las extremidades inferiores, generando bienestar y autonomía a los pacientes que usan estos dispositivos.

Los beneficios de utilizar ortesis son notorios si se maneja de forma correcta y asistido por un profesional, algunos de estos beneficios son:

- Mantiene y mejora la funcionalidad de los miembros inferiores
- Corrige desviaciones articulares
- Favorece la alineación de articulaciones tratadas (Tobillo, talones, rodillas)
- Genera estabilidad en personas con hemiparesia espástica
- Disminuye el eje de desviación del tobillo (pie equino)



*Ilustración XIV Uso de férula en pie*



*Ilustración XV Fotografías de ortesis y su uso*



Estos tratamientos serán complementados con sesiones tempranas de fisioterapia, donde al paciente se le realizarán una serie de ejercicios que le ayudarán a mejorar y reactivar los huesos y músculos del pie, entre esos ejercicios están precalentamiento físico, estiramiento de los miembros inferiores, electroestimulación, hidroterapia, entre otras.



*Ilustración XVI Tipos de ejercicios*

## 4.2 MARCO LEGAL

**Constitución Política. Artículo 49.** La atención de la salud y el saneamiento ambiental son servicios públicos a cargo del Estado. Se garantiza a todas las personas el acceso a los servicios de promoción, protección y recuperación de la salud. ... Toda persona tiene el deber de procurar el cuidado integral de su salud y la de su comunidad.

**La Corte Constitucional, mediante la Sentencia T-881/02,** ha determinado que el Derecho a la vida digna y dignidad humana en Colombia debe regirse por lo siguiente: ... La dignidad humana entendida como intangibilidad de los bienes no patrimoniales, integridad física e integridad moral (vivir sin humillaciones).

**La Constitución Política de Colombia en los artículos 161, 182, 193 y 204,** consagra dentro de los derechos fundamentales, el derecho al libre desarrollo de la personalidad y a la libertad de conciencia, de cultos y de información, derechos que soportan el consentimiento informado, el cual se puede manifestar en diferentes ámbitos.

**ley 23 de 1981,** conocida como Ley de Ética Médica, en la cual se consagra el principio general de que ningún médico intervendrá, ni clínicamente ni quirúrgicamente a un paciente, sin obtener su previa autorización.

**LEY 23 DE 1982 SOBRE DERECHO DE AUTOR.** Artículo 1°. Los autores de obras literarias, científicas y artísticas gozarán de protección para sus obras en la forma prescrita por la presente Ley y, en cuanto fuere compatible con ella, por el derecho común.

**LEY 100 DE 1993, ARTICULO 1** y subsiguiente.

**Ley 842 de 2003** por el cual se reglamenta el ejercicio de la ingeniería y sus profesiones afines.

**RESOLUCION NÚMERO 434 DE 2001:** Por la cual se dictan normas para la evaluación e importación de tecnologías biomédicas, se define las de importación controlada.

### **ARTICULO TERCERO: DEFINICIONES**

**DISPOSITIVO o EQUIPO BIOMEDICO TERAPÉUTICO.** Cualquier tecnología biomédica activa utilizada solo o en combinación con otras tecnologías biomédicas, destinada a sostener, modificar, sustituir o restaurar funciones o estructuras biológicas en el contexto del tratamiento o alivio de una enfermedad, lesión o deficiencia.

**DISPOSITIVO Y EQUIPO BIOMÉDICO.** Cualquier Instrumento, aparato, artefacto, equipo u otro artículo, utilizado solo o en combinación incluyendo sus componentes, partes accesorios y programas informáticos que intervengan en su buen funcionamiento, fabricado, vendido o recomendado para uso en los numerales 1, 2 y 3:

1. Diagnóstico, control, tratamiento curativo o paliativo, alivio o compensación de una lesión o una Deficiencia, o prevención de una enfermedad, trastorno o estado físico anormal o sus síntomas, en un ser humano.
2. Investigación, sustitución o modificación de la anatomía o de un proceso fisiológico.
3. Restauración, corrección o modificación de una función fisiológica o estructura de un ser humano.

#### **ARTÍCULO CUARTO. DE LOS COMPONENTES DE LA TECNOLOGÍA**

**BIOMÉDICA.** La tecnología biomédica comprende los equipos biomédicos, los dispositivos biomédicos, el instrumental médico, los procedimientos médico - quirúrgicos, los medicamentos que se utilizan en 1a prestación de los servicios de salud y los sistemas de información para la atención en salud.

#### **ARTÍCULO QUINTO. CLASIFICACIÓN DE LOS EQUIPOS BIOMÉDICOS POR**

**RIESGO.** Teniendo en cuenta la clasificación internacional de equipos biomédicos, en las clases 1, IIA, 118 Y 111 y acorde con los riesgos implícitos en su uso, los equipos biomédicos se clasifican así:

1. Equipo biomédico de riesgo alto las clases IIB y 111
2. Equipo biomédico de riesgo medio la Clase IIA
3. Equipo biomédico de riesgo bajo la Clase I --

**DECRETO 1767 DE 1990:** que el desarrollo científico y tecnológico es un soporte fundamental del proceso de modernización de la sociedad, tendiente a garantizar mejores condiciones de crecimiento económico, bienestar social y aprovechamiento de los valores culturales de la nación.

### **4.3 Antecedentes**

#### **4.3.1 Ortesis mecatrónica para terapias en pacientes con lesiones neuromusculares de mano.**

Se puede evidenciar que existen prototipos de ortesis en otras extremidades del cuerpo, aplicando tecnología mecatrónica que ayuda al fortalecimiento de los músculos de la mano. Esta ortesis es creada para articular toda la mano con la ayuda de sensores, máquinas 3D y otros dispositivos que le permiten al paciente ser asistido en su proceso de rehabilitación, adicionalmente esta cuenta con una aplicación móvil que le permite mover libre e independientemente los dedos de la mano, o si esta quiere realizar uno de los movimientos básicos de la mano como lo es el movimiento en garra. (Herandez perez, 2014)

El dispositivo tuvo múltiples pruebas, donde se midieron la fuerza de agarre, la calibración de los sensores, la tensión que generaba en los dedos, teniendo unos resultados satisfactorios para su creador, este dispositivo en un futuro se pretenderá adaptar a cualquier mano y mejorar el material de construcción

#### **4.3.2 Rehabilitación de la mano con órtesis robóticas.**

Presentan un proceso de rehabilitación de los pacientes que sufren pérdida funcional de la mano posteriores a eventos traumáticos. Esta investigación se llevó a cabo en la ciudad de Manizales, donde se seleccionaron dos pacientes que presentaron eventos traumáticos (lesión medular nivel C6 y fractura de mano), se utilizó valoración medica por parte de fisiatras, quienes ayudaron a determinar los niveles de dolor generados por estos traumatismos y posteriormente se intervino con ingeniería biomédica asistida por ortesis robótica, los instrumentos utilizados en esta investigación fueron los siguientes: Historia clínica, Escala DASH, Escala visual análoga de dolor (EVA) y Goniómetro (Gomez Rendon, Moreno arango, Gil henao, & Orozco Tellez, 2016)

El primer dispositivo denominado EMMRA-1 consiste en un exoesqueleto de mano y muñeca, este tiene el objetivo de rehabilitar al paciente en la manipulación de objetos, cuenta con 3 interfaces ortesis de pie (guante de cuero y neopreno, ortesis pasiva (piezas de acrílico articuladas) y la utilización de servomotores, también se le implemento reconocimiento por voz y electromiografía de superficie y es alimentado por una fuente de certificación médica. Este dispositivo tiene aplicaciones de rehabilitación pasiva en casa, permitiéndole al paciente tener un control asistido de la mano (abrir, cerrar, agarrar, soltar) y una manipulación asistida de objetos, este prototipo tuvo una acogida reconfortante, ya que se pudo percibir que el paciente tuvo una mejoría en su proceso de rehabilitación por medio de las escalas EVA y DASH, donde en una fase inicial se valoró al paciente en la escalas DASH en 83.33 y en la escala EVA de 3, luego de la utilización del prototipo se evidenciaron mejorías notorias en el movimiento de la mano como en

la autoestima del paciente, luego se valoró nuevamente al paciente arrojando 63.33 en la escala DASH y disminuyó el dolor articular a 0 en la escala EVA.

