UNIVERSIDAD DE CARABOBO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN DISPOSITIVO PARA ASISTIR EL GATEO

De Manzolini Humberto.

Martínez Manuel.

Naguanagua, noviembre de 2010

UNIVERSIDAD DE CARABOBO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN DISPOSITIVO PARA ASISTIR EL GATEO

Trabajo especial de grado presentado ante la Ilustre Universidad de Carabobo para optar al título de Ingeniero Mecánico

Tutor académico:

Ing. Thalía San Antonio

Autores:

De Manzolini Humberto.

Martínez Manuel.

Naguanagua, noviembre de 2010

UNIVERSIDAD DE CARABOBO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

CERTIFICADO DE APROBACIÓN

Quienes suscriben, Miembros del Jurado designado por el Consejo de Escuela de Ingeniería Mecánica para examinar la Tesis de Pregrado titulada "***Diseño y construcción de un dispositivo para asistir el gateo***", presentada por los bachilleres: **Humberto De Manzolini** y **Manuel Martínez**, portadores de la Cédula de Identidad Nº: **18.612.388** y **18.982.843**, respectivamente; hacemos constar que hemos revisado y aprobado el mencionado trabajo.

_____

Prof. Thalía San Antonio

Presidente del jurado

_____ _____

Prof. David Ojeda

Miembro del jurado

Prof. Brizeida Gámez

Miembro del jurado

En Naguanagua a los 17 días del mes de noviembre de 2010

Agradecimientos

Queremos expresar, sin tomar en consideración un orden específico, nuestros más sinceros agradecimientos a nuestra tutora, la Profesora Thalía San Antonio, por sus consejos, guiatura y sugerencias oportunas durante el desarrollo de este trabajo de investigación. A los Profesores David Ojeda, Brizeida Gámez y Edwin Peña quienes en todo momento, estuvieron atentos y prestaron toda la colaboración y orientación para el desarrollo del proyecto. Al personal de trabajo del Seguro social, Geraldine Chirinos y Ludmila Córdova que nos brindaron apoyo y asesoramiento en la parte médica. Al personal de la biblioteca rental, Sra. Cira Yrausquin que nos brindó apoyo moral y el préstamo de libros. Y también queremos agradecerles a las personas de la comunidad, el Sr. Renato Vadel y la Sra. Luisa Amparan quienes nos ayudaron en la construcción del dispositivo y del arnés. A nuestros familiares, amigos y compañeros que estuvieron siempre a la orden.

.

Dedicatoria

A Dios sobre todas las cosas, a mi padre Manuel Martínez que es mi fuente de inspiración, a mi madre Yadira de Martínez que de ella conozco lo que es la paciencia y el amor, a mis hermanos Miguel Martínez y Simón Martínez, a mis abuelos, a mis tías y tíos, a mis tutores de tesis y a todos mis amigos, quienes me apoyaron y estuvieron siempre presentes...! A ustedes les dedico el éxito alcanzado en el desarrollo de mi tesis de grado.

.

Manuel Martínez

Dedicatoria

A Dios por estar siempre iluminando mi camino, a mis padres Umberto De Manzolini y Yuvanny de De Manzolini por todo el apoyo brindado y por creer siempre en mi, a mi hermana Yovanna De Manzolini por su apoyo incondicional. A mis abuelas y abuelos, a mis tías y tíos y a todos mis amigos con quienes compartí momentos inolvidables.

Humberto De Manzolini

Resumen

La siguiente investigación tiene como finalidad el diseño y construcción de un dispositivo para asistir el gateo a infantes que presentan algún tipo de dificultad en su desarrollo motor. Dicho equipo permite también efectuar actividades de caminata y balanceo para contribuir en el desarrollo de las terapias que se llevan a cabo en el IVSS de Naguanagua, a fin de facilitar la asistencia del terapeuta al niño durante la realización de los ejercicios de rehabilitacion. Para el logro de este objetivo se planteo una solución basada en las características especiales y limitaciones bajo las cuales debe operar el dispositivo. Para llevar a cabo el diseño se contó con la asistencia de una herramienta computacional (CosmosWorks) basada en el método de elementos finitos donde se simularon y evaluaron los estados de cargas que debe soportar el equipo para obtener las distribuciones de esfuerzos y deformaciones cuyos valores máximos se ubicaron en la bisagra superior del dispositivo. Se obtuvieron factores de seguridad que garantizan la resistencia del dispositivo a las condiciones de trabajo lo cual dio paso a la construcción del mismo teniendo siempre presente los costos asociados en relación a los materiales, equipos, herramientas y mano de obra. El dispositivo se instaló en un área de trabajo donde se llevaron a cabo las

pruebas necesarias para comprobar el buen funcionamiento del mismo, obteniendo como resultado la capacidad de soportar exitosamente el peso máximo establecido durante el diseño y la facilidad de giro en los mecanismos de bisagras y piezas que conforman al equipo. Finalmente se procedió a su colocación en el área de fisiatría infantil donde se realizaron pruebas de gateo, caminata y balanceo con niños donde se pudo comprobar de manera positiva la efectividad del equipo y la buena aceptación por parte del personal que allí labora. Sin embargo, fue necesario realizar arreglos al dispositivo para satisfacer necesidades adicionales expuestas por el grupo de médicos y terapeutas. El equipo resultó ser económico y multifuncional ya que su costo final fue de 1520 BsF. en comparación a otros fabricados en el exterior cuyos precios van desde los 800 BsF. hasta los 2500 BsF. y que solo pueden ser utilizados para realizar una sola actividad. Se planteo como recomendación la inclusión de una mesa elevadora para colocar el cuerpo del infante a la altura deseada para la realización de las distintas terapias.

Índice general

Índice general i

Índice de figuras v

Índice de tablas ix

Introducción 1

CAPÍTULO 1 El Problema 3
1.1 Planteamiento del problema 3
1.2 Objetivos de la investigación 5
1.2.1 Objetivo General 5
1.2.2 Objetivos Específicos 5
1.3 Justificación 5
1.4 Limitaciones 6
1.5 Alcance 6
1.6 Antecedentes, 6

CAPÍTULO 2 Marco Teórico 11
2.1 Crecimiento y desarrollo del niño 11
2.2 Proporciones corporales 12
2.3 Desarrollo motor 13
2.4 Leyes que determinan el desarrollo motor 13
2.5 Desarrollo psicomotor 14
2.6 Bases para el movimiento 16
2.6.1 Habilidades organizativas 16
2.6.2 Control postural 16

2.6.3 Mecanismos de enderezamiento 17
2.7 Importancia del movimiento y motricidad 18
2.8 El gateo 19
2.9 Ubicación del centro de gravedad 20
2.10 Antropometría 20
2.10.1 Variables antropométricas 21
2.11 Fuentes de variabilidad antropométrica 22
2.11.1 Edad 22
2.11.2 Sexo 23
2.11.3 Cultura 23
2.11.4 Ocupación 23
2.12 Fisiología articulada 24
2.12.1 Movimiento del hombro 25
2.12.2 Movimiento de la cadera 26
2.13 Descripción de algunas patologías que intervienen el retardo del desarrollo psicomotor 27
2.13.1 Tipos de parálisis cerebral 28
2.14 Biomecánica 31
2.14.1 Consideraciones biomecánicas en el desarrollo motor normal 31
2.15 Método de elementos finitos (MEF) 32
2.15.1 Introducción al método de elementos finitos 32
2.15.2 Procedimiento de solución usando MEF 33
2.16 Soldadura 34
2.17 Bisagras 35

CAPÍTULO 3 Metodología 37
3.1 Población y muestra 37
3.2 Técnicas para la recolección de datos 38
3.3 Formulación de la solución 39
3.4 Procedimiento para el diseño del dispositivo 40
3.5 Construcción y pruebas funcionales del dispositivo 41

CAPÍTULO 4 Diseño y Resultados 43
4.1 Factores y parámetros de interés 43
4.1.1 Antropometría de infantes 43
4.1.2 Condiciones del área de fisiatría infantil 45
4.2 Solución planteada 45
4.3 Componentes de estudio para el dispositivo 49
4.4 Selección del perfil para la base riel 50
4.5 Determinación de longitud de contacto entre componentes 54
4.6 Análisis por carga estática 56
4.7 Análisis de balanceo 60
4.8 Diseño de los pernos 67
4.9 Aplicación y evaluación de los cordones de soldadura mas

críticos en el dispositivo 72
4.9.1 Soldadura entre bisagra y pletina 72
4.9.2 Soldadura entre alcayata y perfil 77
4.9.3 Soldadura entre pie de amigo y perfil 79

CAPÍTULO 5 Costos y Fabricación del dispositivo 83
5.1 Características de los materiales y equipos 83
5.1.1 Materia Prima 83
5.1.2 Equipos y Herramientas 84
5.2 Hoja de proceso 90
5.3 Decoración del dispositivo 95
5.4 Construcción del arnés 96

CAPÍTULO 6 Instalación y pruebas funcionales del dispositivo 99
6.1 Instalación del dispositivo 99
6.2 Pruebas funcionales 101
6.2.1 Resistencia del peso 101
6.2.2 Prueba de balanceo 102
6.2.3 Prueba de fricción 103
6.3 Instalación en el área de fisiatría infantil del IVSS 103
6.4 Percepción del dispositivo 106
6.5 Mejora al dispositivo con base en las pruebas 108
6.6 Recomendaciones para el uso correcto del dispositivo 109
6.6.1 Recomendaciones para la correcta colocación del arnés 111

CAPÍTULO 7 Conclusiones y recomendaciones 113
7.1 Conclusiones 113
7.2 Recomendaciones 114

Referencias bibliográficas 115

Anexos 119

Índice de figuras

1.1 Posición de gateo y estimulación de las piernas. 4
1.2 Dispositivo de ejercicio para niño discapacitado. 7
1.3 Equipo para ejercitar el desarrollo mental a infantes con retraso. 8
1.4 Estructura y arnés de soporte para sostener el peso del paciente durante la rehabilitación. 8
1.5 Silla para gateo. 9
2.1 Niño gateando 19
2.2 Medición de variables antropométricas en niños y niñas 21
2.3 Planos y ejes del cuerpo humano 24
2.4 Movimiento del hombro en el plano frontal 25
2.5 Fisiología de la cadera 26
2.6 Algunos movimientos de la cadera 27
2.7 Parálisis cerebral tipo espástica 29
2.8 Parálisis cerebral tipo atetóxico y atáxico 30
3.1 Peso según la edad para sexo A)femenino y B)masculino 39
4.1 Comparación de medidas antropométricas entre infante femenino y masculino 44
4.2 Movimiento de oscilación del gateo 45
4.3 Representación de la solución 46
4.4 Componentes del dispositivo 49
4.5 Diagrama de cuerpo libre del perfil 50
4.6 Perfil comercial numero 1 51
4.7 Diagrama de corte y momento del perfil 52
4.8 Diagrama de cuerpo libre del dispositivo 56
4.9 Análisis de convergencia para el ensamble 57

4.10 Distribución de esfuerzos en el ensamble para el estudio de estática 58
4.11 Distribución de la deformación presente en el ensamble para el estudio de estática 59
4.12 Distribución de desplazamiento presente en el ensamble para el estudio de estática 60
4.13 Diagrama de cuerpo libre para el análisis de balanceo 61
4.14 Trigonometría para el análisis del péndulo 62
4.15 Condiciones de borde para el estudio de balanceo 64
4.16 Análisis de convergencia para el estudio de balanceo 64
4.17 Distribución de esfuerzos para el análisis de balanceo del ensamble 65
4.18 Distribución de deformación para el análisis de balanceo del ensamble 66
4.19 Distribución de desplazamiento para el análisis de balanceo del ensamble 67
4.20 A) Ubicación de pernos en soporte de pared B) Columnas de pernos 68
4.21 Condiciones de contorno para el estudio de un perno de pared 69
4.22 Análisis de convergencia para el estudio del perno 70
4.23 Distribución de esfuerzos para el perno de pared 71
4.24 Distribución de deformación presente para el perno de pared 72
4.25 Aplicación de soldadura para la unión de bisagra con pletina 73
4.26 Geometría de soldadura para bisagra y pletina 73
4.27 Aplicación de soldadura para la unión de alcayata con pie de amigo 77
4.28 Geometría de soldadura entre alcayata y perfil 77
4.29 Aplicación de soldadura para la unión de pie de amigo con perfil 79
4.30 Geometría de soldadura entre pie de amigo y perfil 79
5.1 Equipos importados para la rehabilitación infantil 88
5.2 A) Aplicación de pintura anticorrosiva B) Aplicación de spray azul 95
5.3 Colocación de dibujos infantiles 96
5.4 A) Colocación de argollas traseras B) Colgaderos graduables 97
5.5 A) Cinturón y argollas B) Eslingas 98
6.1 A) Perforación en pared B) Colocación de pernos 100
6.2 A) Colocación de arandelas y tuercas en pernos B) Instalación final del dispositivo 101
6.3 Prueba de resistencia de peso 102
6.4 Prueba de balanceo 102
6.5 Verificación de funcionabilidad del dispositivo 104
6.6 Terapia de gateo 104
6.7 Terapia de marcha 105
6.8 Terapia de balanceo 105
6.9 Modificación del carrito 108

6.10 Nuevo pasador de fijación 109
6.11 Terapia de balanceo A) Modo correcto B) Modo incorrecto 110
6.12 Terapia de marcha y gateo A) Modo correcto B) Modo incorrecto 111

Índice de tablas

2.1 Habilidades desarrolladas por el niño del nacimiento a los 5 años 15
2.2 Tipos de motricidad 19
4.1 Perfiles que se encuentran en el mercado de Valencia 50
4.2 Factor de seguridad para las soldaduras 81
5.1 Materiales y piezas adquiridas para la construcción del dispositivo 84
5.2 Equipos y herramientas utilizadas para la construcción del dispositivo 85
5.3 Herramientas y materiales para los equipos empleados en la construcción del dispositivo 85
5.4 Materiales, equipos y herramientas para la decoración del dispositivo 86
5.5 Equipos y herramientas empleados para la instalación del dispositivo 86
5.6 Materiales y piezas utilizadas para la construcción del arnés 87
5.7 Equipos y herramientas utilizadas para la construcción del arnés 87
5.8 Costos por mano de obra 88
5.9 Resumen de costos 89
5.10 Comparación de costos 89
6.1 Evaluación del dispositivo 107

Introducción

Las aplicaciones de la ingeniería moderna están destinadas a mejorar y a contribuir en el desarrollo de la vida humana. Actualmente, existe una estrecha relación entre el campo de la medicina y la ingeniería mecánica con el fin de ayudar a solucionar los problemas de salud de las personas mediante el uso de dispositivos mecánicos innovadores y de gran eficacia, capaces de ajustarse a las necesidades médicas para facilitar y simplificar los tratamientos que se llevan a cabo en los distintos centros de salud a los pacientes. El área de fisiatría es una de las ramas de la medicina que mas hace uso de equipos y aparatos mecánicos, ya que existe la necesidad de realizar terapias de rehabilitación que el paciente no puede realizar por si solo o que resultan incomodas con la asistencia de un terapeuta.

Aproximadamente 1 de cada 300 niños venezolanos al nacer presentan alguna enfermedad o deficiencia que afectan su crecimiento normal durante su infancia, debido a problemas en el desarrollo motor que le impiden efectuar con libertad los movimientos básicos para desplazarse así como también realizar actividades físicas típicas de cualquier niño. En esta investigación se realiza el diseño y construcción de un dispositivo mecánico para facilitar la terapias de gateo que se llevan a cabo en el IVSS de Naguanagua en el Estado Carabobo a aquellos infantes que poseen algún tipo de discapacidad motora. Sin embargo con la intención de lograr satisfacer las necesidades manifestadas por el grupo de terapeutas que laboran en dicha institución, se

adapto el dispositivo para permitir la posibilidad de realizar terapias adicionales tales como caminatas y balanceo.

Se presentan los cálculos de ingeniería necesarios para el diseño del dispositivo y se detalla paso a paso el proceso de fabricación incluyendo los costos asociados por material y mano de obra. Adicionalmente se explica el proceso de instalación y el conjunto de pruebas realizadas para comprobar el buen funcionamiento del equipo, así como su colocación final en el área de fisiatría infantil para de esta manera servir en la mejora de la calidad de vida de los venezolanos.

.

CAPÍTULO 1
El problema

1.1 Planteamiento del problema

El desarrollo psicomotor corresponde a un conjunto de cambios que ocurren en el tiempo relacionados con distintos aspectos de la vida humana, tales como la percepción, la motricidad, el aprendizaje, el lenguaje, el pensamiento, la personalidad y las relaciones interpersonales, es decir, son todas aquellas transformaciones que se originan en el individuo desde que nace hasta que alcanza la madurez, determinándole habilidades para la vida en sociedad. Los factores como bajo peso al nacer, golpes, enfermedades de la madre durante el embarazo, alteraciones en el tono muscular y otros tipos de dificultades, podrían ocasionar problemas de salud en el niño al nacer y también influir en su desarrollo normal, provocando entre otras patologías, lo que se denomina retardo en el desarrollo psicomotor.

En el área de fisiatría infantil del Instituto Venezolano de los Seguros Sociales (IVSS) ubicado en Naguanagua, se atienden a niños que presentan retardo en el desarrollo psicomotor, para ello cuentan con grupos de terapeutas capacitados para la aplicación de fisioterapia o rehabilitación.

Una de las fisioterapias más complicadas es la estimulación del gateo, ya que no cuentan con equipos para asistir al niño, por lo que se ven obligados a realizarlo de manera manual. Es por ello que el terapeuta al momento de efectuar dicha terapia, sostiene al paciente por el abdomen con una de sus manos para colocarlo en la posición de gateo (manteniendo su espalda erguida) y con la otra mano va estimulando los miembros inferiores y superiores, la cual es una actividad muy incomoda de realizar cuando tiene que atender a pacientes más grandes y de mayor peso (Ver figura 1.1).

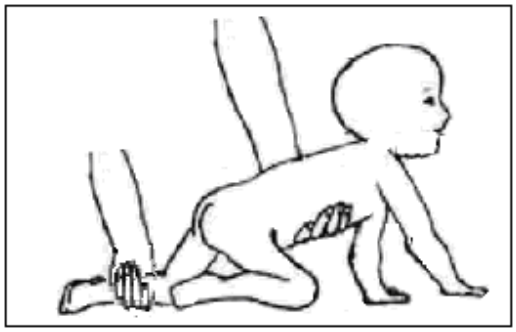


Figura 1.1 Posición de gateo y estimulación de las piernas

El objetivo de esta fisioterapia es lograr que el niño aprenda a coordinar los movimientos de sus piernas y brazos (brazo derecho-pierna izquierda, brazo izquierdo-pierna derecha), tenga dominio y control de su propio cuerpo y aprenda a ubicarse y desplazarse sobre su espacio, todo ello representa una preparación para empezar a caminar. El gateo, al igual que las demás etapas del desarrollo motor grueso es importante, ya que constituye un gran avance para el niño, a nivel neurológico y de coordinación.

Debido a que el IVSS no cuenta con los recursos económicos para la adquisición de un aparato para asistir el gateo, se plantea el diseño y la construcción de un dispositivo que ayude a colocar al niño en la posición de

gateo en cuatro puntos, permitiendo que el infante realice la terapia con facilidad y que el terapeuta tenga las dos manos libres para asistirlo.

1.2 Objetivos de la investigación

1.2.1 Objetivo General

Diseñar y construir un dispositivo para asistir el gateo.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Revisar la bibliografía correspondiente para determinar los parámetros requeridos para el diseño del dispositivo.
- Diseñar el dispositivo utilizando el método de elementos finitos con la ayuda de una herramienta computacional.
- Construir el dispositivo.
- Realizar pruebas de funcionamiento.

1.3 Justificación

La realización de este proyecto tiene como propósito el diseño y construcción de un dispositivo para asistir el gateo, ya que es una de las etapas más importantes del infante durante su crecimiento, porque en ella se desarrolla la visión, la tactilidad, el equilibrio, el movimiento grueso o desplazamiento con el cuerpo, el movimiento fino, la orientación y la futura capacidad de escritura en un solo ejercicio. Además integra los diferentes subsistemas del movimiento, compuestos por otros de mayor dificultad tales como andar, trepar, correr, saltar, etc. Por tanto, si el gateo se desarrolla correctamente se favorecen las conexiones futuras entre los dos hemisferios cerebrales. Y de éstas dependen el correcto desarrollo de funciones cognitivas y de movimiento más complejos.

Con la construcción de este dispositivo, aparte de asistir al paciente, también se ayudará al terapeuta a no estar expuesto a esfuerzos constantes durante la asistencia en las terapias. Éste podrá enfocarse solamente en la coordinación y movimientos de miembros inferiores y superiores (brazos y piernas) del infante y así, ayudar al niño en la rehabilitación.

1.4 Limitaciones

- La disponibilidad de patentes o información relacionada con el diseño de dispositivos similares puede estar muy limitada debido a la escasez de material referente en la Universidad de Carabobo.
- El financiamiento para la construcción del dispositivo mecánico puede estar muy restringido.
- El dispositivo ésta limitado para soportar un peso máximo de 35 Kg.

1.5 Alcance

La construcción de este dispositivo tiene como propósito asistir al infante en la etapa de gateo, y ayudar a que las fisioterapias sean más dinámicas y productivas permitiendo la evolución del niño ya que el terapeuta se enfocará en la estimulación y coordinación de los miembros superiores e inferiores.

1.6 Antecedentes

El niño normalmente desde que nace y logra sus primeros pasos en la marcha, pasa por varias etapas en el desarrollo motor, como son: darse la vuelta, control cefálico, sentarse, y por último en la mayoría de los casos, gatear.

Se han realizado estudios desde el siglo XX, y han demostrado que el gateo es una de las fases más importantes para el desarrollo del infante, ya que estimula una gran parte del sistema neurológico. Hasta los pacientes adultos que han tenido un accidente y sufrido una parálisis cerebral, han experimentado, como una de las terapias de rehabilitación, el gateo.

Actualmente se han construido equipos para los gimnasios que simulan esta técnica de patrón cruzado y es uno de los ejercicios más completos para trabajar la mayoría de los músculos del cuerpo.

Para el año 1995, Heriberto Canela [1], patentó una estructura fija compuesta por cuatro elementos móviles que se deslizan sobre un riel debajo de ellas, que a su vez están conectados entre si mediante un mecanismo para simular el gateo de patrón cruzado. (Ver figura 1.2)

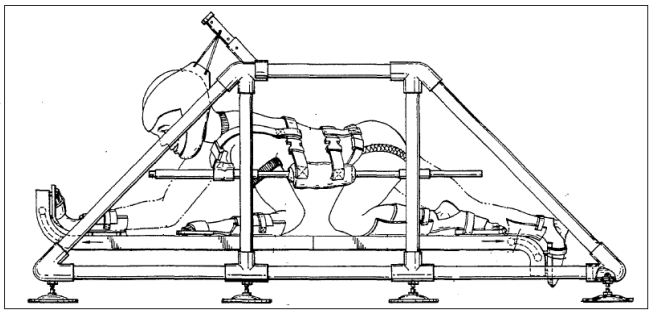


Figura 1.2 Dispositivo de ejercicio para niño discapacitado [1].

En el 2001 Anna Binghan [2] propone una estructura fija capaz de permitir desplazamientos en los tres ejes coordenados, que se utiliza para estimular el desarrollo psicomotor, entre ellas está: el gateo y la marcha, razón por la cual se le adapta varios tipos de arneses en el gancho de cuatro puntos como se muestra en la figura 1.3

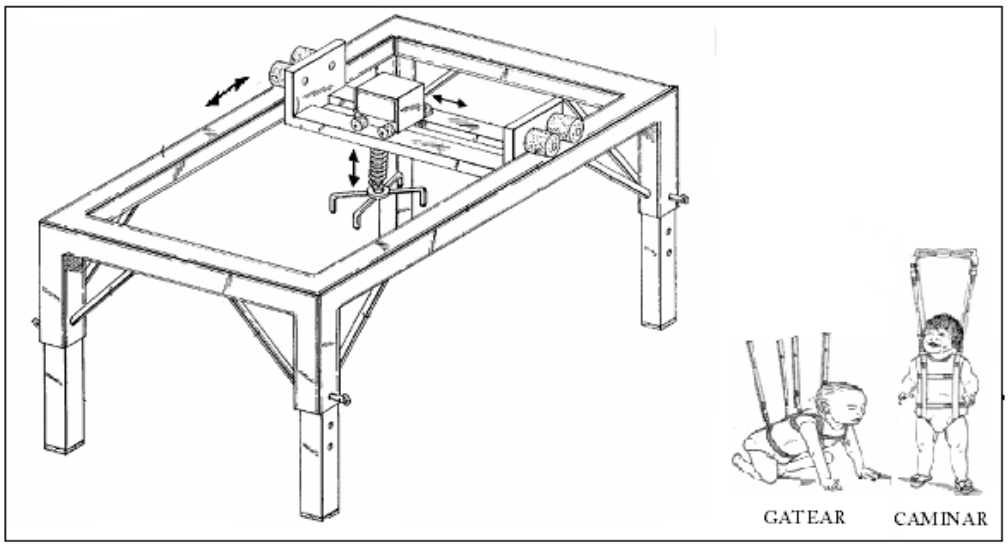


Figura 1.3 Equipo para ejercitar el desarrollo mental a infantes con retraso [2].

En 2007 Willian Thorntor [3], construyó un dispositivo compuesto por una estructura móvil que posee en su parte superior un conjunto de arneses que permiten al paciente descansar el tronco de su cuerpo mientras realiza el gateo. Adicionalmente este dispositivo cuenta con 4 ruedas en su parte inferior que dan la posibilidad de realizar trayectorias durante la terapia en cualquier dirección y sentido (Ver figura 1.4).

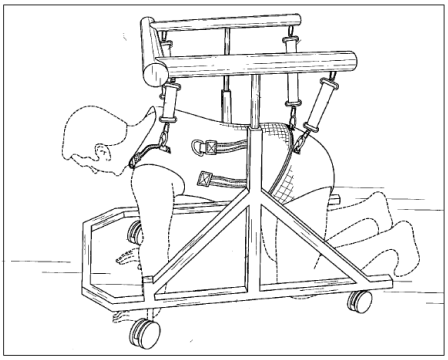


Figura 1.4 Estructura y arnés de soporte para sostener el peso del paciente durante la rehabilitación [3].

Para el año 2008 Robert Robideau [4], diseñó una silla que coloca al individuo en la posición de gateo. Las partes de la silla donde descansan los brazos y piernas de la persona están articuladas y unidas mediante un mecanismo que permite simular el gateo tal como se muestra en la figura 1.5

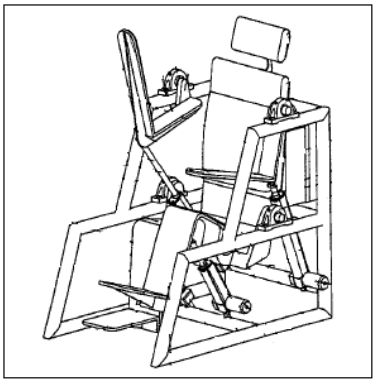


Figura 1.5 Silla para gateo [4].

CAPÍTULO 2
Marco Teórico

Para llevar a cabo el diseño del dispositivo, se requiere conocer algunos aspectos relacionados con la anatomía y movilidad de los infantes, así como también bases teóricas de ingeniería a manera de establecer las dimensiones y movimientos del dispositivo.

2.1 Crecimiento y desarrollo del niño.

El crecimiento y el desarrollo del niño son secuencias ordenadas de logros físicos y motores, es decir, que se producen de manera continua y gradual, de acuerdo a un orden determinado; sin embargo, manifiestan aspectos particulares en cada infante de acuerdo a factores genéticos y ambientales. No cabe duda que es precisamente en el período comprendido entre la concepción y el primer año de vida cuando se produce una verdadera explosión de crecimiento y desarrollo ya que en ninguna otra etapa de la vida se crece con un ritmo tan acelerado.

El crecimiento del niño es el aumento de talla, que viene determinado por el incremento diferencial de cabeza, tronco y huesos largos de las piernas. El aumento de talla, sin embargo, no es más que una faceta del crecimiento, dentro de este concepto hay que incluir también el aumento de masa corporal y el crecimiento de todos los órganos y sistemas.

El desarrollo del niño con el crecer se constituye en la aparición de nuevas características y la adquisición de nuevas habilidades en distintas áreas tales como: motora, social y cognitiva-lingüística [8].

2.2 Proporciones corporales

Es necesario conocer que no todas las partes del cuerpo de los niños y las niñas crecen al mismo ritmo, cada una de sus partes crecen a diferentes velocidades hasta alcanzar las proporciones de una persona adulta. Por eso se puede afirmar que los niños no representan a un adulto en miniatura, sino que tienen sus propias proporciones que varían con la edad.

Desde el nacimiento hasta la completa madurez, el niño pasa por diferentes etapas en las que los sucesivos cambios y transformaciones no siempre ocurren al mismo ritmo. Estas etapas del proceso de crecimiento y desarrollo conllevan cambios y transformaciones de naturaleza morfológica, fisiológica, bioquímica y de comportamiento. Durante la infancia y adolescencia, no todas las estructuras, órganos y tejidos crecen al mismo ritmo, ni de manera simultánea. El sistema nervioso, por ejemplo, muestra un período de crecimiento rápido durante los cinco primeros años de vida, pero sigue madurando hasta los dieciocho años aproximadamente, esto explica el porqué los niños van consiguiendo, con el paso del tiempo, realizar movimientos de mayor dificultad coordinativa.

Por otra parte la masa muscular corporal aumenta de forma constante en relación al aumento de peso del niño. En el momento del nacimiento la masa muscular supone un veinticinco por ciento del peso corporal total, mientras que en el adulto el peso muscular alcanza el cuarenta por ciento aproximadamente [8].

2.3 Desarrollo motor

El desarrollo motor es el entrenamiento para fortalecer y dar flexibilidad al cuerpo por medio de ciertos ejercicios, mejorando y consiguiendo el rendimiento físico del niño, también ayuda a educar sus facultades mentales y es utilizado como concepto general para designar la formación de las capacidades determinadas por control y regulación, que se muestran en los procesos de aprendizaje y coordinación del movimiento. Estos procesos de control y regulación se realizan mediante el sistema motor y su organización jerárquica en el sistema nervioso central, es decir, en el cerebro [9].

2.4 Leyes que determinan el desarrollo motor.

El desarrollo motor evoluciona con base a cuatro leyes básicas:

- **Ley del desarrollo céfalo-caudal:** esto quiere decir que primero maduran los músculos más cercanos a la cabeza para posteriormente desarrollarse la parte más alejada de ésta. Así, el niño y la niña comienzan a dominar los músculos de los ojos y de la boca, luego los del cuello y en ese mismo orden, los del tórax, abdomen, cintura pélvica, piernas y pies, es decir de la parte alta a la parte baja del cuerpo.

- **Ley del desarrollo próximo-distal:** esta Ley nos dice que tanto en los miembros superiores como en los inferiores, primero se desarrollan los músculos más próximos al tronco, y posteriormente los que se encuentran en posiciones más lejanas, en forma más sencilla podemos decir: del centro hacia afuera. Los niños y niñas comienzan a dominar movimientos de la cintura escapular y luego van adquiriendo paulatinamente el dominio del antebrazo, la mano y dedos; igualmente en los miembros inferiores.

- **Ley de actividades en masa a las específicas:** especifica el orden de utilizar primero los músculos grandes para luego usar los más pequeños, por ejemplo, del brazo a la pinza. El niño y la niña hacen grandes movimientos al tratar de recoger algo por primera vez y progresivamente van cediendo a movimientos más precisos y perfeccionados del pulgar y el índice.

- **Ley del desarrollo de flexores- extensores:** prioridad de los movimientos de los músculos flexores antes que de los extensores. Los niños y niñas tienen primero la capacidad de agarrar los objetos que de soltarlos, lo que explica la lentitud con la que adquieren la destreza digital fina [7].

2.5 Desarrollo psicomotor

Se conoce como desarrollo psicomotor a la madurez psicológica y muscular que tiene una persona, en este caso un niño. Los aspectos psicológicos y musculares son las variables que constituyen la conducta o la actitud.

El desarrollo psicomotor es diferente en cada niño, sin embargo, es claro que se presenta en el mismo orden en cada niño. Es así, por ejemplo, que el desarrollo avanza de la cabeza a los pies, por ello vemos que el desarrollo funcional de la cabeza y las manos es primero que el desarrollo de las piernas y los pies tal como se especifica en la ley del desarrollo céfalo-caudal.

Los factores hereditarios, ambientales y físicos también influyen en el proceso de crecimiento psicomotor. Por ejemplo, la habilidad para hablar más temprano es propia de ciertas familias y que las enfermedades pueden afectar

negativamente el desarrollo motor; también es claro que la ausencia de estimuladores visuales, táctiles y/o auditivos afectan la madurez psicológica.