Adicionalmente se creó otro prototipo biomédico que ayuda a la rehabilitación del segundo y tercer dedo de la mano, este dispositivo es controlado mediante software, donde se intervino al paciente creando un plan de terapias de 15 sesiones y 2 sesiones asistidas por el dispositivo generando resultados satisfactorios, luego de dos meses de utilización se pudo evidenciar la disminución del dolor y mejor función de la mano

#### **4.3.3 Propuesta de un nuevo diseño de órtesis postratamiento de pie equino varo congénito.**

Este Artículo nos presenta un caso de un paciente diagnosticado con pie equino a muy temprana edad, puede tener una recuperación muy satisfactoria utilizando métodos y dispositivos que ayuden a mejorar su problema, ya que estos pacientes se encuentran en etapa de desarrollo lo que les permite moldear su cuerpo más fácilmente, corrigiendo los errores presentados por esta enfermedad. (Campo salazar & Montenegro Muñoz, 2018)

En este artículo se plantea un modelo de ortesis que emplea el método de Ponseti, que consiste en la manipulación del pie por medio de la aplicación de yesos que van redireccionando el pie para alinearlo con la pierna y corregir la posición del varo, adicionalmente este tratamiento es acompañado por una cirugía de alargamiento del tendón de Aquiles que termina de corregir el equinismo.

La ortesis propuesta se da ya que se evidenció una reaparición de la deformidad en los pacientes, ya que el método de Ponseti no se realizó correctamente, ni en los tiempos preestablecidos (tres meses recomendados), adicionalmente se tuvo unos resultados bastante prometedores donde se pudo corregir el pie en un 27 %, este tuvo una adaptación mayor en los pacientes ya que era fácil de poner y mucho más ergonómico que las convencionales.

#### **4.3.4 Diseño de ortesis de miembro superior aplicable a rehabilitación y como exoesqueleto.**

Este artículo nos presenta más que un diseño de ortesis un acercamiento mucho más profundo al diseño de bisagras optimizadas para las ortesis, esta parte es fundamental en el desarrollo de férulas articuladas ya que uno de los objetivos de estas, es permitirle al paciente el libre movimiento de sus extremidades inferiores, el uso de una férula convencional es un poco frustrante ya es muy incómoda a la hora de utilizar y esta es una de las causas de la no utilización de las mismas, por ende se reactiva la enfermedad. Esta nos muestra un diseño que se ajusta al brazo permitiendo una mejor movilidad donde se conceptualizan y se aplican mecanismos para el diseño de estas. (Milián & Garcia Muñoz, 2017)

#### **4.3.5 Efectividad de la terapia robótica en la función de la mano espástica del adulto con hemiplejía. revisión sistemática”.**

Este artículo nos presenta una revisión sistemática de literatura donde expone los beneficios y herramientas disponibles en la actualidad sobre el tema de la rehabilitación por medio de la robótica en las manos abordando todos los temas necesarios que nos permiten evaluar y mirar los beneficios que este nos da en los pacientes diagnosticados con hemiplejía en los miembros superiores, también nos permite visualizar los apartados que componen la robótica como lo son control motor, aprendizaje motor generando métricas y resultados que nos permiten valorar y almacenar información que se realiza mediante el movimiento (posición , velocidad y fuerza ) permitiendo tomar decisiones sobre el estado actual de la rehabilitación del paciente, adicionalmente este artículo nos presenta una serie de dispositivos y controladores diseñados para medir y controlar los parámetros del ejercicio este caso el controlador Colombo este nos permite seleccionar parámetros de amplitud de movimiento, modalidad de asistencia y sub movimientos generando un esquema de rehabilitación mucho más personalizado y basado en el paciente. (Meneses Castaño & Peñaloza Peñaranda, 2017)

#### **4.3.6 La realidad virtual como tratamiento para la mejora del equilibrio y del patrón de marcha en niños con diplegia espástica: una revisión sistemática.**

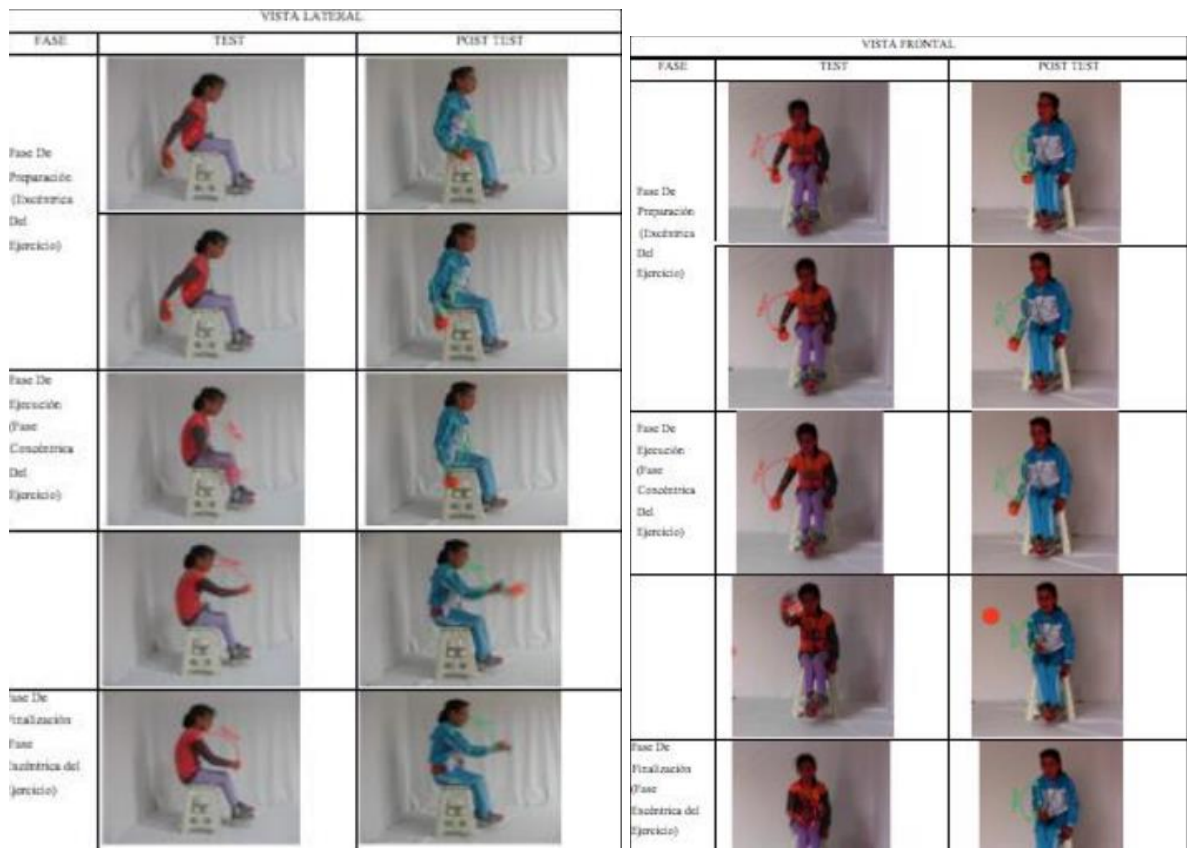
Este artículo nos deja ver un como la realidad virtual actúa como rehabilitador en niños diagnosticados con parálisis cerebral este nos permite observar cómo la realidad virtual actúa en los ejercicios del niño permitiéndole simular actividades realizadas cotidianamente mediante juegos interactivos virtualizados pudiéndole fortalecer sus habilidades tanto cognitivas como motoras estas técnicas generan un feedback tanto visual , como auditivo permitiéndole al niño coger conciencia de los movimiento que se está llevando a cabo con los ejercicios generando resultados positivos en los pacientes que utilizan la realidad virtual como rehabilitador estos resultados son :

Los pacientes anticipan movimientos involuntarios, fortalecieron la recepción del movimiento y mejoraron su equilibrio. (Jumenes Miras, 2017)

#### **4.3.7 Tratamiento de la Parálisis Cerebral Tipo Cuadriplejia Espástica Moderada en Niños Mediante el Uso de Medios Tecnológicos.**

Este articulo nos presenta un método de rehabilitación mediante el uso de medios tecnológicos y video juegos es este caso la consola WII esta consola consta de controles y mandos interactivos que permiten que el paciente haga movimientos como lo son de lanzamiento y percepción esta prueba tuvo una duración de cuatro semanas aproximadamente donde el paciente evaluado tuvo significativas mejoras tanta coordinación motriz y otros factores que mejoran la espasticidad del paciente. (Medina \_Escarraga , 2017)

El uso de consolas de video juegos para la rehabilitación de estas patologías en la actualidad está tomando un papel fundamental ya que permite simular entornos y crearlos personalizados según la necesidad del paciente como se puede observar en la siguiente imagen que nos demuestra los beneficios de uso de los videojuegos en el proceso de rehabilitación de los pacientes diagnosticados con estas patologías



*Ilustración XVII monitoreo y comprobación después del uso de videojuegos*

#### **4.3.8 El ritmo como ayuda terapéutica en niños con hemiparesia.**

Este artículo nos presenta como por medio de la música se puede ayudar en el proceso de rehabilitación de pacientes diagnosticados con hemiparesia permitiendo generar unos efectos positivos tanto en el balance como en la estimulación sensorial que esta genera en el paciente dando como resultado mejorar las habilidades y destrezas tanto a nivel de motricidad como de coordinación. (Velandia Malagón, 2018)

#### **4.3.9 Uso de la robótica y la tecnología en la rehabilitación de la marcha en niños con parálisis cerebral infantil: revisión narrativa.**

Este artículo nos deja percibir como la mediante el uso de ortesis robótica y herramientas tecnológicas en el tratamiento de pacientes con parálisis cerebral ayuda y mejora tanto a nivel cognitivo como motriz dando como resultado que este tratamiento es mucho más efectivo que el convencional, adicionalmente el uso de ortesis robótica permite al paciente mejorar significativamente su marcha, control motor y postura permitiendo así que el paciente tenga una autonomía mucho más eficaz y duradera ( Rodríguez Fernández, 2019)



#### **4.3.10 Efectos agudos de la crioterapia sobre la transferencia de peso en sujetos con hemiparesia espástica crónica.**

Este artículo nos presenta como la crioterapia y uso mancomunado de terapia convencional permite que el paciente pueda reducir la tensión generada por la espasticidad, aplicando técnicas y metodologías basadas en el uso del hielo permitiendo Así que el paciente obtenga resultados de forma paulatina, permitiendo así que este reduzca su tono muscular sin alterar su percepción, posteriormente con el uso de crioterapia esta me permite mejorar tanto los niveles de bipedestación como sedestación. En las siguientes imágenes se podrán visualizar los efectos positivos del uso de la crioterapia en pacientes (Hudson Azevedo Pinheiro, D.Sc, Hellen Cristina Sousa de Oliveira, aqueline Sousa Barroso, & Renan Fange)



*Ilustración XVIII Uso de crioterapia en paciente*



*Ilustración XIX mejoras tras el uso de la crioterapia*

## 5.METODOLOGÍA

### 5.1 Tipo de trabajo

Este proyecto corresponde a una investigación interactiva ya que, según Hurtado<sup>1</sup>, ella se caracteriza por ser una investigación de forma planificada cuyo objetivo consiste en modificar el evento estudiado, generando y aplicando sobre él una intervención estrictamente diseñada donde el investigador quiere sustituir el estado actual del evento y modificarlo según sus necesidades, seguidamente la investigación-acción es una de las modalidades más utilizadas en la investigación interactiva ya que fundamentalmente está orientada en incorporar la participación de la comunidad estudiada

En él se incluyeron aspectos de las disciplinas como gestión del conocimiento, informática y computación, ciencias de la salud.

El proyecto está avalado por el Grupo de Investigación grupo de investigación y desarrollo de informática y telecomunicación GIDIT en su línea TIC aplicadas a la salud y la educación

### 5.2 Procedimiento

El proyecto se realizó en cuatro fases, así:

#### 5.2.1 Identificación de los antecedentes directos e indirectos.

Se realizó un recorrido por las diferentes bases de datos institucionales, tanto públicas como privadas, y diferentes revistas especializadas permitiendo recabar información referente al tema de investigación esto con el fin de conocer mucho las a fondo la temática investigada, permitiendo así visualizar los antecedentes que otros autores han realizado con éxito donde se pudo comparar y mejorar.

- **Actividad 1. Buscar información sobre el síndrome y su tratamiento.**

Se ubicó información en los artículos referentes al tema mediante la búsqueda en las diferentes bases de datos de las distintas instituciones tanto públicas como privadas y revistas permitiendo así recolectar información de suma importancia para el proceso de rehabilitación de los niños diagnosticados con hemiparesia

---

<sup>1</sup> Hurtado Barrera, Jacqueline. Metodología de la investigación Holística, 1998.p. 139-140

espástica y pie equino donde se aplicaron palabras clave como ortesis robótica, pie equino, crioterapia, parálisis cerebral, hemiparesia espástica entre otros, en conjunto con los operadores lógicos AND, NOT, OR. Adicionalmente, se aplicaron técnicas en los motores de búsqueda de dichas bases de datos como lo fue escribir las palabras clave seguidas de un + permitiendo así la búsqueda de artículos mucho más exactos sobre el tema investigado, todos los documentos vistos se guardaron en el gestor bibliográfico Mendelay, permitiendo crear una pequeña base de datos de los artículos que se fueron encontrando, se utilizaron las bases de datos *Oxford University Press*, *Multilegis*, *UNESCO*, *Springer Journals* entre otras que se encuentran en la plataforma de la Universidad de Manizales y *Google scholar*.

**Actividad 2. Análisis de información.** Se revisaron los artículos y escritos obtenidos de las diferentes bases de datos referentes al tema de investigación y afines entre los cuales se encontraron los siguientes artículos que tomaron relevancia a la hora de la búsqueda estos son: (Ortesis mecatrónica para terapias en pacientes con lesiones neuromusculares de mano), (Rehabilitación de la mano con ortesis robóticas), (Propuesta de un nuevo diseño de ortesis postratamiento de pie equino varo congénito), (Diseño de ortesis de miembro superior aplicable a rehabilitación y como exoesqueleto), (efectividad de la terapia robótica en la función de la mano espástica del adulto con hemiplejía. revisión sistemática”) con esto se recabo información, permitiendo tener un panorama mucho más amplio de dichas patologías, donde se puede observar que hay diferentes tipos de prótesis y bisagras que si bien es cierto algunos no son para la patología investigada, permitió servir como base para el diseño de una férula articulada dándonos un primer acercamiento.

### **5.2.2 Fase 2. Diseño de férula con aplicaciones tecnológicas e informáticas**

Se diseñó un boceto de férula inteligente a mano alzada también se usaron herramientas de software y microcontroladores como lo son Arduino IDE, Tinkercad y fritzing, permitiendo simular el funcionamiento de los elementos de microcontroladores para que así a la hora del ensamblar todos los componentes no se tenga algún imprevisto, estos softwares permiten ensamblar dichos dispositivos de forma virtual dándonos una aproximación muy cercana a la realidad de lo que se quiere realizar.

**Actividad 1. Construir el boceto de la férula inteligente.** se realizó el diseño de una férula inteligente que mejore la movilidad en pacientes con hemiparesia espástica y pie equino aplicando y haciendo uso de la tecnología y herramientas de microcontroladores. este boceto constó de tres partes, una ubicada en la parte de atrás de la rodilla, la segunda que baja hasta donde se encuentra el tobillo y otra compuesta por el pie de apoyo donde está ubicado el sensor de presión, adicionalmente se contó con un sensor de movimiento que está ubicado en la parte trasera de la pierna, un servomotor que está ubicado en la parte del tobillo, la parte que conectara el tobillo con el pie de apoyo, está compuesta de bisagras

diseñadas especialmente para la articulación de estas partes, fueron plasmadas en dos bocetos uno primeramente experimental donde se hizo el primer acercamiento a las funcionalidades del prototipo y uno ya mucho más elaborado donde se pudieron observar las diferentes posiciones de los microcontroladores y servomotores, adicionalmente las bisagras se fueron adaptando y corrigiendo en el boceto. Estos bocetos se realizaron a mano alzada.