A continuación se presenta una tabla resumen de lo que debería observarse en el proceso de crecimiento psicomotor de los niños normales hasta los 5 años.

Tabla 2.1 Habilidades desarrolladas por el niño del nacimiento a los 5 anos [5]

Edad	**Habilidades**
Nacimiento	El niño duerme todo el día. Responde con llanto a sus necesidades básicas de alimentación, dolor y cambio de temperatura.
6 semanas	Comienza a sonreír cuando le hablan. Mira los objetos situados en su campo visual. No sostiene la cabeza y puede descansar extendido sobre su abdomen
3 meses	Sonríe espontáneamente, sus ojos siguen los objetos en movimiento, sostiene la cabeza al estar sentado, agarra los objetos colocados en su mano y vocaliza.
6 meses	Se sostiene en posición erecta, se sienta con apoyo y logra girar sobre su propio eje. Puede transferir los objetos de una mano a la otra. Balbucea a los juguetes.
9 meses	Se sienta completamente solo, gatea y logra ponerse en posición erecta y puede dar los primeros pasos
1 año	Ayuda a vestirse, dice varias palabras y camina con ayuda de los familiares.
18 meses	Camina sin ayuda, sube escaleras con ayuda, tiene mejor control de sus dedos, come parcialmente solo y dice unas 10 palabras.
2 años	Corre, sube y baja escaleras sin ayuda, puede pasar las páginas de un libro de una en una, se viste casi sin ayuda (las prendas sencillas), dice frases cortas y puede comunicar sus necesidades de evacuación
3 años	Sabe vestirse sin ayuda (a excepción de anudar los cordones y abotonarse), usa palabras en plural, sube en triciclo, puede comer sin ayuda y hace preguntas constantemente.
4 años	Lanza la pelota a lo lejos, puede saltar sobre un pie, puede copiar a imagen de una cruz, conoce al menos un color, puede resolver sus necesidades de evacuación.
5 años	Atrapa con las manos la pelota que le lanzan, puede copiar un triángulo, conoce al menos cuatro colores y puede desvestirse y vestirse sin ayuda.

La psicomotricidad no se ocupa del movimiento humano en sí mismo, sino de la comprensión del movimiento como factor de desarrollo y expresión del individuo en relación con su entorno [6].

2.6 Bases para el movimiento

2.6.1 Habilidades organizativas

Entendidas como el soporte necesario para la interacción intencionada con el entorno, que surge de la información sensorial mas la actividad mental. La información sensorial no sólo da cuenta de las condiciones del entorno circundante, sino también de procesos internos del propio organismo que se relacionan con la autorregulación. Cuanto más estable y confiable es esta base sensorial respecto de lo que sucede con el cuerpo propio en el espacio, el organismo estará en mejor pie para ir a conocer y dominar ese mismo espacio. La actividad mental se relaciona directamente con el componente motivacional. Esta se hace manifiesta desde el inicio a través del querer hacer o interesarse por algún evento externo al propio sistema. [7]

2.6.2 Control postural

Se refiere a la capacidad de reorganizar la postura sobre la base de un tono adecuado, que permite que el cuerpo adopte posturas y se mueva, en una acción sinérgica y armónica de grupos agonista y antagonistas de las partes axiales y dístales del cuerpo. El tono postural resulta de la actividad diferenciada de musculatura fásica y tónica, con fuerte interacción de los sistemas vestibular y propioceptivo para el control antigravitatorio. La reorganización de la postura obedece a la capacidad de mantener el centro de gravedad dentro de la base de apoyo. A su vez, la postura es dinámica y flexible, y al mismo tiempo estable. La flexibilidad se manifiesta a través del

tránsito fluido de una posición a otra, que debe producirse tantas veces como sea necesario para permitir el movimiento; se observa claramente como una orientación del cuerpo al ambiente, con un propósito. La estabilidad se observa en la capacidad del cuerpo de moverse y permanecer contra la fuerza G [7].

2.6.3 Mecanismos de enderezamiento

Son aquellos mecanismos antigravitatorios que permiten que el cuerpo se mueva de manera eficiente venciendo la fuerza G en respuesta al desplazamiento del centro de masa fuera de la base de apoyo. Intervienen la musculatura tónica y fásica, el procesamiento de la información vestibular de posición de la cabeza en el espacio, el procesamiento de la información propioceptiva de cuello sobre cuerpo y de segmentos sobre cuerpo (a través del estiramiento de tendones) y también de la información visual, en un proceso de comparación permanente de estas tres modalidades sensoriales. Los mecanismos de enderezamiento se dan en la intensidad de respuesta que sea evocada por el desplazamiento del centro de masa para mantener la organización.

Ellos se originan en la intensidad de respuesta que sea evocada por el desplazamiento del centro de masa para mantener la organización del cuerpo en sentido vertical, y pueden ser:

• **De enderezamiento:** observados a través de la manutención de cabeza y cuello en la vertical, y participan de manera importante en la adquisición del control cefálico. Para mantener o recuperar esta posición se requiere reclutar la musculatura tónica de cuello y cintura escapular. Cuando ésta es deficiente, participa además la musculatura fásica de ambas partes, o incluso de partes más bajas del tronco.

• **De protección:** respuesta que incluye la participación de las extremidades superiores, cuando la respuesta de enderezamiento de cuello es sobrepasada por la demanda que provoca el desplazamiento del centro de masa. Cumplen una función protectiva, y se adquieren consecutivamente las anteriores (respuesta con extensión de brazos hacia adelante), luego las laterales y finalmente las posteriores (brazos hacia atrás). Participan de manera importante en el control de la posición sedente y bípeda.

• **De equilibrio (o balance):** respuesta que recluta a todos los segmentos del cuerpo que sea necesario para volver el centro de masa dentro de la base de apoyo, por lo tanto se comienzan a desarrollar alrededor de los 12 meses, cuando se inicia el control de la posición bípeda y la marcha [7].

2.7 Importancia del movimiento y motricidad

El movimiento representa un auténtico medio de expresión y comunicación. En el se exteriorizan todas las potencialidades: orgánicas, motrices, intelectuales y afectivas. Por eso es tan importante el movimiento en la vida de todas las personas y es una razón valedera para recomendar que las actividades de aprendizaje de los niños y las niñas en edad parvularia, deban estar cargadas de movimiento y libertad. Por su naturaleza, los movimientos se clasifican en dos clases:

- **Movimientos gruesos**: Son los que utilizan las partes grandes del cuerpo, tronco y extremidades.

- **Movimientos finos**: Son los que requieren mayor coordinación y utilizan las partes pequeñas del cuerpo: manos, dedos, pies.

De acuerdo con esta clasificación del movimiento, se establecen los dos tipos de motricidad: motricidad gruesa y fina [7].

Tabla 2.2 Tipos de motricidad [7]

Motricidad	
Motricidad Gruesa	**Motricidad Fina**
Capacidad del cuerpo para integrar la acción de los músculos largos, con el objeto de realizar determinados movimientos: saltar, correr, trepar, arrastrase, bailar, etc.	Capacidad para utilizar los pequeños músculos para realizar movimientos muy específicos: arrugar la frente, apretar los labios, cerrar el puño, recortar y todos aquellos que requieres la participación de dedos t manos

2.8 El gateo

El gateo es el desplazamiento que se produce por la acción coordinada de brazos y piernas con el apoyo de las manos y de las rodillas encontrándose el tronco paralelo a la superficie de desplazamiento y con la parte delantera del mismo orientado hacia ella. El gateo es un forma determinada de cuadrupedia, lo que quiere decir caminar con cuatro apoyos como se muestra en la figura 2.1

Figura 2.1 Niño gateando [9].

Al gatear, el niño apoya su peso en las palmas de las manos y soporta esa tensión en las articulaciones de los hombros, de la columna vertebral, del

fémur y la cadera. Aprende la oposición a la gravedad. La formación de la articulación de las caderas, que realiza con el arrastre y el gateo, es fundamental para cuando se ponga de pie, pueda sustentar sobre esas articulaciones el peso del cuerpo [9].

2.9 Ubicación del centro de gravedad

Al comenzar el sedente, el centro de gravedad puede ubicarse en las primeras dorsales o dorsales altas. En el séptimo mes donde hay un buen control en sedente puede descender a lumbares bajas; para el octavo mes donde comienza la posición de 4 puntos, el centro de gravedad se establece en las lumbares altas, al noveno mes desarrolla la posición de 2 puntos mediante la cual el centro de gravedad disminuye a las lumbares bajas. En el décimo mes cuando empieza la bipedestación, el centro de gravedad se instaura a nivel sacro, S2, S3, lo cual determina la posición normal en los seres humanos [9].

2.10 Antropometría

Se considera a la antropometría como la ciencia que estudia las medidas del cuerpo humano, con el fin de establecer diferencias entre individuos, grupos y razas (Ver figura 2.2). Las dimensiones del cuerpo humano varían de acuerdo al sexo, edad, nivel socioeconómico, por lo que esta ciencia dedicada a investigar, recopilar y analizar estos datos, resulta una directriz en el diseño de los objetos y espacios arquitectónicos, al ser estos contenedores o prolongaciones del cuerpo y que por lo tanto, deben estar determinados por sus dimensiones. Estas dimensiones son de dos tipos esenciales: estructurales y funcionales.

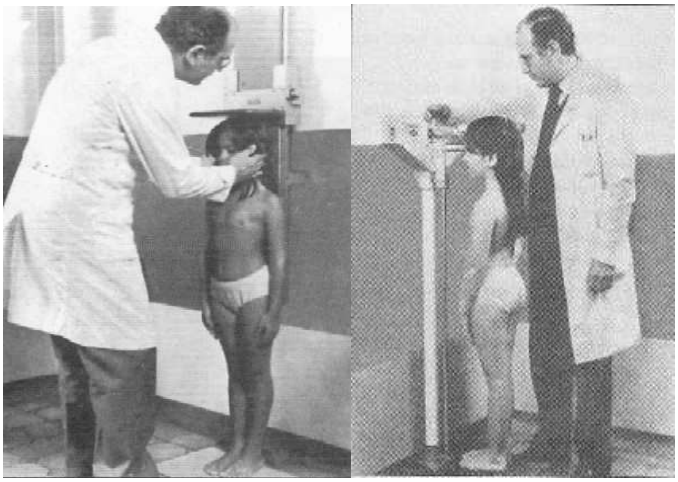


Figura 2.2 Medición de variables antropométricas en niños y niñas [13].

- **La antropometría estructural** (o antropometría estática), que se refiere a dimensiones simples de un ser humano en reposo (ejemplo: peso, estatura, longitud, anchura, profundidades y circunferencia).
- **La antropometría funcional** (o antropometría dinámica), que estudia las medidas compuestas de un ser humano en movimiento (ejemplo: estirarse para alcanzar algo, rangos angulares de varias articulaciones, etc.) [13]

2.10.1 Variables antropométricas

Una variable antropométrica es una característica del organismo que puede cuantificarse, definirse, tipificarse y expresarse en una unidad de medida. Las variables lineales se definen generalmente como puntos de referencia que pueden situarse de manera precisa sobre el cuerpo. Los puntos de referencia suelen ser de dos tipos: esquelético-anatómicos, que pueden localizarse y seguirse palpando las prominencias óseas a través de la piel, y las referencias virtuales, que se definen como distancias máximas o mínimas utilizando las ramas de un pie de rey.

Las variables antropométricas tienen componentes tanto genéticos como medioambientales y pueden utilizarse para definir la variabilidad individual o de la población. La elección de las variables debe estar relacionada con el objetivo específico de la investigación y tipificarse con otro tipo de investigaciones en el mismo campo, ya que el número de variables descrito en la literatura es extremadamente grande: se han descrito hasta 2.200 variables para el cuerpo humano.

Las variables antropométricas son principalmente medidas lineales, como la altura o la distancia con relación al punto de referencia, con el sujeto sentado o de pie en una postura tipificada; anchuras, como las distancias entre puntos de referencia bilaterales; longitudes, como la distancia entre dos puntos de referencia distintos; medidas curvas, o arcos, como la distancia sobre la superficie del cuerpo entre dos puntos de referencia, y perímetros, como medidas de curvas cerradas alrededor de superficies corporales, generalmente referidas en al menos un punto de referencia o a una altura definida [10].

2.11 Fuentes de variabilidad antropométrica

Son fácilmente observables las variables que afectan las dimensiones del cuerpo humano y su variabilidad, e incluyen la edad, el sexo, la cultura, la ocupación y aun las tendencias históricas.

2.11.1 Edad

Para la mayoría de las longitudes del cuerpo, se obtiene el creciente total para todos los propósitos prácticos, alrededor de los 20 años para el hombre y a los 17 para la mujer.

2.11.2 Sexo

En este aspecto, el hombre es más grande que la mujer, para la mayoría de las dimensiones corporales, y la extensión de esta diferencia varia de una dimensión a otra. Por ejemplo, las dimensiones de la longitud, anchura y grosor de la mano; circunferencia de la mano, del puño y de la muñeca; longitud y grosor de los dedos; etc. Las dimensiones masculinas son 20% más grande que las femeninas, en lo que respecta a la anchura, y 10% más grandes en lo que respecta a las dimensiones de largo.

Pero la mujer es constantemente más grande en lo que respecta a pecho, ancho de la cadera, circunferencia de la cadera y circunferencia de los muslos. Además en el embarazo afecta marcadamente ciertas dimensiones, las cuales llegan a tener significado antropométrico después del cuarto mes de embarazo.

2.11.3 Cultura

Un ergónomo (Kennedy, 1975) relacionó las estaturas con el diseño de cabinas y señalo que en la fuerza aérea de EE.UU. es costumbre diseñar para el 90% de la población, y este rango solo se adecuaría al 80% de los franceses, 69% de los Italianos, 43% de los japoneses, 24% de los Tailandeses y el 14% de los Vietnamitas.

2.11.4 Ocupación

Muchas dimensiones corporales de un trabajador normal son en promedio más grandes que un académico. Sin embargo las diferencias pueden estar relacionadas con la edad, la dieta, el ejercicio y otros factores, además de cierto grado de auto selección [10].

2.12 Fisiología articulada

Los ejes en el ser humano pueden ser conceptualizados como líneas imaginarias que atraviesan el cuerpo y ayudan a describir la ejecución de los movimientos. Los mismos pueden ser divididos en tres secciones, como se muestra en la figura 2.3.

- **Eje cefalopodal:** es el más largo del cuerpo, se representa por una línea imaginaria que va desde las vértebras cervicales al centro de las superficies de apoyo formadas por los pies ubicado perpendicularmente al plano horizontal, estando el sujeto de pie con las extremidades inferiores unidas.

- **Eje anteroposterior:** es una línea imaginaria perpendicular al tórax (plano frontal) que lo atraviesa de adelante hacia atrás.

- **Eje transversal:** Es una línea imaginaria que atraviesa de lado a lado en forma perpendicular al plano sagital [19].

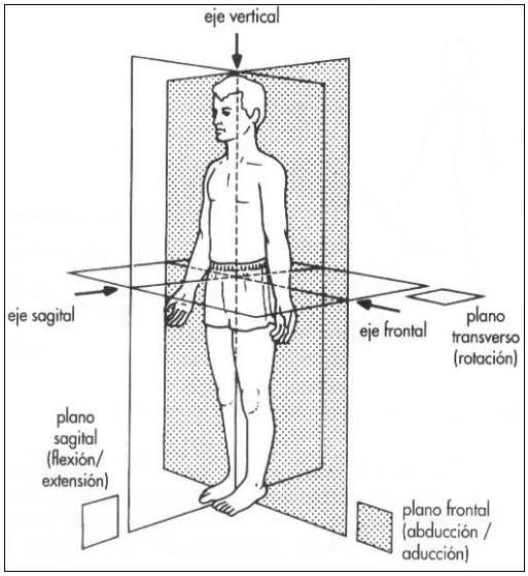


Figura 2.3 Planos y ejes del cuerpo humano [19].

2.12.1 Movimiento del hombro

El hombro, articulación proximal del miembro superior, es la más móvil de todas las articulaciones del cuerpo humano. Posee tres grados de libertad, lo que le permite orientar el miembro superior en relación a los tres planos del espacio, merced a tres ejes principales:

- **Eje transversal**: incluido en el plano frontal, permite los movimientos de flexo extensión realizados en el plano sagital, como se muestra en la figura 2.4

- **Eje anteroposterior:** incluido en el plano sagital, permite los movimientos de abducción (el miembro superior se aleja del plano de simetría del cuerpo) y aducción (el miembro superior se aproxima al plano de simetría) realizados en el plano frontal.