Se empezó a bocetar donde lo primordial era colocar todos los dispositivos electrónicos, conexiones e implementar soluciones para que fuera más fácil a la hora de crear el prototipo.

Sobre el boceto de férula, se ubicaron las partes mecánicas, allí se verificó como se podrían acomodar y ver el prototipo, después el sistema de movimiento será dirigido por una parte fija y una móvil donde el acelerómetro ubicado en la parte trasera de la férula, dará señal para accionar el mecanismo de los servos motores, facilitando el movimiento angular del pie.

De cierto modo el prototipo dio una visión más general de lo que se quiere lograr y a donde llegar, para luego tener una idea desarrollada para la creación del dispositivo.

### **5.2.3 Fase 3. Construcción de férula con aplicaciones tecnológicas e informáticas**

construcción de férula inteligente haciendo uso de moldes, dispositivos electrónicos y microcontroladores

**Actividad 1. Crear software.** para el funcionamiento de la férula se empleó el dispositivo Arduino, donde se creó el software que permita el control y la recopilación de datos y funcionamiento tanto de los sensores como de los motores

**Actividad 2. Modelado férula** Se realizó en un molde hecho con panel de periódico y cartón esto con el fin de evaluar tanto el funcionamiento de las bisagras como los motores para esto se utilizó una férula de molde y se recubrió de papel periódico y se dejó secar por un promedio de 2 días

**Actividad 3. Crear Bisagras** Una vez se creó el molde se comenzó a crear las bisagras de la parte superior que conecta la rodilla con la pierna que están compuestas de dos laminas metálicas que están superpuestas y están atornilladas una con la otra de manera que se pueda evidenciar la articulación de las dos partes, posteriormente se creó la bisagra que conectó el tobillo con el pie de apoyo, esta constó de igual manera de dos láminas metálicas que irán superpuestas y unidas por medio de tornillos, adicionalmente se empleó una tercera lamina ubicada en el tobillo esto con el fin de ayudar al servomotor a realizar el movimiento del pie de apoyo

**Actividad 4. Ensamble** Una vez creada todas las piezas necesarias para la férula se comenzó a ensamblar en el molde, inicialmente se ensambló las bisagras de la parte de la rodilla y del tobillo verificando que exista un movimiento en las dos uniones del molde, seguidamente se instaló el servomotor a la altura de la bisagra del tobillo en la parte media del molde, posteriormente se conectó una placa metálica que va unida a la parte inferior del molde donde va el pie y se verificó que esta haga un movimiento suave de forma vertical

En la parte posterior del segmento medio del molde se instaló el Arduino el cual irán conectados el sensor de movimiento, el servomotor y el sensor de presión.

#### **5.2.4 Fase 4. Evaluación del desempeño del funcionamiento del molde y su aplicabilidad.**

Se evaluará el desempeño del molde una vez instalados de los diferentes componentes y se evaluará la aplicabilidad de dicho prototipo

**Actividad 1. Evaluar desempeño motor** Se evaluó el desempeño del servomotor y de la unión metálica, donde se observó que este tuvo fuerza suficiente para producir el movimiento que se busca en la parte inferior del molde donde va ubicado el pie

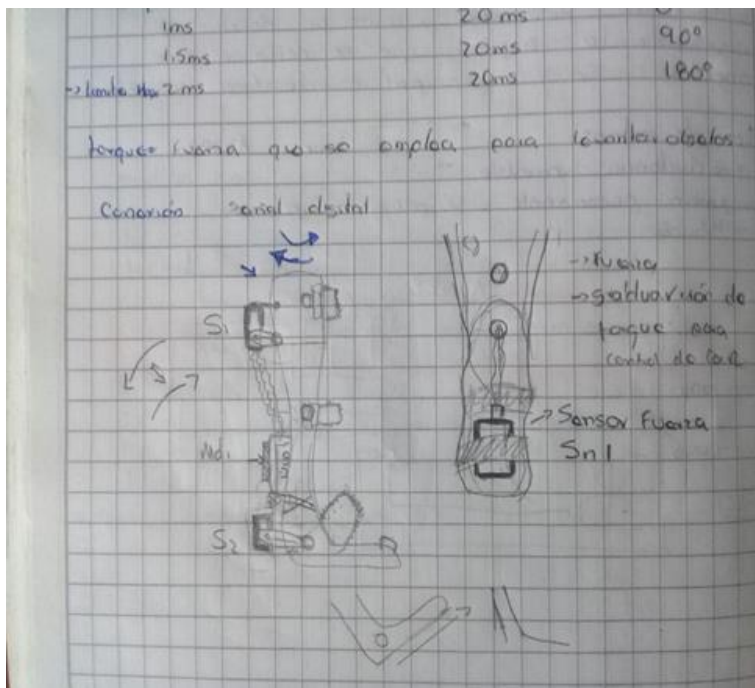
**Actividad 2. Evaluar desempeño sensor** Se realizó la evaluación del sensor de movimiento, que este se encuentre bien calibrado y configurado, que unido al Arduino den como resultado la activación del servomotor que produce el movimiento del pie de apoyo

**Actividad 3. Evaluar en paciente el prototipo** Una vez calibrado todo el componente y que estos funcionen correctamente se evaluarán en un paciente la aplicabilidad del prototipo esto con el fin de recabar información sobre el la creación y ensamble del prototipo.

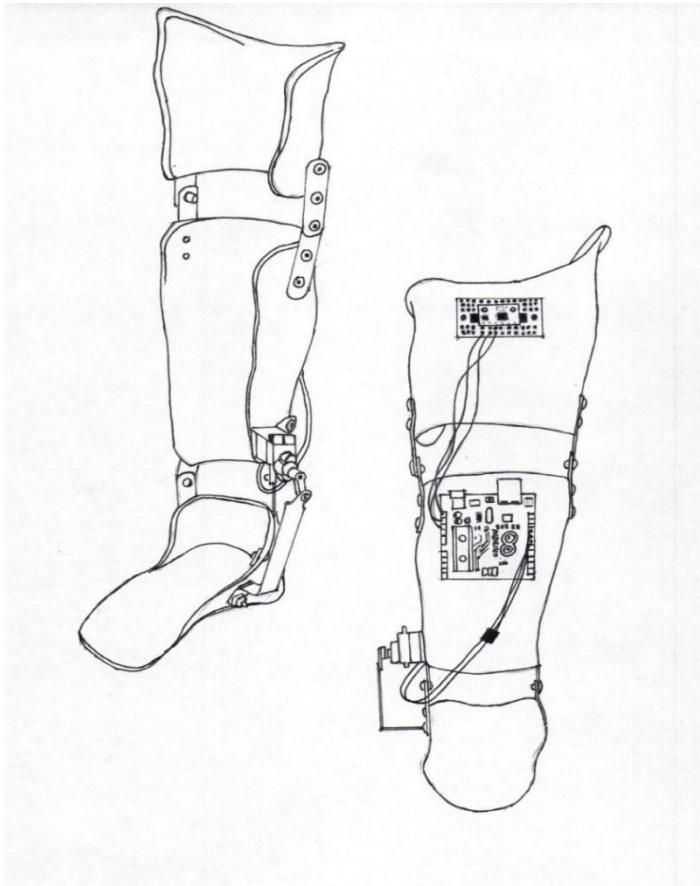
## 6. RESULTADOS

### 6.1 Descripción de resultados

Uno de los resultados de igual importancia obtenidos en este proyecto es la obtención del boceto de una férula tecnológica a partir de los antecedentes obtenidos durante la investigación, donde se puede observar los elementos que la componen, tanto los mecánicos como los electrónicos y sus respectivas posiciones. A partir de este se crea el primer acercamiento para la realización de un prototipo inicial como se muestra en las siguientes figuras:



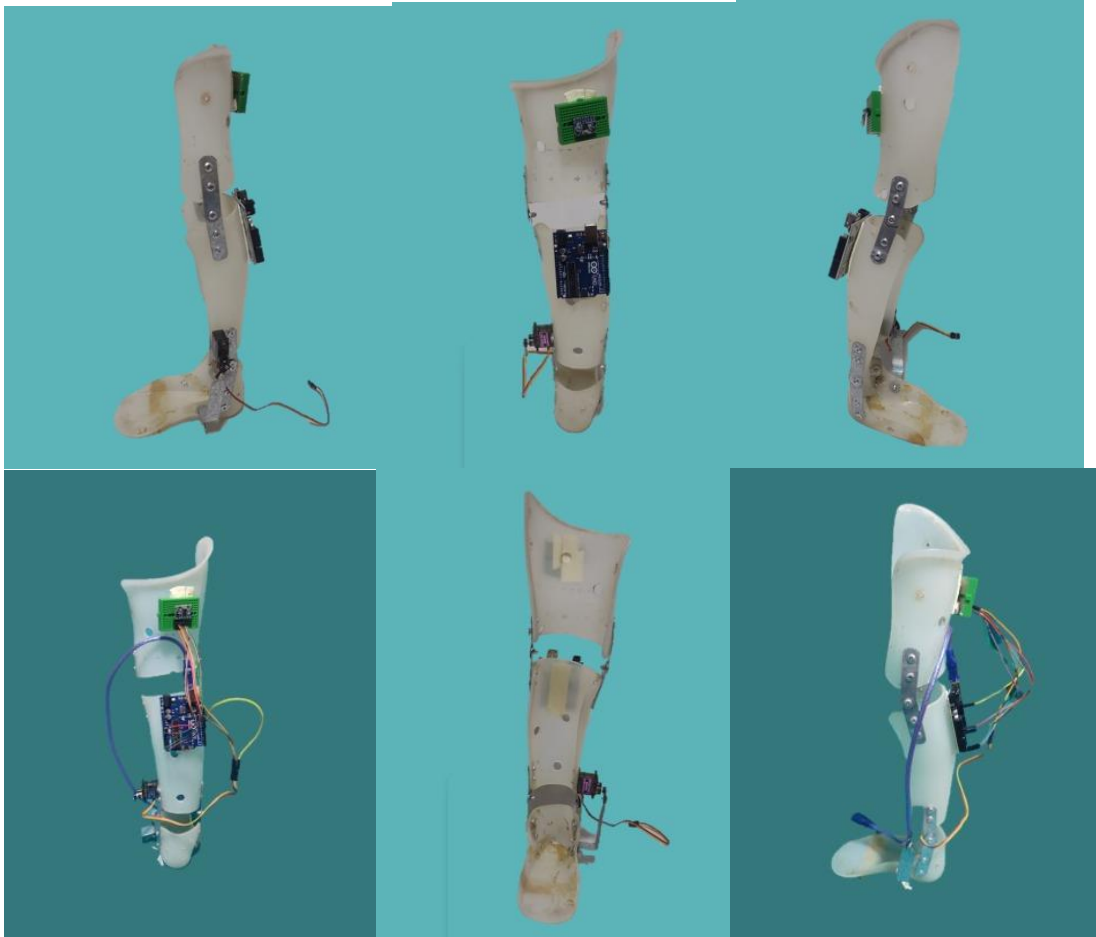
*Ilustración XX Boceto inicial del prototipo*



*Ilustración XXI Boceto más detallado y elaborado a partir del boceto inicial*

En los bocetos se pueden identificar tres partes móviles, unidas con bisagras, una ubicada en la parte trasera del muslo, que va hasta la parte inicial de la rodilla, el segundo segmento está ubicado en la parte posterior de la pierna, iniciando desde la parte inferior de la rótula, llegan hasta el tobillo, y un tercer y último segmento conformado por una base de apoyo para el pie, el cual cubre desde el tobillo, la planta del pie y los dedos. En el primer segmento ubicamos en la parte posterior un sensor de movimiento el cual permite identificar un Ángulo de inclinación de la pierna y activa el servo motor, en el segundo segmento en su parte posterior ubico la controladora Arduino que permite el manejo y control de todas las partes electrónicas de la férula, en el tercer segmento se ubicó el servo motor y las diferentes líneas de movimiento para el pie, estos tres segmentos estarán unidos por bisagras especialmente diseñadas para permitir el movimiento natural de las articulaciones de estas partes, cada una de las partes anteriormente descritas fueron plasmadas en dos bocetos donde se señala la ubicación exacta de los elementos que conformaran el prototipo, adicionalmente las bisagras se fueron adaptando y corrigiendo en el boceto. Estos bocetos se realizaron a mano alzada con herramientas básicas como borrador, lápiz y regla.

Uno de los resultados más importantes obtenidos en este proyecto es la obtención del prototipo inicial a partir de los bocetos establecidos y diseñados a lo largo de esta investigación esto permitió evidenciar el funcionamiento real de las piezas y motores que se utilizaron para el ensamble del prototipo, dando un paso importante para la rehabilitación de niños diagnosticados con hemiparesia espástica y pie equino como se mostrara a continuación.



*Ilustración XXII Prototipo Férula*



**CREACIÓN:** Se comienza a trabajar en el desarrollo del prototipo con base al diseño del boceto establecido se tomó el molde de la férula, se planea el cómo debía estar posicionadas cada parte de la cual se compone.

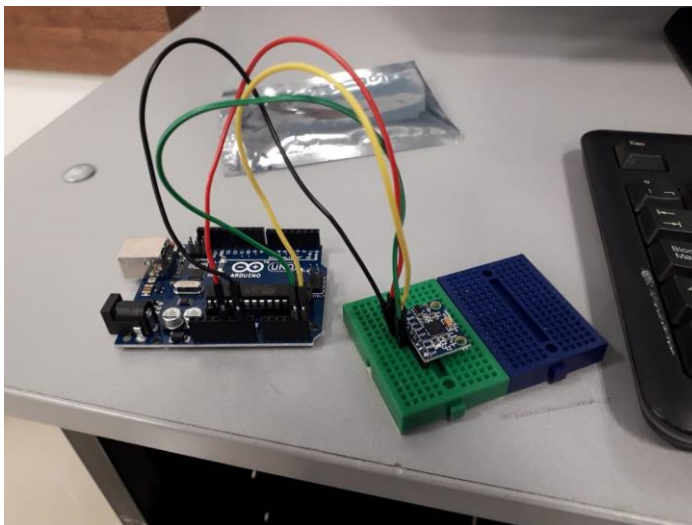


*Ilustración XXIII Prototipo hecho en cartón de la férula*

*Ilustración XXIV Molde férula*

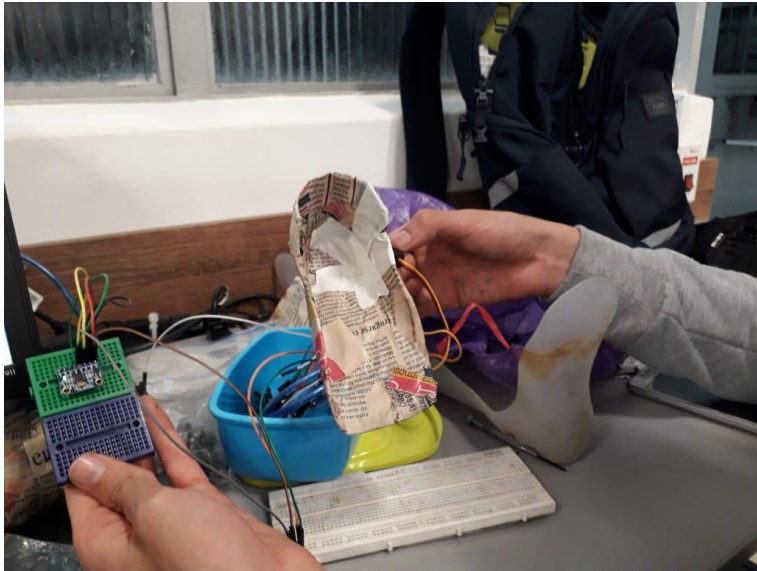
Con los materiales se comienza a colocar en sus respectivas posiciones, teniendo en cuenta como acomodar los servos, la placa Arduino, el acelerómetro y el sensor de presión.