- **Eje vertical:** dirige los movimientos de nexiún y de extensión realizados en el plano horizontal, el brazo en abducción de 90º [20]

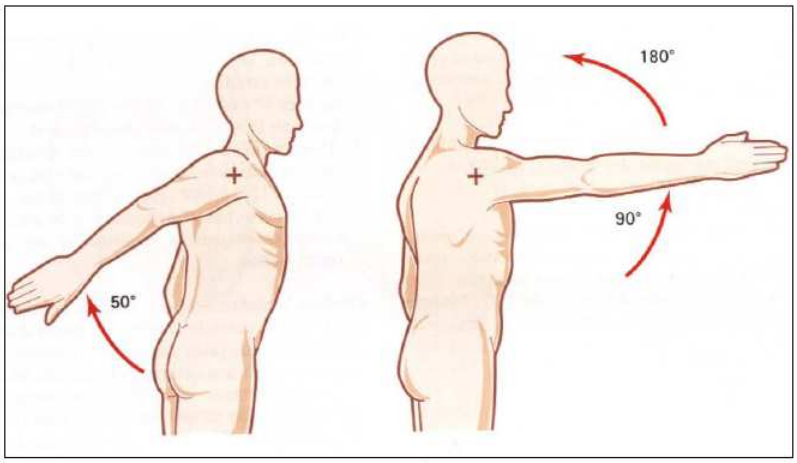


Figura 2.4 Movimiento del hombro en el plano frontal [20].

2.12.2 Movimiento de la cadera

La cadera es la articulación proximal del miembro inferior situada en su raíz, su función es orientarlo en todas las direcciones del espacio, para lo cual posee tres ejes y tres grados de libertad como se muestra en la figura 2.5

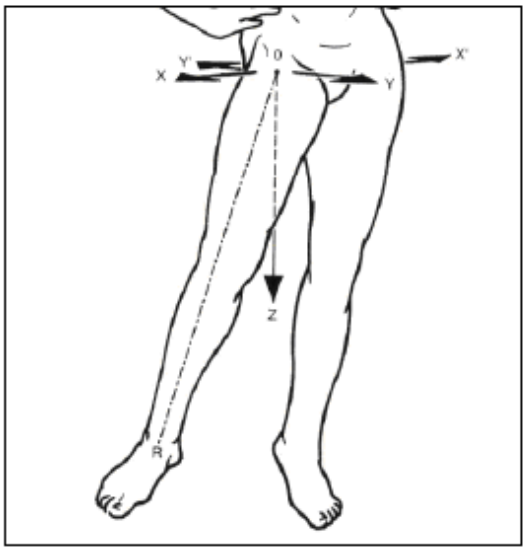


Figura 2.5 Fisiología de la cadera [20].

- **Un eje transversal XOX`:** Situado en el plano frontal, alrededor del cual se ejecutan los movimientos fle-extensión.

- **Un eje anteroposterior YOY`:** en el plano sagital, que pasa por el centro de la articulación, alrededor del cual se efectúan los movimientos de abducción- aducción.

- **Un eje vertical OZ:** que se confunde con el eje longitudinal OR del miembro inferior cuando la cadera está en una posición de alineamiento. Este eje longitudinal permite los movimientos de rotación externa y rotación interna [20].

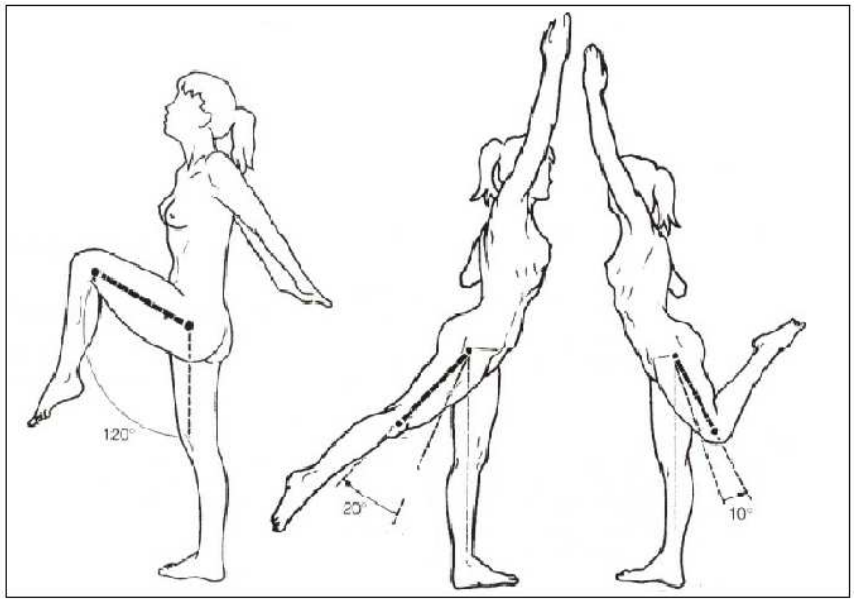


Figura 2.6 Algunos movimientos de la cadera [20].

2.13 Descripción de algunas patologías que intervienen en el retardo del desarrollo psicomotor.

La parálisis cerebral es una condición o incapacidad del niño debido a un desorden del control muscular, que produce dificultad para moverse y colocar el cuerpo en una determinada posición. Esto es debido a que antes o después del nacimiento una pequeña parte del cerebro del niño se daña, afectando a aquella parte que controla el movimiento. Los músculos reciben una mala información procedente de la zona del cerebro que se encuentra afectada y se provoca una contracción excesiva o por el contrario muy poca o nada. Sin embargo, los músculos no están paralizados. Algunas veces el daño cerebral afecta a otras partes del cerebro provocando dificultad a la hora de ver, oír, comunicarse y aprender.

La parálisis cerebral afecta al niño de por vida. El daño cerebral no empeora pero a medida que el niño va creciendo, las secuelas se van

haciendo más notables. Los afectados medianamente serán capaces de aprender a andar con una ligera inestabilidad. Sin embargo, otros pueden tener dificultades para usar sus manos. Los niños afectados severamente de parálisis cerebral, pueden necesitar ayuda para aprender a sentarse y pueden no ser independientes en actividades de la vida diaria. Se encuentra en todos los países y en toda clase de familias. Estadísticamente, uno de cada 300 niños nacidos tiene o puede desarrollar una parálisis cerebral.

Todos los niños que sufren esta enfermedad se pueden beneficiar con un aprendizaje y un tratamiento precoz para ayudarles a su desarrollo; aunque esto no significa que el niño se cure, las secuelas pueden disminuir dependiendo, por una parte, de lo precozmente que se empiece a tratar al niño y, por otra, de la afectación cerebral que tenga. Cuanto antes se empiece con el tratamiento, mayor beneficio obtendrá el niño [15].

2.13.1 Tipos de parálisis cerebral

- **Espástica**: Espástica significa músculo contraído o duro. El músculo en estas condiciones hace que el movimiento sea lento y torpe. La mala información que reciben los músculos, procedente de la parte dañada del cerebro, provoca posiciones anormales en el niño, de las cuales le es muy difícil salir; esto provoca una disminución en la variedad del movimiento, y las deformidades se van instaurando gradualmente.

La dureza del músculo es peor cuando el niño quiere realizar un movimiento rápido. Cambiando la posición de la cabeza, se puede producir un cambio de la dureza de los músculos de un lado a otro del cuerpo.

Las parálisis cerebrales espásticas son las más comunes de entre todos los tipos de parálisis cerebrales.

Existen varios tipos dependiendo de la parte del cuerpo afectada. Así distinguiremos como se muestra en la siguiente figura:

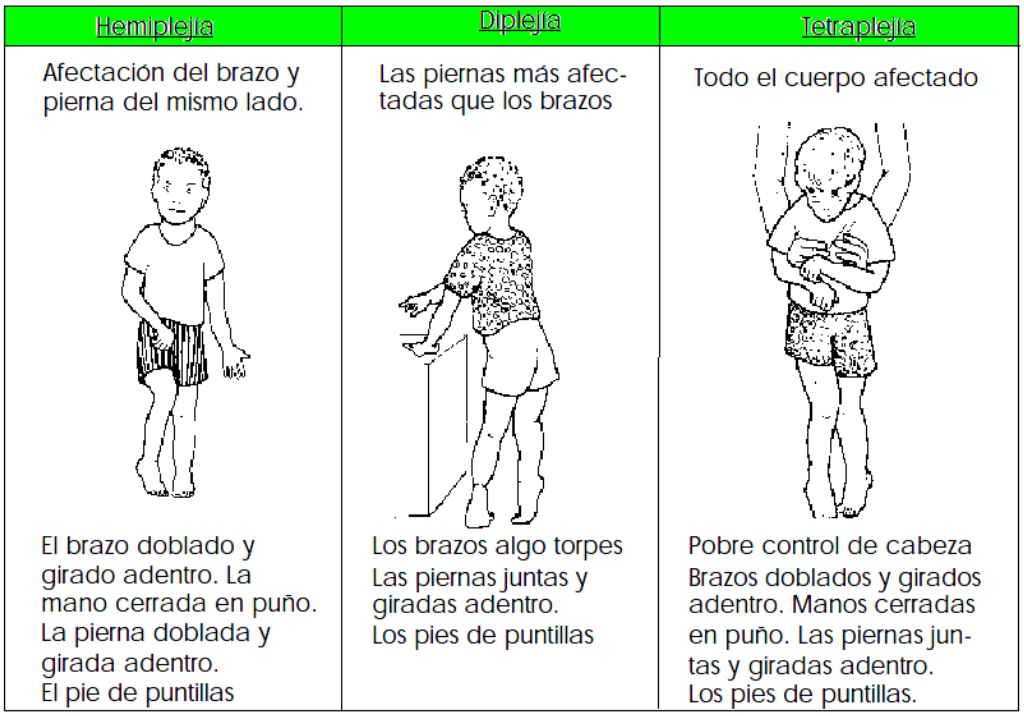


Figura 2.7 Parálisis cerebral tipo espástica [15]

- **Atetóxico:** Atetosis significa "movimientos incontrolados". Estos son espasmódicos o lentos y reptantes de las piernas, brazos, manos o cara del niño.

Los movimientos ocurren casi todo el tiempo; estos se acentúan y son peores cuando el niño está excitado o de pie y disminuyen cuando está calmado. El niño adopta posiciones anormales que se cambian dependiendo de que los músculos estén duros y tensos o flácidos y blandos. Este continuo cambio de movimiento hace que el niño no pueda mantenerse quieto, por lo tanto el equilibrio es muy pobre. Si la cara se encuentra afectada, hace más

difícil el que el niño pueda hablar lo suficientemente claro para que se le entienda.

Este tipo de niños son tan flácidos y blandos como un bebé. Normalmente desarrollan movimientos incontrolados a los dos o tres años de edad, esto va ocurriendo gradualmente.

- **Atáxico:** Ataxia significa "movimientos inseguros y vacilantes". Estos movimientos inseguros sólo se pueden apreciar cuando el niño trata de mantener el equilibrio, caminar o realizar alguna actividad con sus manos. Por ejemplo cuando el niño trata de alcanzar un juguete no lo consigue al primer intento. El mantenerse de pie y andar le cuesta mucho, por no poder mantener el equilibrio.

- **Mixto:** Algunos niños muestran características de más de un tipo de parálisis cerebral. Por ejemplo, algunos niños presentan una parálisis cerebral espástica con movimientos atetóxicos. [15]

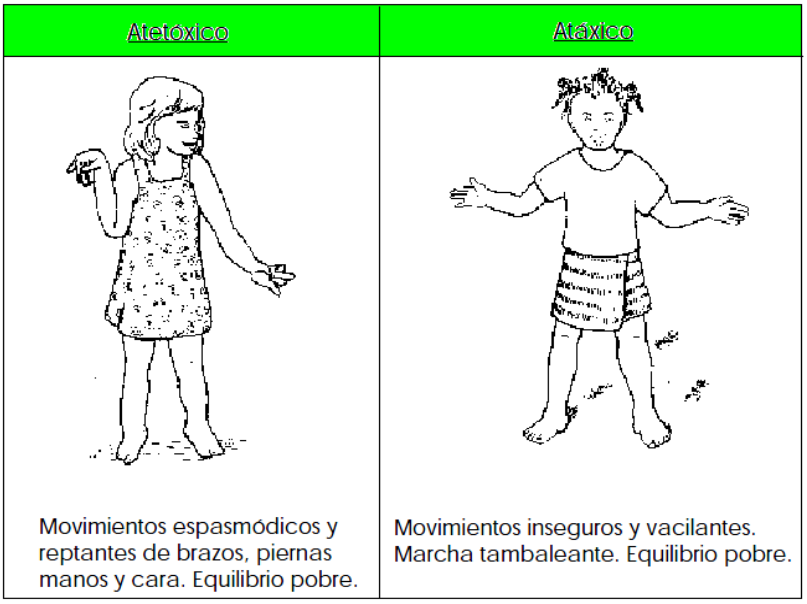


Figura 2.8 Parálisis cerebral tipo atetóxico y atáxico [14].

2.14 Biomecánica

La biomecánica es el cuerpo de conocimientos que usando las leyes de la física y de la ingeniería, describe los movimientos efectuados por los distintos segmentos corporales y las fuerzas actuantes sobre estas mismas partes, durante las actividades normales de la vida diaria [13].

2.14.1 Consideraciones biomecánica en el desarrollo motor normal

El alineamiento biomecánico como condición organizadora de la postura y el movimiento normal es un aspecto central para que el cuerpo se mueva de manera eficiente.

Se observa de manera espontánea sobre la base de un tono postural normal en el curso del desarrollo típico. Esta condición surge facilitada por la flexión fisiológica que domina el cuerpo del recién nacido de termino, y da paso a un interjuego de simetría y asimetría a determinadas edades dentro del primer año de vida, que es donde se consigue el dominio sobre el desplazamiento, el alcance y la manipulación.

El tono postural normal y alineamiento biomecánico son condiciones que permiten que el cuerpo se mueva, con flexibilidad y estabilidad, experimentando la transición de movimientos de manera fluida y en combinación de planos de movimiento, ya que los movimientos pueden iniciarse en un plano y terminar en otro, mientras que las partes estables del cuerpo permanecen en un plano y los segmentos móviles en otro. Tal armonía y variedad es característica del movimiento normal, se observa desde que comienza el aprendizaje motor, pero es la condición que mas se altera en presencia de un trastorno neuromotor de origen central. [7]

2.15 Método de elementos finitos (MEF)

2.15.1 Introducción al método de elementos finitos

Muchos de los problemas de la ingeniería y de las ciencias aplicadas están gobernados por ecuaciones diferenciales o integrales. La complejidad de geometría o de las condiciones de frontera halladas en muchos de los problemas del mundo real impiden obtener una solución exacta del análisis considerado, por lo que se recurre a técnicas numéricas de solución de las ecuaciones que gobiernan los fenómenos físicos. El Método de los Elementos Finitos es una de estas técnicas numéricas, muy apropiada para su implementación en computadores dada su facilidad para el manejo de algoritmos numéricos, rapidez en los cálculos y precisión en la respuesta. Esta técnica puede ser aplicada para resolución de problemas de diversa índole: mecánica de sólidos, mecánica de fluidos, transferencia de calor vibraciones, etc. Los procedimientos para la resolución de los problemas en cada uno de estos campos son similares, aunque el enfoque principal se hace en los problemas de análisis estructural.

En todos los modelos de elementos finitos el dominio o continuo (el sólido en problemas de mecánica de sólidos) se divide en un número finito de formas simples denominadas elementos. Las propiedades y las relaciones gobernantes del fenómeno estudiado se asumen sobre estos elementos, y se expresan matemáticamente en términos de valores desconocidos en puntos específicos de los elementos denominados nodos. Estos nodos sirven de conexión entre los elementos. En los modelos sólidos, los desplazamientos en cada elemento están directamente relacionados con los desplazamientos nodales, y los desplazamientos nodales se relacionan a su vez con las deformaciones y los esfuerzos en los elementos. El método de Elementos Finitos trata de seleccionar los desplazamientos nodales de forma que los esfuerzos estén en equilibrio (de forma aproximada) con las cargas aplicadas.

Los desplazamientos nodales también deben ser consistentes con cualquier restricción de movimiento de la estructura.

El Método de los Elementos Finitos convierte las condiciones de equilibrio en un conjunto de ecuaciones algebraicas lineales (o no lineales) en función de los desplazamientos nodales. Después de obtener la solución de las ecuaciones se pueden hallar las deformaciones y los esfuerzos en los elementos. A medida que se utiliza un mayor número de elementos para representar la estructura, los esfuerzos se acercan más al estado de equilibrio con las cargas aplicadas. Por tanto, un concepto importante en el uso del método de los elementos finitos es que, en general, un modelo de elementos finitos se aproxima a la solución real del problema a medida que se incrementa la densidad de elementos, lo cual conduce a la realización de un análisis de convergencia de la solución. [14]

2.15.2 Procedimiento de solución usando MEF

La solución de cualquier problema utilizando el Método de los Elementos Finitos contempla los siguientes pasos.

1. Especificar la geometría. Esto puede hacerse dibujando la geometría en un programa CAD y exportando el modelo sólido a un programa que permita realizar análisis de esfuerzos a través del método de elementos finitos.

2. Definir el tipo de elemento y las propiedades del material.

3. Aplicar las condiciones de frontera (restricciones) y las cargas externas.

4. Enmallar el objeto. Consiste en dividir el objeto en pequeños elementos.

5. Generar una solución.

6. Los datos obtenidos como resultado pueden visualizarse a través de gráficas o dibujos.

7. Refinar la malla. El método de Elementos Finitos es un método aproximado, y en general la precisión de la solución se incrementa con el número de elementos usado. El número de elementos requerido para obtener una respuesta confiable depende del problema específico; sin embargo, es recomendable siempre incrementar el número de elementos en el objeto y observar la variación en los resultados.

8. Interpretación de los resultados. Este paso es el más importante de todo el análisis, pues requiere de los conocimientos y la habilidad del ingeniero para entender e interpretar los resultados arrojados por el programa. Este paso es crítico para lograr la aplicación de los resultados en la solución de los problemas reales, o para identificar los posibles errores cometidos durante la etapa de modelamiento.[14]

2.16 Soldadura

La soldadura es un proceso de fabricación en donde se realiza la unión de dos materiales, generalmente metales o termoplásticos, usualmente logrado a través de la coalescencia o fusión, en la cual las piezas son soldadas fundiendo ambas y agregando un material de relleno fundido, el cual tiene un punto de fusión menor al de la pieza a soldar que, al enfriarse, se convierte en una unión fija. Existen varios tipos de soldaduras entre los que destaca:

- **Soldadura por arco:** Para realizar este tipo de soldadura se induce una diferencia de potencial entre el electrodo y la pieza a soldar, con lo cual ioniza el aire entre ellos y pasa a ser conductor, de modo que se

cierra el circuito y se crea el arco eléctrico. El calor del arco funde parcialmente el material de base y funde el material de aporte, el cual se deposita y crea el cordón de soldadura [21].

2.17 Bisagras

Una bisagra es un herraje compuesto de dos piezas unidas entre sí por un eje o un mecanismo de forma que fijadas a dos elementos, permiten el giro de uno respecto al otro. Se utilizan principalmente para puertas y tapas, pero pueden tener más aplicaciones. La variedad de modelos presentes en el mercado es enorme y se adapta en forma y tamaño a sus múltiples utilidades. Los materiales de fabricación se pueden concentrar en dos grandes grupos:

- Plástico
- Metal: acero, cinc, latón, bronce, etc.

Las bisagras se pueden diferenciar de acuerdo a las siguientes características:

- Su grado de apertura, que varía hasta los 180º, dependiendo del mueble al que va destinada.
- Su grado de visibilidad, distinguiéndose las invisibles y las de tipo barril.
- Su sistema de colocación, diferenciándose la manual a tornillos y la automática que precisa el uso de maquinaria [22].

CAPÍTULO 3
Metodología

En el siguiente capítulo se presenta detalladamente la metodología que se llevará a cabo para el desarrollo de esta investigación, con el fin de ilustrar de forma estructurada la secuencia de pasos considerados en el diseño y construcción del dispositivo para asistir el gateo.

3.1 Población y muestra

La investigación se llevará acabo en el IVSS ubicado en el sector Naguanagua del estado Carabobo en el área de fisiatría infantil.

La muestra esta representada por niños que presentan retardo en el desarrollo psicomotor en edades entre diez meses y siete años (peso máximo de 35 kilogramos). La selección de estos infantes se realizará conjuntamente con el personal encargado de llevar a cabo las terapias, quienes determinarán en base a sus conocimientos y experiencia al conjunto de niños capaces de realizar los movimientos necesarios para la práctica del gateo.

3.2 Técnicas para la recolección de datos

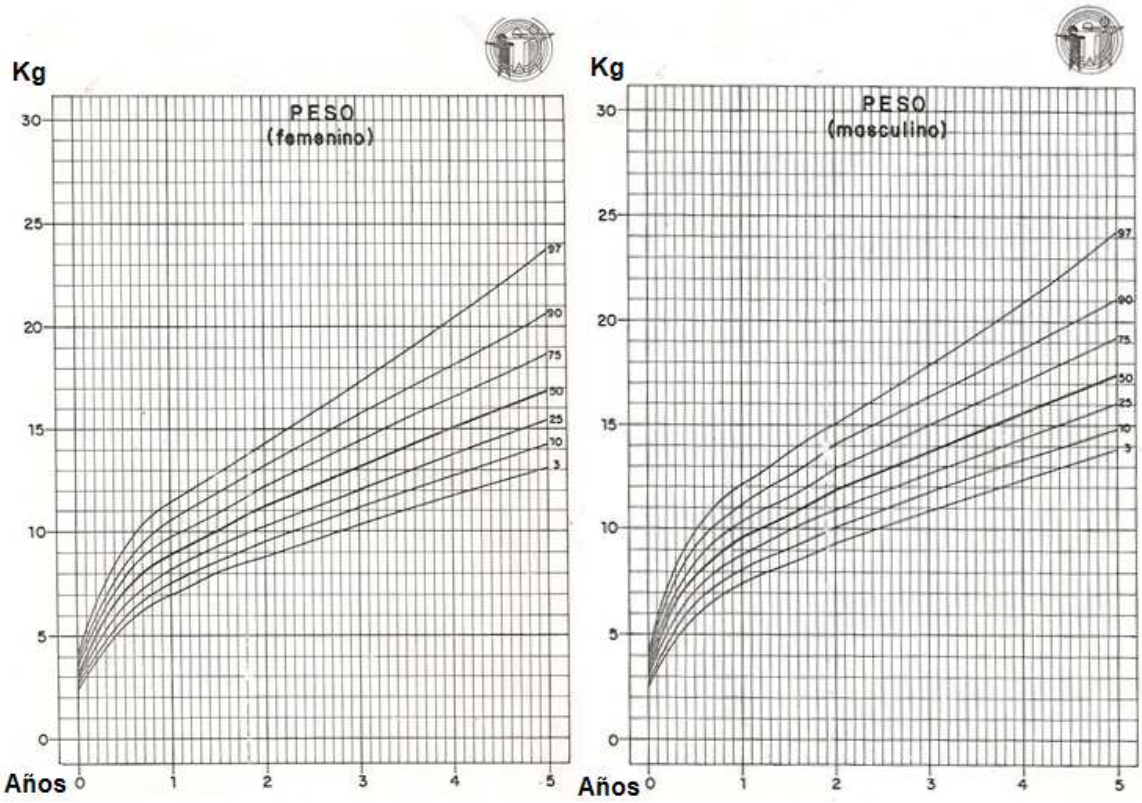
En la realización de este proyecto es necesario la búsqueda de información en las siguientes áreas:

- **Antecedentes:** patentes registradas o dispositivos ya existentes en el mercado. Las investigaciones realizadas de estas fuentes nos permitirán ampliar y mejorar las ideas de las posibles soluciones a proponer, ya que de ellas se obtendrán informaciones y datos importantes de diseños previos, su funcionamiento, piezas utilizadas y materiales empleados.

- **La biomecánica:** los conocimientos adquiridos en esta rama de la bioingeniería serán de gran utilidad para las consideraciones que se establezcan en el diseño del dispositivo, debido a que será posible aplicar y relacionar las leyes de la mecánica con el cuerpo del paciente al estar sometido a movimientos y fuerzas.

- **Fisioterapia:** consultas y entrevistas realizadas al personal del área fisiatría, familiarizados con el desarrollo y crecimiento de niños y niñas, ya que por su experiencia conocen los aspectos más importantes a tener en cuenta en el proceso de rehabilitación.

- **Medidas antropométricas:** con la utilización de tablas y curvas de crecimiento y desarrollo del cuerpo humano se consigue la relación entre la edad, el peso y la talla. Estas características dependen principalmente del sexo, la edad, y la ubicación del estudio realizado a los grupos de individuos.



A) B)

Figura 3.1 Peso según la edad para sexo A) femenino y B) masculino [15].

3.3 Formulación de la solución

Al revisar la bibliografía para el desarrollo de esta investigación, se planteará la posible solución del dispositivo. La solución será evaluada en base a los siguientes criterios:

- **Análisis de sencillez para la construcción:** se refiere al estudio del mercado venezolano con la finalidad de determinar la existencia de los materiales necesarios y piezas a utilizar para la construcción del dispositivo. Teniendo presente además aspectos tales como costos, forma de adquisición de la materia prima y el ensamble de los componentes.

- **Adaptación en el área de fisiatría:** esta relacionado con las dimensiones del cuarto y el espacio disponible para la instalación del dispositivo, con la finalidad de que no interfiera en el desarrollo de las diversas terapias y no obstaculice la utilización de otros equipos de rehabilitación en las instalaciones del IVSS.

3.4 Procedimiento para el diseño del dispositivo

Formulada la solución se procederá a diseñar el dispositivo con la ayuda de programas especializados en el área de diseño mecánico. Para ello se llevarán a cabo los siguientes pasos:

a) Inicialmente se realizará la geometría de los componentes que conforman al dispositivo utilizando un programa CAD, para luego exportar el modelo del sólido a otro programa que permita realizar análisis de esfuerzos utilizando el método de elementos finitos (MEF).

b) Se seleccionará el material de cada pieza del dispositivo y se realizará el mallado del sólido.

c) Definidas las características del dispositivo se procederá a especificar las condiciones de bordes del sólido a estudiar, es decir las fuerzas y restricciones necesarias que simulen la realidad del problema.

d) Se realizará el análisis del modelo creado, para ello es necesario ejecutar los pasos a, b y c hasta conseguir la convergencia.

e) Dependiendo del resultado, si existe uno o varios componentes del dispositivo que fallan o no soportan la fuerza aplicada, se puede cambiar el tipo de material, siempre y cuando se encuentre dentro del mercado

nacional. Igualmente se puede modificar el diseño original y establecer dimensiones diferentes a las iníciales para luego ser evaluado nuevamente.

3.5 Construcción y pruebas funcionales del dispositivo

Una vez realizado el diseño del dispositivo y analizada su resistencia se procederá a la construcción del mismo y a la realización de pruebas para su evaluación final, llevando a cabo las siguientes actividades:

- Se realizará un estudio económico (presupuesto) donde se incluyan los costos de materia prima y los costos de mano de obra (elaboración de las piezas) para la construcción e instalación del dispositivo.

- Se construirá el dispositivo en base a los resultados obtenidos durante el proceso de diseño, respetando aspectos tales como materiales y dimensiones establecidas.

- Finalmente se realizarán las pruebas funcionales. Estas deberán realizarse en condiciones de trabajo similares a las que estará expuesto el dispositivo tales como peso a soportar, movilidad y adaptación al cuerpo del infante.

CAPÍTULO 4
Diseño y Resultados

En este capítulo se estudiarán los factores que se deben considerar para la ejecución de este proyecto y se explicarán detalladamente los pasos a seguir para la realización del diseño.

4.1 Factores y parámetros de interés.

4.1.1 Antropometría de infantes

Haciendo uso de la información suministrada en la tabla del anexo A la cual muestra los datos promedios de crecimiento y desarrollo humano en la República Bolivariana de Venezuela, se obtienen las medidas antropométricas para infantes de sexo masculino y femenino en un rango de edades comprendidas entre los 10 meses y 8 años.

Esta tabla de crecimiento es un breve resumen de la investigación hecha por el Dr. Hernán Castellano, la cual refleja que el sexo femenino en la etapa motriz tiende a tener una estatura más baja y un peso menor que el sexo masculino. Donde el percentil 3 pertenece para el grupo de infantes más pequeños mientras que el percentil 97 para los más altos.

Esto nos permite identificar que los niños que se encuentran en un percentil 97 en su crecimiento son los mas altos y de mayor peso del grupo

mientras que las niñas que se encuentran en un percentil 3 son las mas baja del mismo y de menor peso.

En la figura 4.1 se observa la proporción del niño mas pequeño respecto al mas alto colocado en la posición de gateo. Se puede notar que la diferencia de altura que existe en esta posición se encuentra alrededor de 21 cm respecto a la cadera. Adicionalmente la distancia de la medida sentada (de la cadera a la cabeza) se incrementa en 31,5 cm.

Estas medidas nos permitirán establecer la altura y el largo máximo y mínimo a la cual se debe ajustar el dispositivo.

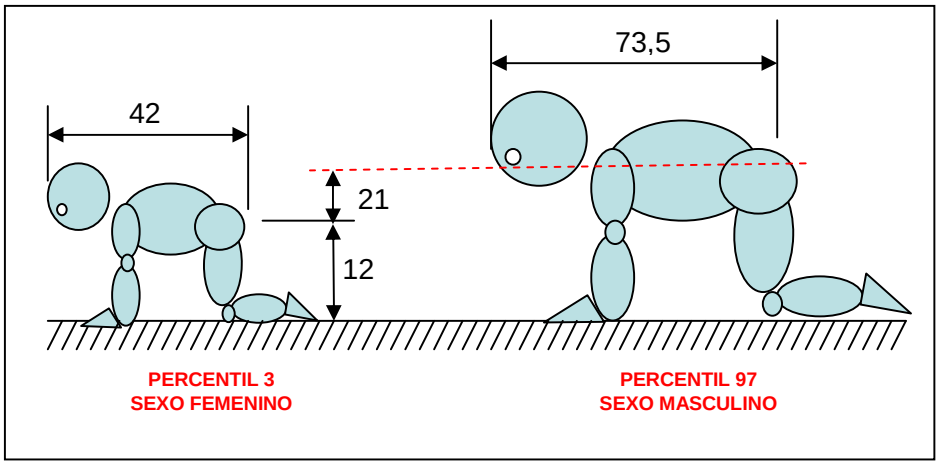


Figura 4.1 Comparación de medidas antropométricas entre infante femenino y masculino (medidas en cm) .

Un aspecto que se debe considerar en la etapa de gateo son los movimientos de oscilación que tiene el niño al momento de desplazarse, es decir el ángulo de giro que tiene la pierna respecto a la cadera y el ángulo de giro del brazo respecto al hombro tal como se observa en la figura 4.2

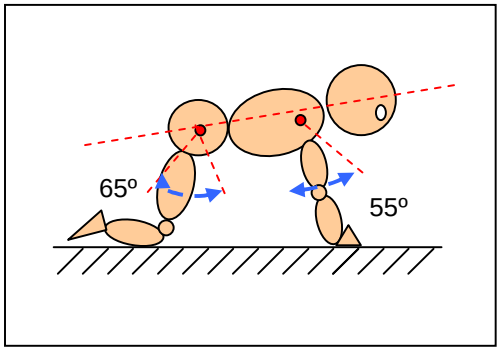


Figura 4.2 Movimiento de oscilación del gateo.

Esta información nos permitirá seleccionar el arnés adecuado para el infante con respecto al dispositivo.

4.1.2 Condiciones del área de fisiatría infantil

Para llevar a cabo el diseño del dispositivo es importante considerar el espacio físico disponible donde será utilizado así como también las características propias del lugar que puedan influir en el correcto funcionamiento del equipo. Los aspectos más importantes a considerar son los siguientes:

- Espacio reducido (4 m^2 y 2,20 m de altura).
- Abundantes equipos de rehabilitación (pelotas, colchonetas, andaderas, cilindros, juguetes, etc).