Teniendo la base que es el pie, era solo tomar las demás partes y colocarlas para que funcionen de forma óptima.



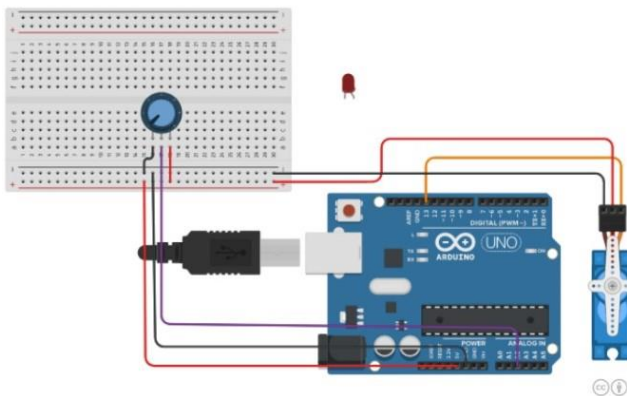
*Ilustración XXV Conexión Dispositivo Arduino y acelerómetro*

Con todas las piezas en su lugar se pudo lograr el objetivo planteado, que el acelerómetro controle la velocidad angular del servo ubicado en la parte inferior del molde del pie.



*Ilustración XXVI Prueba circuito en prototipo de papel cartón*

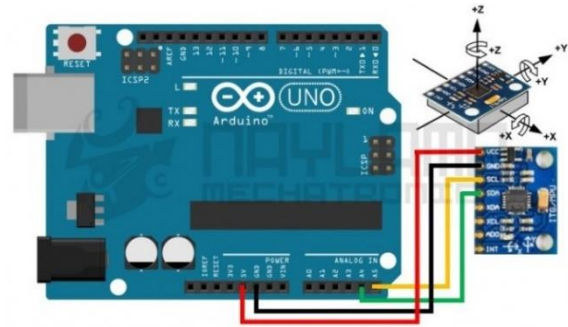
El servomotor es un dispositivo electromecánico que permite ejercer torques de precisión cuando se necesita, es versátil y permite adaptarse a todo tipo de aplicaciones, este es manejado por pulsos eléctricos mediante el microcontrolador de Arduino, controlando los valores de velocidad angular de este dispositivo



**Diagrama de Conexión – Servomotor Imagen tomada de TINKERCAD.io**

Por su parte el acelerómetro concretamente el controlador MPU6050 es un dispositivo que combina un acelerómetro y un giroscopio de tres ejes, este permitió ayudar a medir la velocidad angular, se relaciona estrechamente con el servomotor de tal forma que permite controlarlo de forma precisa.

**Diagrama conexión – Acelerómetro MPU6050, Imagen tomada de naylampmechatronics.com**

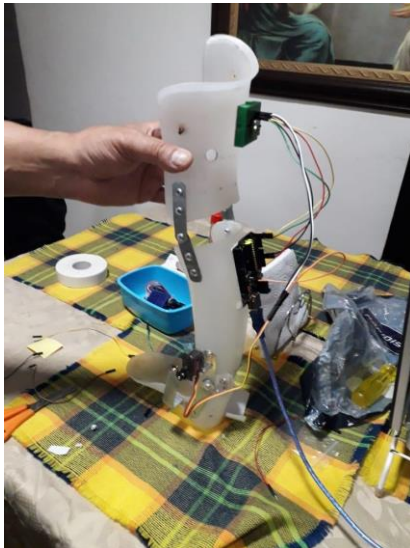


### **Funciones principales**

Al combinar ambos dispositivos tenemos la principal funcionalidad del prototipo, que es ayudar al paciente a recuperar la movilidad natural de su pierna ayudando al proceso de rehabilitación del pie equino y hemiparesia espástica.

El servomotor sirve de apoyo para el pie, para que lo ayude a ejercer la fuerza necesaria para levantarlo sin comprometer los tendones ni demás partes de la pierna.

El acelerómetro controlara gracias al controlador MPU6050 la velocidad angular del motor ubicándose en la parte inferior de la férula



*Ilustración XXVII Prototipo Armado*

## Plano electrónico

Aquí se presentan los diagramas tanto eléctricos como electrónicos del proyecto, además la conexiones tanto en la placa, como en el Arduino de los dispositivos electrónicos

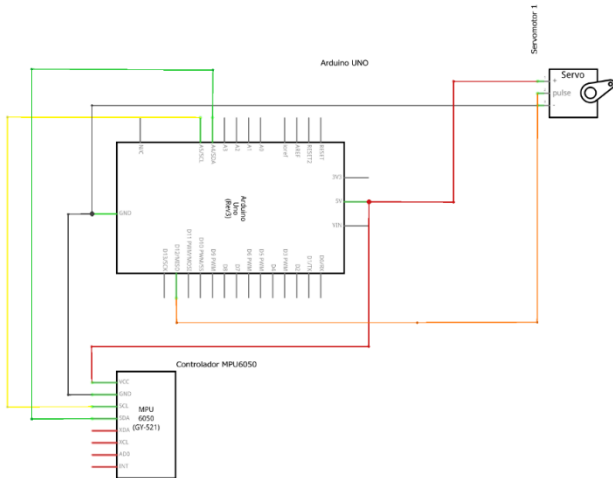
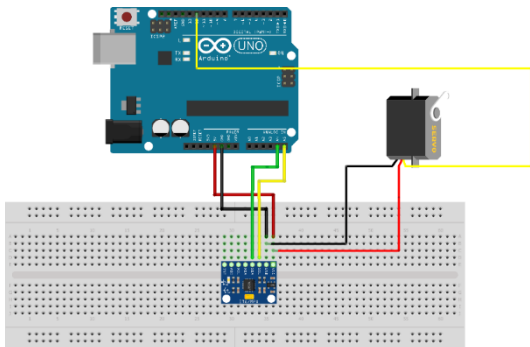


Imagen creada por FRITZING – plano esquemático

fritzing



fritzing

*Ilustración XXVIII Imagen creada por FRITZING – diagrama de conexión, controlador MPU6050 – Servomotor -Arduino*

## Algoritmo para el movimiento de la férula

Adicionalmente se creó el script que permite el funcionamiento de los motores y la integración de este con el sensor de movimiento, el código permite la calibración del sensor por medio de ángulos de movimiento los motores se activan e inicial todo el proceso de articulación del pie.

```
1 #include <Servo.h>
2 #include <Wire.h>
3 #include <MPU6050.h>
4 #include <Servo.h>
5 Servo sg90;
6
7 int servo_pin = 12;
8
9 MPU6050 sensor;
10
11 int16_t ax, ay, az;
12
13 int16_t gx, gy, gz;
14
15 void setup ()
16 {
17   sg90.attach ( servo_pin );
18   Wire.begin ();
19   Serial.begin (9600);
20   Serial.println ( "Initializing the sensor" );
21   sensor.initialize ();
22   Serial.println (sensor.testConnection () ? "Successfully Connected" : "Connection failed");
23   delay (1000);
24   Serial.println ( "Taking Values from the sensor" );
25   delay (1000);
26 }
27
28 void loop ()
29 {
30   sensor.getMotion6 (&ax, &ay, &az, &gx, &gy, &gz);
31
32   ax = map (ax, -17000, 17000, 0, 180);
33
34   Serial.println (ax);
35
36   if (ax > 20 && ax < 25){
37     sg90.write (120);
38     delay(4000);
39   }
40
41   sg90.write (ax);
42   delay (200);
43 }
```

*Ilustración XXIX Código funcionamiento férula*

## **6.2 Discusión de resultados**

Con una extensa labor de revisión de artículos y antecedentes se analizó gran cantidad de documentación, donde se dio la posibilidad de tener una perspectiva mucho más amplia sobre las patologías hemiparesia espástica y pie equino desde, sus inicios en la fase de gestación del bebe hasta sus múltiples tratamientos y herramientas como lo son las ortesis, las plantillas y la fisioterapia que permiten mejorar la calidad de vida del paciente

Con las búsquedas de antecedente se permitió establecer que existen múltiples investigaciones que permiten mejorar tanto la movilidad como el desarrollo cognitivo, donde se evidenciaron dispositivos tales como manos robóticas, diseño especializado de bisagras para férulas móviles, férulas articuladas , se tomaron estos dispositivos como base en la realización del estudio del cual resulto un boceto y prototipo de una férula tecnológica donde se pone la tecnología al servicio de los pacientes afectados con estas patologías, permitiendo así disminuir su espasticidad y mejorar su proceso de rehabilitación

El boceto muestra un tipo de férula con aditamentos electrónicos y mecánicos el cual puede ser adaptado a pacientes de cualquier edad, es un dispositivo que se presta para efectuar posibles mejoras a futuro a medida que la tecnología avanza.