4.2 Solución planteada

Con la información médica adquirida anteriormente y la recopilación de parámetros de interés se procede a plantear la solución a diseñar:

Un dispositivo adaptable a una pared similar a un brazo capaz de girar aproximadamente 180º por medio de dos bisagras (ver figura 4.3). El brazo, esta constituido por una base riel compuesta de un perfil el cual tiene en su interior un carrito que se desplaza longitudinalmente para variar la trayectoria. Este carrito posee una alcayata que sirve para colgar cintas o eslingas graduables las cuales están unidas en uno de sus extremos a un perchero ajustable que se coloca en el tronco del infante para sujetarlo durante la realización de las terapias. El equipo cuenta también con un mecanismo que permite bloquear el giro del brazo y hacer que este se mantenga en una posición fija. Este dispositivo será diseñado principalmente para facilitar la práctica del gateo a los infantes, sin embargo también será útil para llevar a cabo otras actividades tales como caminatas cortas y balanceo.

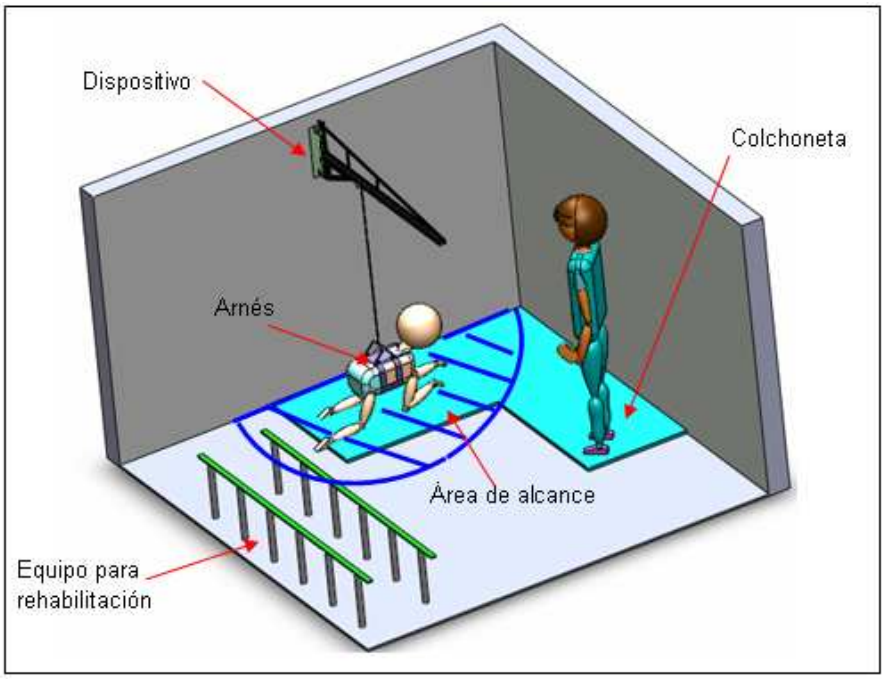


Figura 4.3 Representación de la solución.

A continuación se presenta un plano en explosión del dispositivo en donde se detallan cada una de las piezas que lo conforman. En el anexo C se pueden observar los planos correspondientes del equipo.

4.3 Componentes de estudio para el dispositivo

El dispositivo a diseñar esta compuesto por piezas y elementos que forman un ensamble con características de un brazo giratorio. En la figura 4.4 se detallan las tres partes a considerar para la realización del diseño, ya que el resto dependen de éstas o no están sometidas a grandes esfuerzos que puedan ameritar un estudio para su diseño.

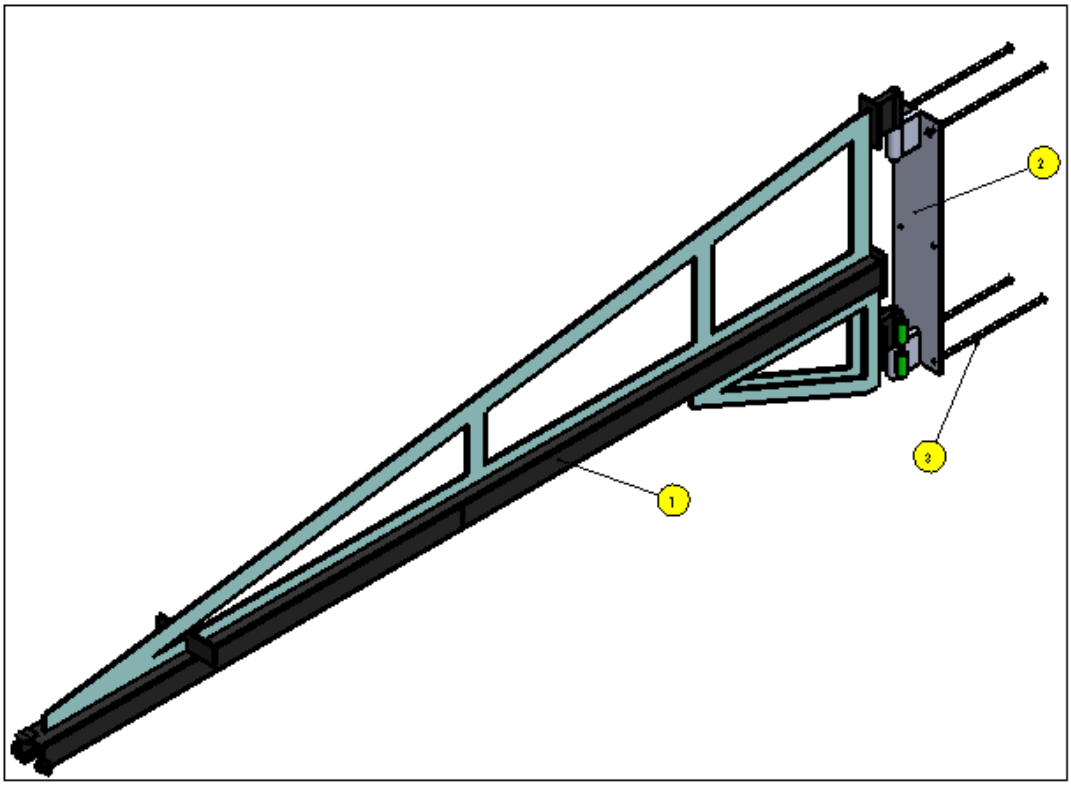


Figura 4.4 Componentes del dispositivo.

(1) Base riel: esta compuesta por la unión de elementos como son: el perfil, las alcayatas, pletinas y bisagras (hembras).

(2) Soporte de pared: esta compuesto por bisagras (machos), pletinas y la placa interna.

(3) Perno de pared: ubicados en las esquinas del soporte de pared para fijar el dispositivo.

4.4 Selección del perfil para la base riel

Las condiciones de diseño para el perfil de la base riel son las siguientes:

- El alcance de la barra debe tener mínimo 1,8 m de largo.

- Debe soportar una carga máxima de 35 Kg (es el peso del niño mas pesado para el rango de edades a estudiar) tal como se muestra en la figura 4.5

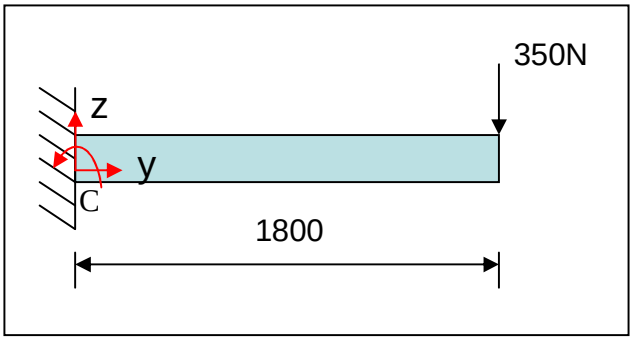


Figura 4.5 Diagrama de cuerpo libre del perfil (medida en mm).

Dadas las condiciones de borde se selecciona un perfil comercial, para nuestro caso de estudio se selecciona el perfil número 2 de la tabla 4.1

Tabla 4.1 Perfiles que se encuentra en el mercado de valencia.

Nº	Características generales	Material
1	Perfil KBK de 2” de ancho y alto $2^{1/2}$” de alto con un espesor de pared 4 mm	Hierro
2	Perfil KBK de 1 ½” de alto y 2” de ancho con un espesor de pared 4 mm	Hierro
3	Viga IPN de 85 mm de largo y 44 mm de ancho y espesor 4 mm	Hierro
4	Viga IPN de 105 mm de largo y 50 mm de ancho y espesor 4 mm	Hierro

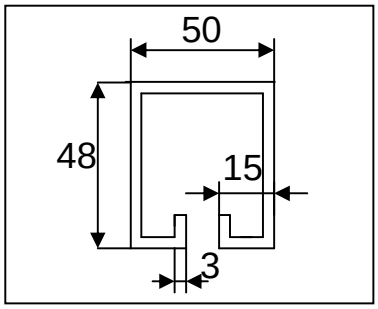


Figura 4.6 Perfil comercial numero 1 (medidas en mm).

Dado que el perfil es un elemento sencillo de estudiar, no es necesario evaluarlo mediante un programa de computadora y su estudio se realizará por método analítico.

A continuación se presentan los valores característicos del perfil a evaluar

L=1,8m E = 104GPa Sy = 290MPa

$Ap = 9{,}28.10^{-4} m^2$

$I = 2{,}6.10^{-7} m^4$

En la figura 4.5, se muestra que el perfil esta sometido a un esfuerzo cortante y un momento flector. Aplicando la ecuación de equilibrio, se calculan las fuerzas y el momento en el punto C

Cx = 0N Cy = 350N

$\Sigma M = 0$; MC = 350N×1,8m = 630N×m

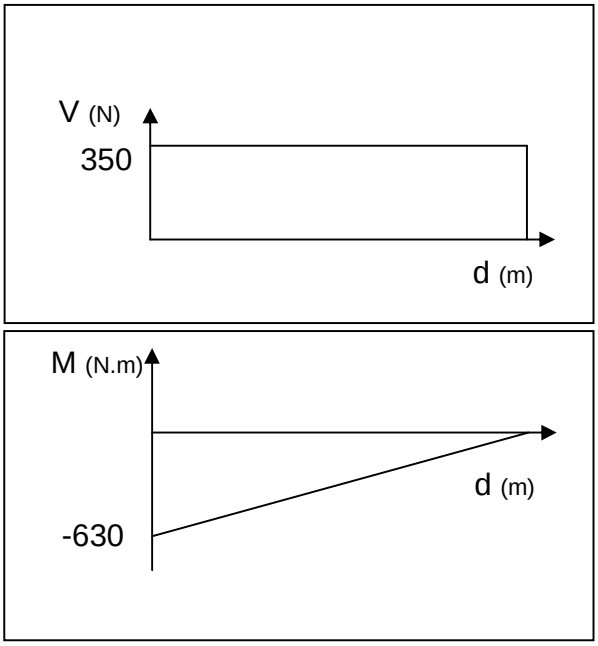


Figura 4.7 Diagrama de corte y momento para el perfil.

La zona crítica es donde se encuentra el momento flector máximo ya que el momento cortante permanece constante en toda la longitud, por lo tanto nuestro punto de estudio se encuentra ubicado en el empotramiento.

Para determinar el valor del esfuerzo normal y cortante a los que esta sometido el perfil se utilizan las siguientes ecuaciones:

$$\sigma Z = \frac{Mf \times y}{I} \qquad (4.1)$$

Donde:

σZ = esfuerzo normal en el plano Z; Mf = momento flector

y = distancia del eje neutro a la fibra mas alejada; I = inercia

$$\tau Z = \frac{3 \times V}{2 \times A} \qquad (4.2)$$

Donde:

τZ = esfuerzo cortante; V = fuerza cortante; A = área

Sustituyendo los valores característicos del perfil en las ecuaciones 4.1 y 4.2 obtenemos los valores de esfuerzo normal y cortante

$$\sigma Z = \frac{(630N \times m) \times (0{,}031m)}{2{,}6.10^{-7} m^4} = 75{,}11MPa$$

$$\tau Z = \frac{3 \times V}{2 \times A} = \frac{3 \times (350N)}{2 \times (9{,}28.10^{-4} m^2)} = 0{,}566MPa$$

Para el criterio de falla de Von Mises se tiene la siguiente ecuación:

$$\sigma crit = \sqrt{\sigma z^2 + \sigma x^2 - \sigma z \times \sigma x + 3 \times \tau z^2} \qquad (4.3)$$

Donde:

$\sigma crit$ = esfuerzo critico; σz = esfuerzo normal al plano z;

σx = esfuerzo normal al plano x; τz = esfuerzo cortante en la dirección z

Sustituyendo los valores de esfuerzo normal y esfuerzo cortante en la ecuación 4.3 se obtiene el esfuerzo de Von Mises

$$\sigma crit = \sqrt{(75{,}11Mpa)^2 + 0 - 75{,}11MPa \times 0 + 3 \times (0{,}566MPa)^2} = 75{,}2MPa$$

Para determinar el esfuerzo admisible hacemos uso de la siguiente expresión

$$\sigma adm = \frac{Sy}{\sqrt{3}} \qquad (4.4)$$

Donde:

σadm = esfuerzo admisible; Sy = esfuerzo de fluencia del material

Por ser el perfil hecho de hierro maleable su valor de esfuerzo de fluencia es 290 Mpa. Sustituyendo los valores en la expresión anterior obtenemos el esfuerzo admisible

$$\sigma adm = \frac{290MPa}{\sqrt{3}} = 167,43MPa$$

Como $\sigma adm > \sigma crit$ no falla y el factor de seguridad viene dado por la siguiente ecuación

$$N = \frac{\sigma adm}{\sigma crit} \qquad (4.5)$$

Donde:

N = factor de seguridad; σadm = esfuerzo admisible; $\sigma crit$ = esfuerzo crítico

Sustituyendo los valores correspondientes en la ecuación 4.5 obtenemos el factor de seguridad

$$N = \frac{167,43MPa}{75,2Mpa} = 2,23$$

4.5 Determinación de longitud de contacto entre componentes.

Existe un contacto longitudinal que se produce entre las ruedas del carrito y el canal interno del perfil así como también entre cada bisagra y su respectivo pasador. Esta longitud de contacto puede ser determinada mediante la siguiente expresión:

$$b = 2\times\sqrt{\frac{2\times f}{\pi\times l}\times\frac{(1-v1^2)/E1+(1-v2^2)/E2}{1/d1-1/d2}} \qquad (4.6)$$

Donde:

f = carga axial; v = razón de poisson; E = módulo de elasticidad
d = diámetro; l = longitud de contacto; b = ancho de contacto

Para el caso a estudiar entre el carrito y el perfil se tienen los siguientes valores

$E1 = 104GPa$ (hierro maleable) y $E2 = 207GPa$ (acero 1020)

$v1 = 0,30$ (hierro maleable) y $v2 = 0,28$ (acero 1020)

$d1 = 0,05m$ (diámetro de la rueda de carrito)

$d2 = \infty$

$f = 125N$

$l = 0,005m$

Sustituyendo los valores en la ecuación 4.6 y resolviendo se determina la longitud de contacto existente entre dichas piezas.

$$b = 2\times\sqrt{\frac{2\times 125N}{\pi\times 0,005m}\times\frac{(1-0,30^2)/104GPa+(1-0,28^2)/207GPa}{1/0,05m-1/\infty}}$$

$$b = 0,00023m$$

4.6 Análisis por carga estática

Para realizar el análisis por carga estática se estudiará al dispositivo como un ensamble compuesto por la base riel y el soporte de pared. Se contará con la ayuda de una herramienta computacional (cosmoswords2010) basada en el método de elementos finitos, ya que la geometría de estas piezas es compleja. Para el ensamble a evaluar se tomará como modelo a estudiar para el análisis de convergencia aquel donde se obtenga un error porcentual menor o igual al 5%.

Condiciones de contornos: se puede observar en la figura 4.8, donde la fuerza aplicada en el extremo (Pc) es la producida por la carga del niño de mayor peso obtenido en la tabla antropométrica; para nuestro caso es de 350 N. Esta fuerza se distribuye en las cuatro ruedas del carrito de manera equitativa en 87,5 N debido a la longitud del contacto lineal con el perfil calculado anteriormente y al ancho de las mismas. La fuerza (Pv) es el peso del dispositivo y se ubica en el centroide del mismo con un valor aproximado de 200 N. La restricción es un empotramiento que se encuentra ubicado en la placa del soporte de pared.