En este momento el boceto requiere de la intervención de otros profesionales de otras disciplinas que permita su ajuste y mejora, adicionalmente también se pudo observar algunas dificultades de diseño, ya que algunos de los elementos electrónicos que se encuentran actualmente en el mercado no tiene la forma ni el tamaño óptimo para ser acoplados al dispositivo sin interferir con el uso del calzado o con algunas prendas de vestir del paciente, esto propone una dificultad para el proyecto ya que nos vemos en la necesidad de diseñar nuestros propios componentes tecnológicos .

## 7. CONCLUSIONES

El uso continuo de la férula mejora tanto el movimiento del miembro afectado como la espasticidad que este presenta, pero este debe ir acompañado de sesiones de fisioterapia y ejercicios para conservar el buen estado de los músculos y articulaciones

Implementar tecnologías de la información en férulas puede ser beneficiosos para los pacientes que sufren este tipo de enfermedades además permite a los investigadores ir adaptando la férula tecnológica a las nuevas tecnologías emergentes gracias a que todos los elementos que componen la férula pueden ser mejorados en su conformación ya que el avance tecnológico nos lleva a diseños mucho más prácticos y más ajustados a la anatomía de cada paciente

El uso de la de la férula tecnología puede ser realizado con personas con afectaciones derivadas de la hemiparesia espástica y de otra clase de enfermedades que afecten la movilidad del paciente teniendo la capacidad de brindarle un mejor estilo de vida a los pacientes.

Ya que en la actualidad existe múltiples métodos terapéuticos tales como la crioterapia música terapia, equino terapia, el uso de medios virtuales como los video juegos para la recuperación de la movilidad de los miembros afectados por la hemiparesia espástica u otras enfermedades, dado que 2 de cada mil niños presenta estas condiciones, esta férula tecnológica podría aportar en gran medida a la recuperación de los pacientes diagnosticados con estas patologías y otras enfermedades relacionadas

## **8. RECOMENDACIONES**

Esta propuesta está diseñada para pacientes con hemiparesia espástica y pie equino si se puede aplicar a pacientes con dificultades en alguna otra parte del cuerpo se deberá realizar una investigación sobre la enfermedad que deberá ser tratada, su impacto en los pacientes y finalmente ser adaptada y diseñada para este tipo de enfermedades, gracias a los avances tecnológicos surgen microchips más potentes que pueden ser utilizados en este modelo para mejorar su desempeño y prestaciones.

se recomienda la integración de profesionales de otras áreas para el mejoramiento del diseño



## 9. BIBLIOGRAFÍA

- Lastanao Cortés, C. (2015). "Plan de intervención de fisioterapia en una hemiparesia infantil derecha. Recuperado el 09 de 2020, de <https://zaguan.unizar.es/record/48017/files/TAZ-TFG-2015-778.pdf>
- Rodríguez Fernández, A. (2019). USO DE LA ROBÓTICA Y LA TECNOLOGÍA EN LA REHABILITACIÓN DE LA MARCHA EN NIÑOS CON PARÁLISIS CEREBRAL INFANTIL: REVISIÓN NARRATIVA. *Universidad de Valladolid*. Obtenido de <https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/38781/TFG-O-1709.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- \* Quintela-Núñez-Del Prado HM\*\*\* Guerra-Jasso JJ, \*. V.-L. (s.f.). "Nivel de evidencia y grado de recomendación del uso del método de Ponseti en el pie equino varo sindromático por artrogriposis y síndrome de Moebius: una revisión sistemática.". Recuperado el 22 de 05 de 2020, de <http://www.medigraphic.com/actaortopedica>.
- ALVARES , M. L. (s.f.). Universidad del azuay Facultad de filosofia y ciencias de la educacion estimulacion temprana y precoz .
- Arce Mojica, E., & Aceves López, P. (25 de 03 de 2017). VALORACION Y SOPORTE NUTRICIONAL EN NIÑOS CON PARALISIS CEREBRAL. *Monografía*. Obtenido de [https://www.yakult.mx/uploads\\_yakult/pdf/Valoración%20y%20soporte%20nutricional%20en%20niños%20con%20PCI\\_379.pdf](https://www.yakult.mx/uploads_yakult/pdf/Valoración%20y%20soporte%20nutricional%20en%20niños%20con%20PCI_379.pdf)
- Arguelles Póo, P. (2008). Parálisis cerebral infantil. *asociacion española de pediatria* (277).
- Baldiri Prats, C., & vegés Salas, C. (s.f.). "PIE EQUINO TRATAMIENTO".
- Broncato, D. (s.f.). *EFICACIA DEL KINESIOTAPE SOBRE LA MARCHA EN NIÑOS CON PARALISIS CEREBRAL INFANTIL ESPÁSTICA*.
- Campo salazar, O. I., & Montenegro Muñoz, M. i. (2018). *Propuesta de un nuevo diseño de órtesis post-tratamiento de pie equino varo congénito*. *Revista Colombiana de Rehabilitación*.
- Cunha de Araujo, C. A. (2015). CALIDAD DE VIDA FAMILIAR Y ATENCIÓN TEMPRANA: VALORACIONES Y EXPECTATIVAS SOBRE EL ROL DE LA FISIOTERAPIA. Obtenido de [https://dspace.uib.es/xmlui/bitstream/handle/11201/148969/Cunha\\_DeAraujo\\_Clari\\_ssa\\_Altina.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://dspace.uib.es/xmlui/bitstream/handle/11201/148969/Cunha_DeAraujo_Clari_ssa_Altina.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Diario de Navarra. (2017). *Diario de navarra* . Obtenido de Centro Neurológico de Navarra, puntero en enfermedades neurológicas: [73](https://www.diariodenavarra.es/noticias/vivir/vida-sana/2017/06/01/centro-</a></p></div><div data-bbox=)