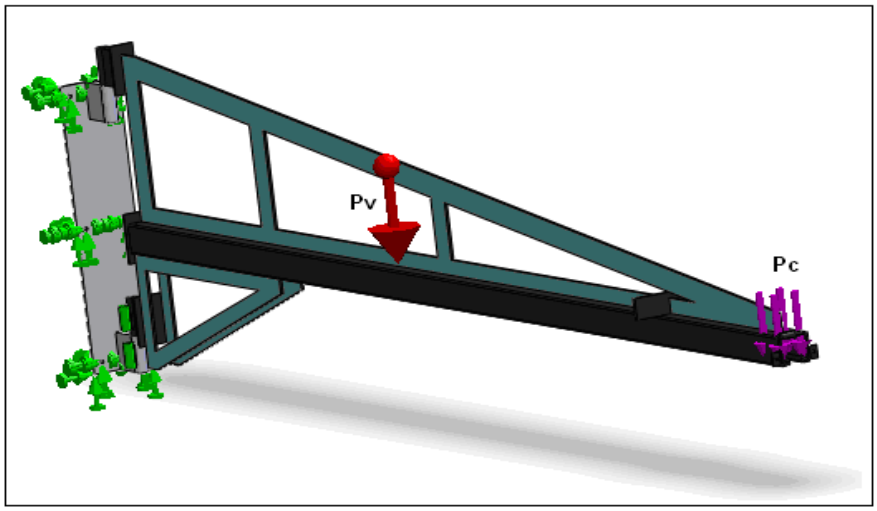


Figura 4.8 Diagrama de cuerpo libre del dispositivo.

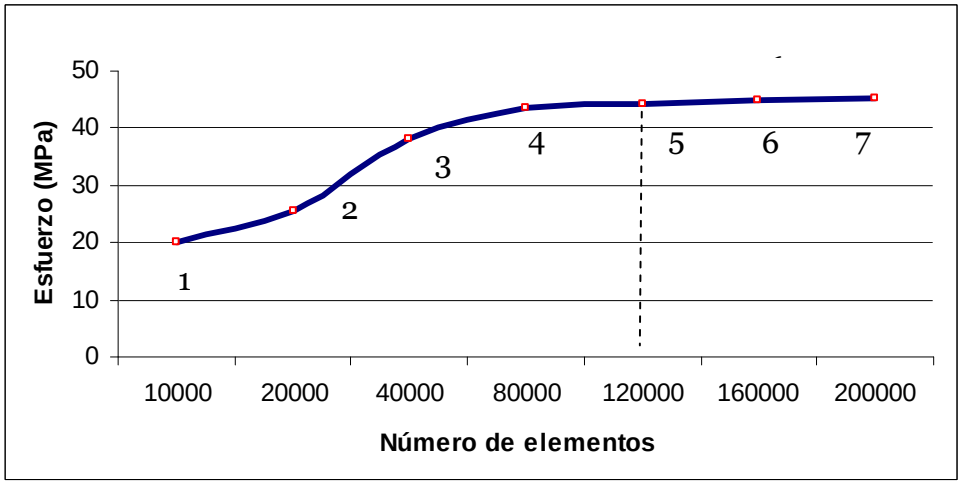


Figura 4.9 Análisis de convergencia para el ensamble.

En la figura 4.9 se aprecia el análisis de convergencia para el dispositivo. Se selecciono el modelo 5 compuesto por 123781 elementos y 231261 nodos ya que a partir de este se obtiene un error menor al 5%, específicamente igual a 4,2 % con un valor de esfuerzo máximo de 43,4 MPa ubicado en la bisagra superior (Ver figura 4.10). El material de las bisagras es de hierro maleable el cual tiene un esfuerzo de fluencia de 290 Mpa, con lo cual se procede a determinar el factor de seguridad usando las ecuaciones 4.4 y 4.5

$$\sigma adm = \frac{290MPa}{\sqrt{3}} = 167,43MPa$$

$$N = \frac{167,43MPa}{43,4MPa} = 3,85$$

El factor de seguridad obtenido nos indica que el dispositivo soportará la carga aplicada y tendrá un comportamiento eficaz al momento de ser operado.

En la siguiente figura se aprecia la distribución de esfuerzos en el modelo 5 donde el máximo valor igual a 43,4 MPa se ubica a la mitad de la bisagra superior tal como se esperaba, ya que en esta parte el dispositivo esta sometido a una fuerza de tracción ocasionada por el momento flector generado por el peso del niño y el peso del dispositivo.

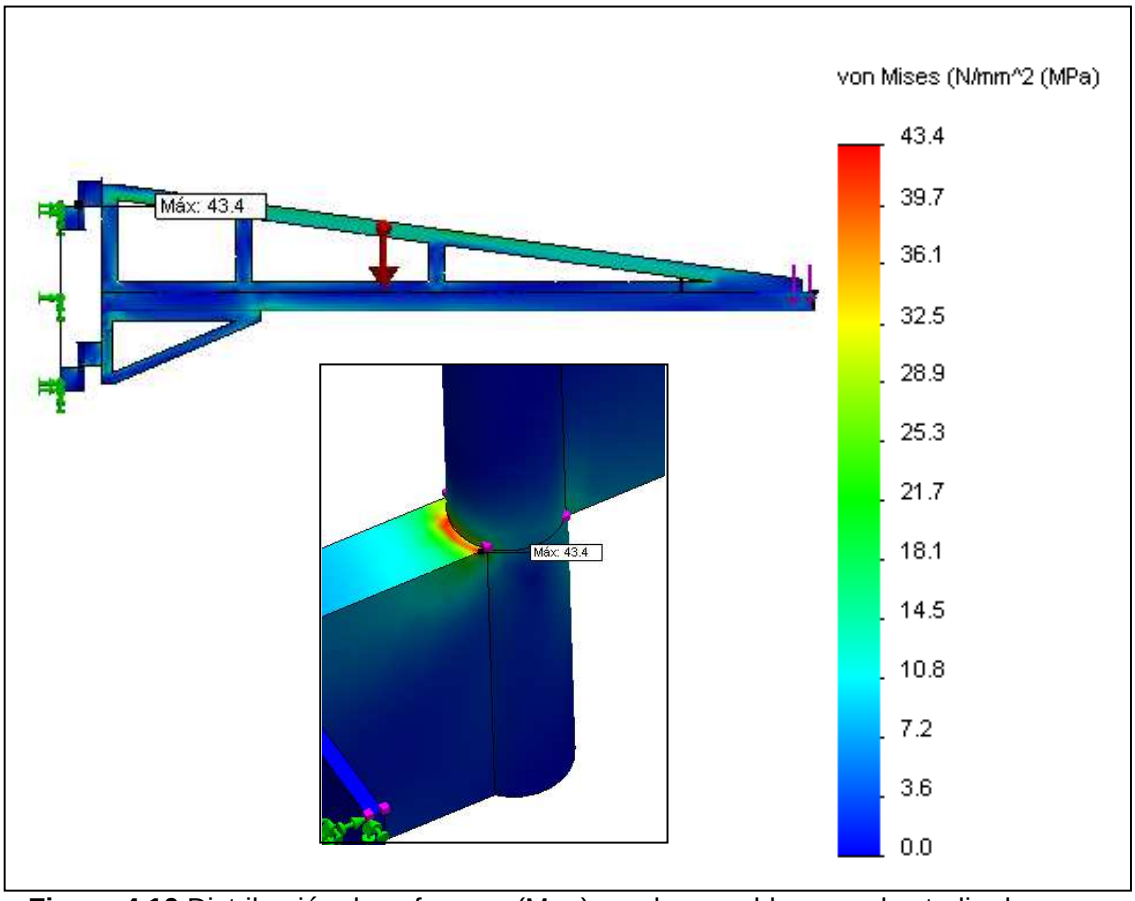


Figura 4.10 Distribución de esfuerzos (Mpa) en el ensamble para el estudio de estática.

En la figura 4.11 se aprecia la distribución de la deformación que sufre el dispositivo por las cargas aplicadas. Se observa que la deformación máxima se ubica exactamente en el mismo lugar donde se ubica el esfuerzo máximo, es decir en la parte media de la bisagra superior, ya que el esfuerzo es proporcional a la deformación por ser un material dúctil (Ley de Hooke).

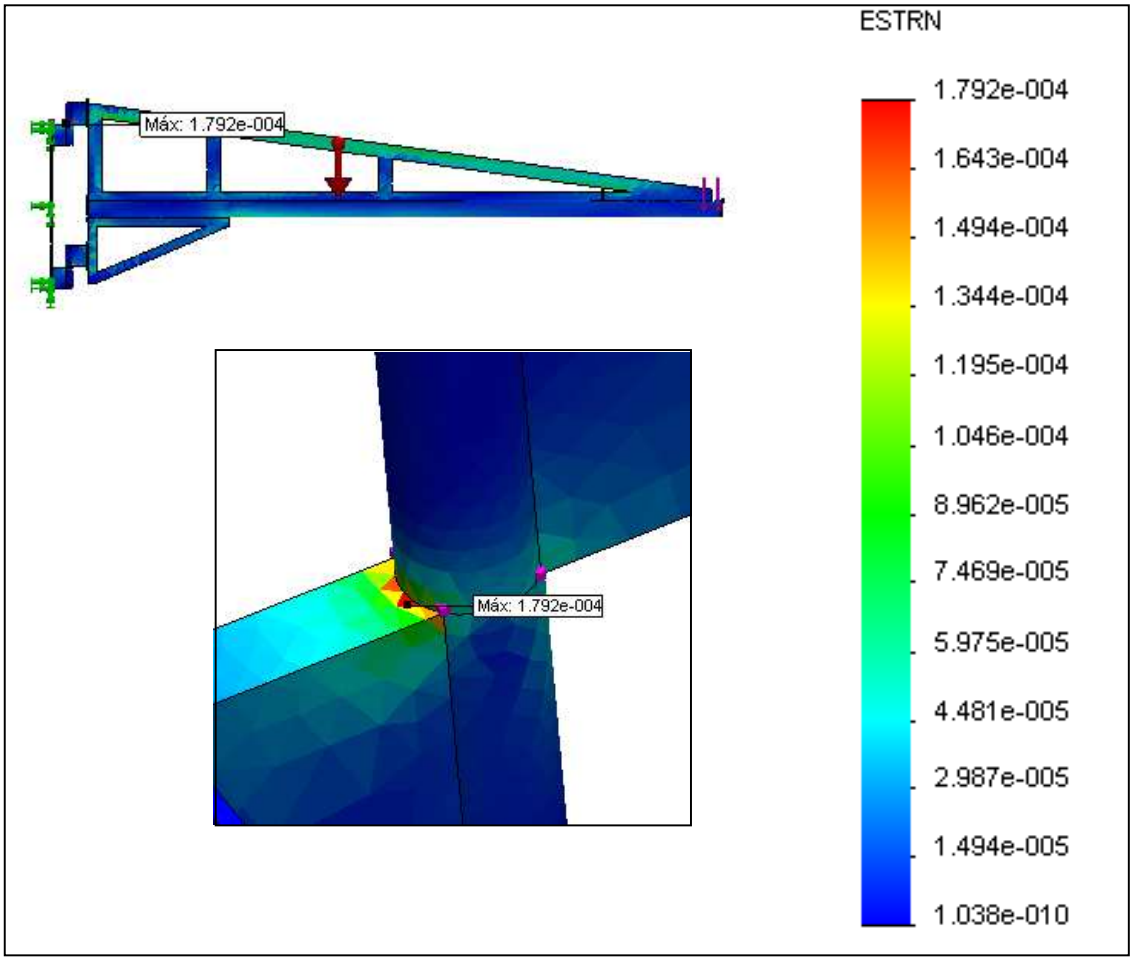


Figura 4.11 Distribución de la deformación presente en el ensamble para el estudio de estática.

En la siguiente figura se observa a escala el desplazamiento que sufre el dispositivo debido a las fuerzas a las que esta sometida. Se aprecia que en la estructura los desplazamientos se van incrementando lentamente hasta llegar al extremo libre del perfil donde se encuentra aplicada la fuerza e igualmente el máximo desplazamiento con un valor aproximado de 1,142mm. A pesar de la gran longitud del perfil, la flexión producida no afecta la estabilidad del dispositivo debido a la colocación de los pies amigos.

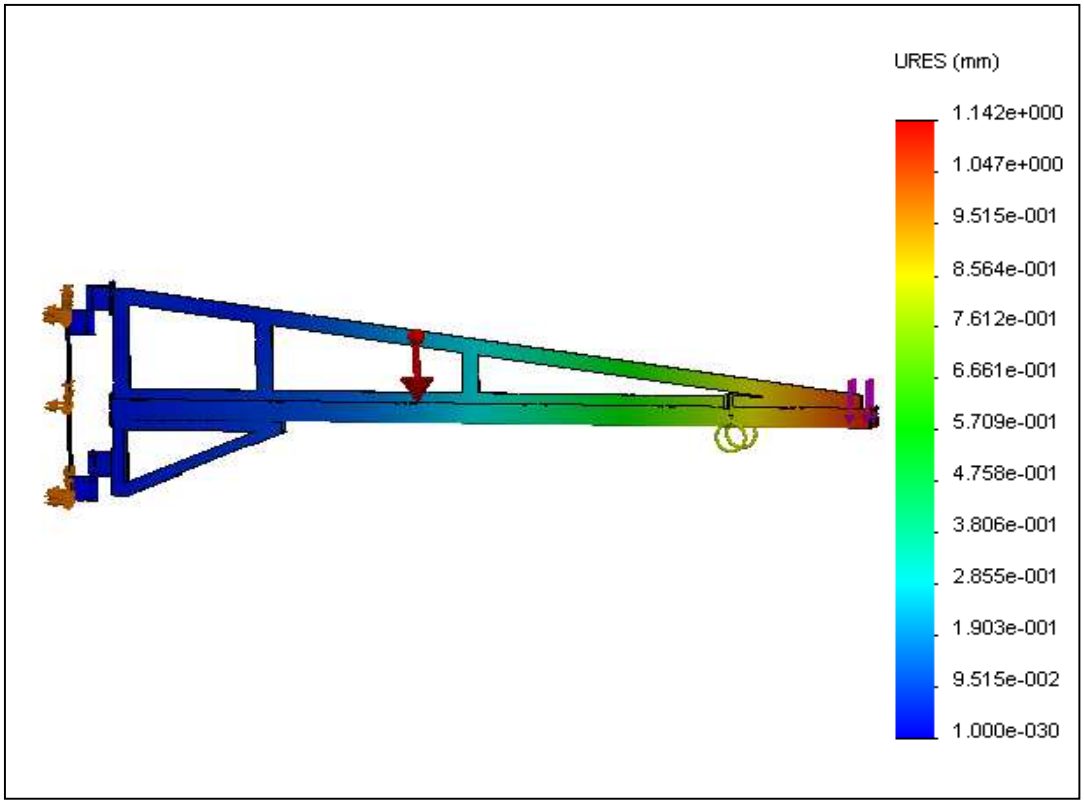


Figura 4.12 Distribución de desplazamiento presente en el ensamble para el estudio de estática

4.7 Análisis de balanceo

Otra de las aplicaciones que nos brinda el dispositivo es la estimulación del sistema vestibular mediante el método de balanceo. Para este caso el perfil se ubica en su posición central y se inmoviliza con la colocación de 2 pasadores. Las dos alcayatas cercanas al extremo del perfil servirán de soporte y de guía para el movimiento del péndulo el cual es longitudinal en la misma dirección del riel, es decir el cuerpo del niño durante el balanceo describirá una trayectoria de manera similar a un semicírculo pero siempre paralelo al perfil, tal como se puede observar en la figura 4.13. La oscilación del mismo es de aproximadamente 60 grados.