- neurologico-navarra-puntero-diagnostico-tratamiento-rehabilitacion-enfermedades-neurologicas-534494-3196.html
- DIAZ MARTINEZ, L., ARRELLANO SALDAÑA, M. E., DEL VALLE CABRERA, M. G., DUARTE, M., Antonio, RODRIGUEZ REYES, G., & MONTERO ALDO, A. (2005). Utilidad de la estimulación eléctrica neuromuscular posterior a la aplicación de toxina botulínica en niños con hemiparesia espástica. *Revista Mexicana de Medicina Física y Rehabilitación*, 17(1), 17. Recuperado el 25 de 03 de 2021, de <https://www.medigraphic.com/pdfs/fisica/mf-2005/mf051e.pdf>
- Efisiopediatric. (2014). Recuperado el 20 de 11 de 2020, de <https://efisiopediatric.com>: <https://efisiopediatric.com/que-es-la-hemiparesia/>
- FABIAN MATTOS, P. L. (2018). FABIAN MATTOS CONTROL DE CABEZA Y TRONCO EN NIÑOS CON PARÁLISIS CEREBRAL ESPÁSTICA GMFCS IV BAJO EL ENFOQUE GENERAL DE NDT. Obtenido de [http://repositorio.uigv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.11818/4531/TRABSUFICIE\\_NCIA\\_FABIAN\\_PAOLA.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.uigv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.11818/4531/TRABSUFICIE_NCIA_FABIAN_PAOLA.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- García Díez, E. (s.f.). Fisioterapia de la espasticidad: técnicas y metodos. Obtenido de <http://www.doyma.esel15/11/2007.Copiaparausopersonal,seprohibelatransm>
- Gomez lopez , S., Jaimes, V. H., Palencia Gutierrez, C. M., Hernández, M., & Guerrero, A. (2013). Parálisis Cerebral Infantil. *Archivos Venezolanos de Puericultura y Pediatría*, 76(1), 30-39.
- Gomez Rendon, J. F., Moreno arango, J. D., Gil henao, G. A., & Orozco Tellez, C. H. (2016). *rehabilitacion de la mano con ortesis robotica*. Manizales: Col med Fis Rehab.
- González, V. N. (2017). “Análisis de los cambios en los parámetros espaciotemporales de la marcha al añadir equinoterapia al tratamiento según el concepto Bobath en pacientes con parálisis cerebral.
- Gordo Vázquez, E. R. (2015). El concepto Bobath como tratamiento defisioterapia en una hemiparesia izquierda espástica infantil. *Universidad de Zaragoza*.
- Herandez perez, A. (2014). Órtesis mecatrónica para terapias en pacientes con lesiones neuromusculares de mano. *Pistas Educativas*, 1207-1212.
- Hudson Azevedo Pinheiro, D.Sc, Hellen Cristina Sousa de Oliveira, aqueline Sousa Barroso, & Renan Fange. (s.f.). Efeitos agudos da crioterapia na transferência de peso em sujeitos com hemiparesia espástica crônica Acute effects of cryotherapy on weight transfer in subjects with chronic spastic hemiparesis. Obtenido de <https://portalatlanticaeditora.com.br/index.php/fisioterapiabrasil/article/view/2330/html>
- Jiménez Miras, N. (2017). La realidad virtual como tratamiento para la mejora del equilibrio y del patrón de marcha en niños con diplejía espástica: una revisión sistemática.
- Jumenes Miras, N. (2017). *La realidad virtual como tratamiento para la mejora del equilibrio y del patron de la marcha en niños con diplejia espastica:Una revisision sistematica*. Universidad de leida .
- KAYA KARA, O., ATASAVUN UYSAL, S., TURKER, D., KARAYAZGAN, S., MINTAZE , E., & GUL BALTACI. (s.f.). The effects of Kinesio Taping on body functions and activity in unilateral spastic cerebral palsy: a single-blind randomized

- controlled trial. *DEVELOPMENTAL MEDICINE & CHILD NEUROLOGY*, 11-12. Obtenido de <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25213082/>
- Larrosa Ferrer, C. (05 de 07 de 2016). Programas de entrenamiento del equilibrio y la coordinación mediante diferentes modelos de aprendizaje en un paciente pediátrico con hemiparesia Espástica: : presentación de caso clínico.
- Macias Merlo, M. L. (2016). “Prevención de las displasias de cadera mediante los programas de bipedestación en abducción en niños con parálisis cerebral diplejía espástica. Recuperado el 09 de 2020, de [https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/385851/Tesi\\_Lourdes\\_Macias\\_Merlo.pdf?sequence=1](https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/385851/Tesi_Lourdes_Macias_Merlo.pdf?sequence=1)
- Maya Castillo, M., Del valle cabrera , M., Morales Osoario, M. G., Arellano Saldaña, M. E., & León Hernández, S. R. (s.f.). Utilidad de la toxina botulínica en la mejoría de la mano espástica en pacientes pediátricos con parálisis cerebral.
- Medina \_Escarraga , D. A. (2017). Tratamiento de la Parálisis Cerebral Tipo Cuadriplejia Espástica Moderada en Niños Mediante el Uso de Medios Tecnológicos. Obtenido de <https://repositorio.ucundinamarca.edu.co/bitstream/handle/20.500.12558/2338/Tratamiento%20de%20la%20Paralisis%20Cerebral%20Tipo%20Cuadripedia%20Espastica%20Moderada%20en%20Niños%20Mediante%20el%20Uso%20de%20Med.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Meneses Castaño, C. Y., & Peñalozza Peñaranda, Y. (2017). “ EFECTIVIDAD DE LA TERAPIA ROBÓTICA EN LA FUNCIÓN DE LA MANO ESPÁSTICA DEL ADULTO CON HEMIPLEJÍA. REVISIÓN SISTEMÁTICA. *Universidad Autonoma de Manizales*.
- Milián, E. E., & Garcia Muñoz, J. (2017). *DISEÑO DE ÓRTESIS DE MIEMBRO SUPERIOR APLICABLE A REHABILITACIONES Y COMO EXOESQUELETO*.
- Morera Salazar, D. A., & Eljadue Mejía, J. P. (2017). *EFECTIVIDAD DE LA TERAPIA EN ESPEJO EN LA RECUPERACION DE LA FUNCIÓN DE LA MANO ESPÁSTICA DEL ADULTO CON HEMIPLEJÍA. REVISIÓN SISTEMÁTICA Y META-ANALISIS*. Manizales: Universidad de manizales .
- Murillo Pacheco, J. C. (11 de 2016). Identificación del perfil de egreso de la carrera de Terapia Física para el período 2017 – 2022.
- Roblan, T. (17 de 02 de 2018). “*Bótox para la parálisis cerebral |Noticias La Tribuna de Albacete*.”. Obtenido de La tribuna del albacete: <https://www.latribunadealbacete.es/noticia/z624a5a2b-ed76-19e8-719bfba620212971/botox-para-la-paralisis-cerebral>
- Rodríguez, J. F. (2019). “Toxina botulínica y ondas de choque radiales en pacientes con pie equino/equinovaro espástico postictus. Recuperado el 08 de 09 de 2020, de <http://hdl.handle.net/10347/18840>
- S. Fabiola García-Sánchez, M. T.-G. (2017). “Toxina botulínica A y terapia Botulinum toxin A and physical therapy in gait in cerebral palsy,”.
- Sánchez Castillo, Y., Cisneros Perdomo, V., Hernández Chisholm, D., & Dunn García, E. (2018). Protocolo de actuación para el uso de la Plataforma Cobs Biofeedback en el tratamiento rehabilitador de pacientes con parálisis cerebral espástica. *Cubana de Medicina Física y Rehabilitación*, 35-37.

- Sánchez Guerrero, L. (2017). Efectos de la Bipedestacion en niños con parálisis cerebral y su Afectación sobre la displasia de cadera.
- Trejo Díaz, Y. (2019). Intervenciones de Fisioterapia en un caso clínico con Parálisis Cerebral Infantil. Obtenido de <https://riull.ull.es/xmlui/bitstream/handle/915/17555/Intervenciones%20de%20fisioterapia%20en%20un%20caso%20clinico%20con%20paralisis%20cerebral%20infantil..pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Trujillano Clavero, m. (2016). "Intervención fisioterápica según el concepto Bobath de una hemiparesia infantil. *Universidad de zaragoza Grado fisioterapia*. Obtenido de <https://zaguan.unizar.es/record/58341/files/TAZ-TFG-2016-902.pdf>
- U. tecnologia de Pereira, . (s.f.). "GUÍA DE PRÁCTICA CLÍNICA MANEJO DE LA PARÁLISIS CEREBRAL.
- Vázquez Salas, A. (2015). *Evaluación de los cambios en la funcionalidad del pie y la marcha, tras la aplicación de vendaje neuromuscular en niños con parálisis cerebral*. Obtenido de eFisioterapia: <https://www.efisioterapia.net/articulos/evaluacion-cambios-funcionalidad-pie-y-marcha-tras-aplicacion-kinesiotape-ninos-paralisis>
- Velandia Malagón, E. O. (2018). EL RITMO COMO AYUDA TERAPÉUTICA EN NIÑOS CON HEMIPARESIA. *Universidad de Cundinamarca* .
- Velazquez Briseño, J. (s.f.). "Aplicación de Toxina Botulinica A en espasticidad Estimulacion Vibratoria.