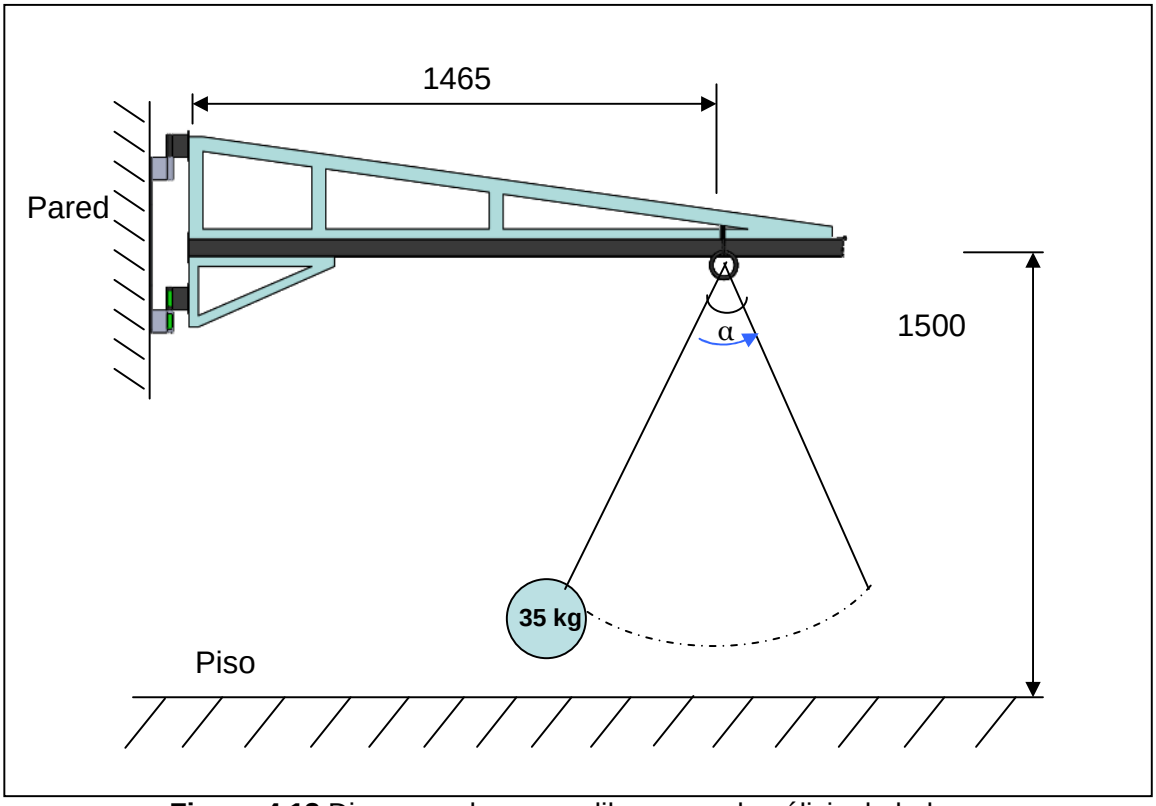


Figura 4.13 Diagrama de cuerpo libre para el análisis de balanceo. (medidas en mm)

Fuerza centrípeta

Para determinar el valor de la fuerza centrípeta que se produce debido al movimiento de péndulo se utiliza la siguiente ecuación

$$Fc = m \times r \times \omega^2 \qquad (4.6)$$

Donde:

Fc = Fuerza centrípeta; m = masa del cuerpo;

r = radio de giro; ω = velocidad angular

Suponiendo que 1 vuelta completa tarde 2 segundos, se tiene que:

$$\omega = \pi \frac{rad}{s} = 3{,}14 \frac{rad}{s}$$

Sustituyendo en la ecuación 3.6 se obtiene el valor de la fuerza centrípeta.

$$Fc = 35Kg \times 1{,}5m \times \left(3{,}14 \frac{rad}{s}\right)^2 = 518N$$

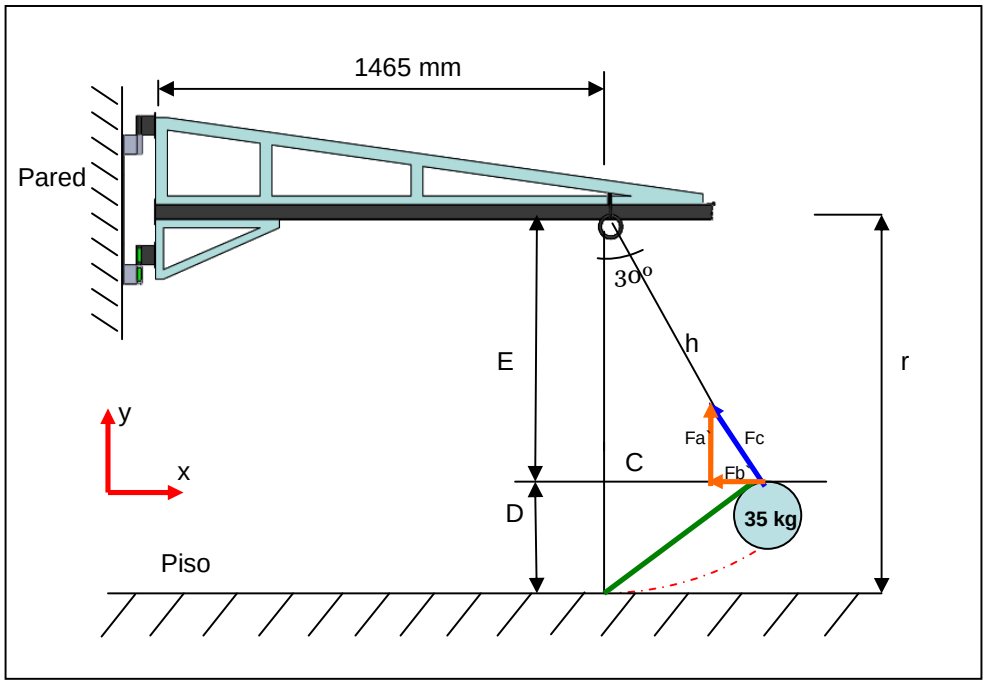


Figura 4.14 Trigonometría para el análisis del péndulo

Para determinar las componentes de la fuerza centrípeta, se descomponen por trigonometría usando las siguientes expresiones

$$\cos\theta = \frac{Fb'}{Fc} \tag{4.7}$$

Donde:

cos θ = coseno del ángulo; Fb’ = componente en el eje x

Fc = fuerza centrípeta

$$\text{sen}\theta = \frac{Fa'}{Fc} \tag{4.8}$$

Donde:

sen θ = seno del ángulo; Fa‘ = componente en el eje y

Fc = fuerza centrípeta

Despejando y sustituyendo los valores en las ecuaciones anteriores se obtienen los valores de las componentes de la fuerza centrípeta

$Fb' = 518N \times \cos 60^{o} = 259N$

$Fa' = 518N \times \text{sen}60^{o} = 448N$

Condiciones de contorno: En la figura 4.14 se observa el momento más crítico para el dispositivo ya que la carga de 35 Kg se encuentra lo más alejada posible respecto a la base soporte. Se asume que la carga y la cuerda conforman un solo cuerpo y que la alcayata es la articulación, es decir, una barra rígida articulada, donde la fuerza centrípeta es trasladada manteniendo la dirección y sentido al punto de giro, para luego descomponer el vector en el plano X y Y, y así obtener Fa´ y Fb´. Como la fuerza centrífuga es la inversa de la centrípeta, el sentido de la primera es la que se colocará en el programa para simular el estudio dinámico. Las fuerzas Fa = 448 N y Fb = 259 N

(componentes inversas en sentido de Fa' y Fb') son la descomposición de la fuerza centrifuga en el plano X y Y para la carga de 35 Kg. La fuerza Pv es el peso de la viga que se encuentra en el centroide del dispositivo y la restricción es un empotramiento ubicado en el soporte de pared como se muestra en las figura 4.15

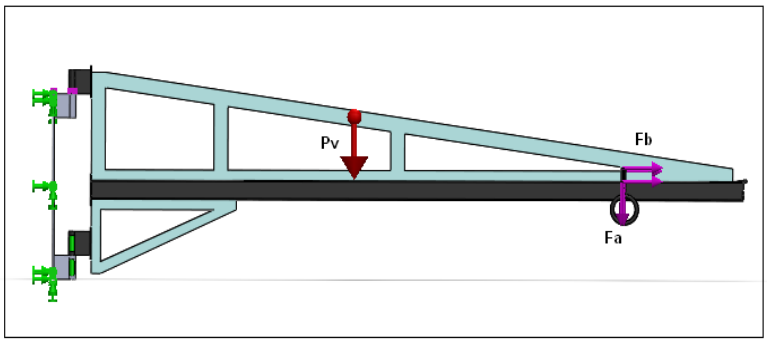


Figura 4.15 Condiciones de borde para el estudio de balanceo

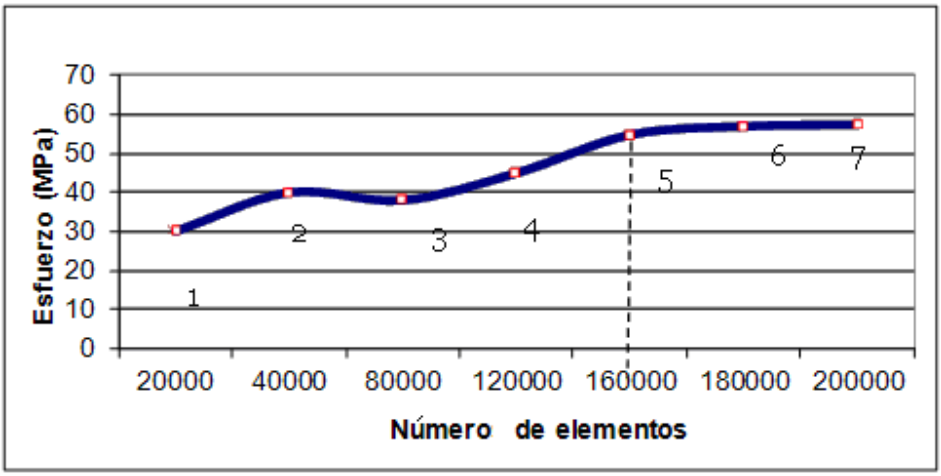


Figura 4.16 Análisis de convergencia para el estudio de balanceo

En la figura 4.16 se aprecia el análisis de convergencia para el estudio de balanceo. Se selecciono el modelo 5 compuesto por una cantidad de 152163 elementos y 282688 nodos, ya que a partir de este se obtiene un error menor a 5%, específicamente igual a 4,5 % con un valor de esfuerzo máximo

de 54,8 MPa ubicado en la bisagra superior (Ver figura 4.17). El material de las bisagras es de hierro maleable el cual tiene un esfuerzo de fluencia de 290 Mpa, con lo cual se procede a determinar el factor de seguridad. Haciendo uso de las ecuaciones 4.4 y 4.5 se obtiene el factor de seguridad.

$$\sigma adm = \frac{290MPa}{\sqrt{3}} = 167,43MPa$$

$$N = \frac{167MPa}{54,8MPa} = 3,04$$

Por ser la misma estructura el esfuerzo máximo sigue ubicado en la mitad de la bisagra superior como se ilustra en la siguiente figura.

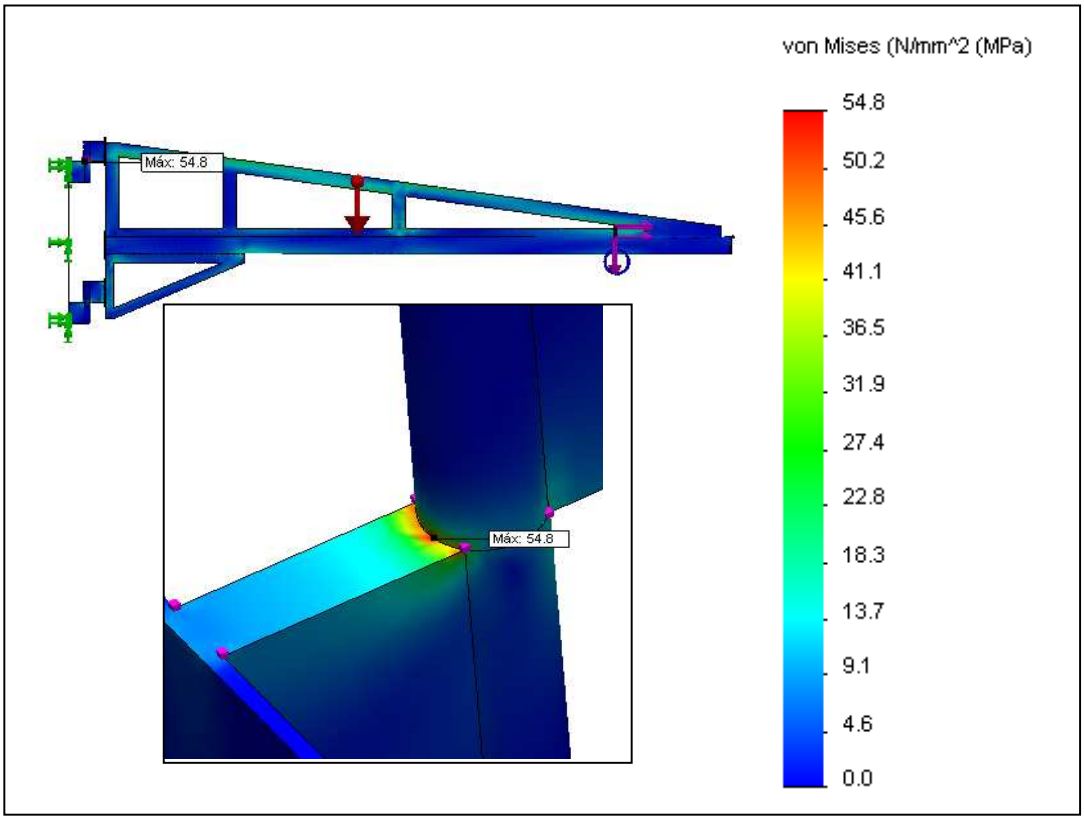


Figura 4.17 Distribución de esfuerzos (Mpa) para el análisis de balanceo del ensamble.

La mayor deformación se encuentra en la misma zona donde se halla el esfuerzo máximo tal como se aprecia en la figura 4.18

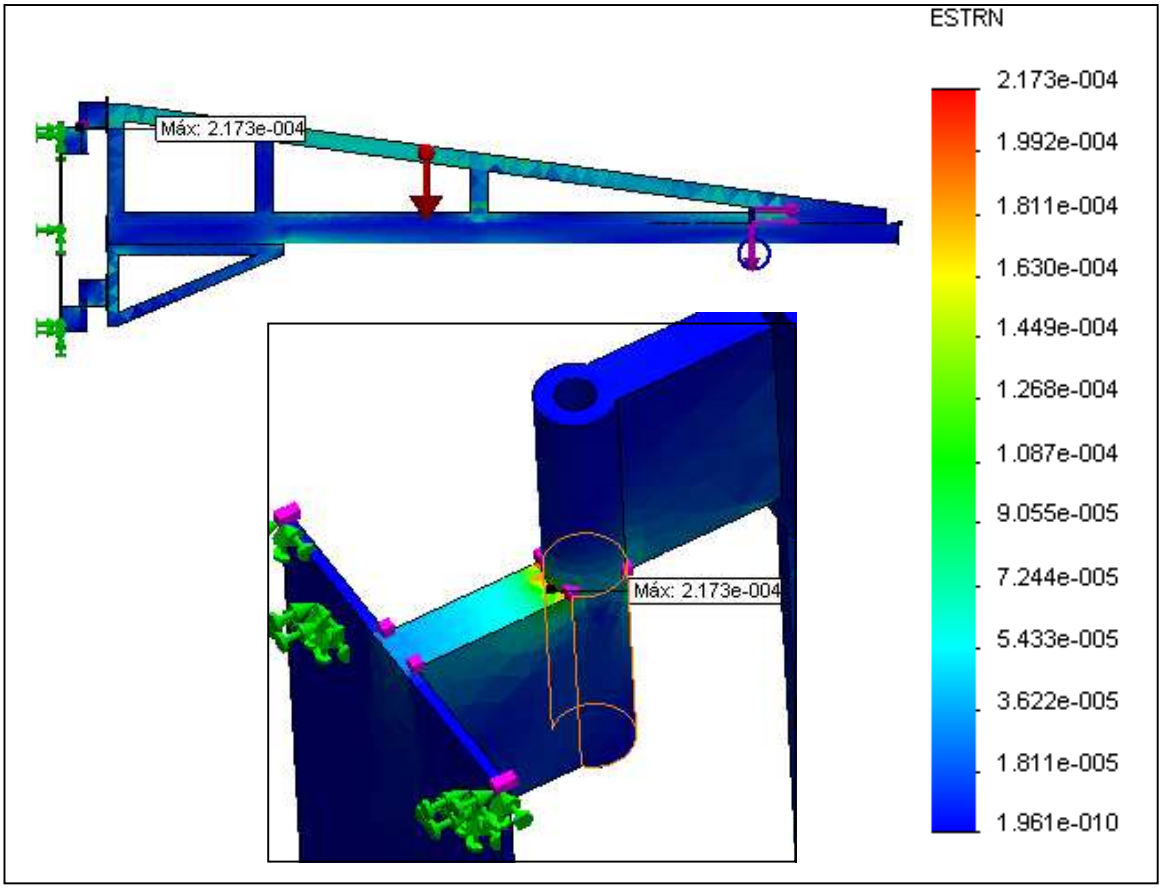


Figura 4.18 Distribución de la deformación para el análisis de balanceo del ensamble

De igual manera como en el análisis de estática el desplazamiento generado no afecta la estabilidad del dispositivo como se puede ver en la figura 4.19, dado que el valor es similar al anterior.

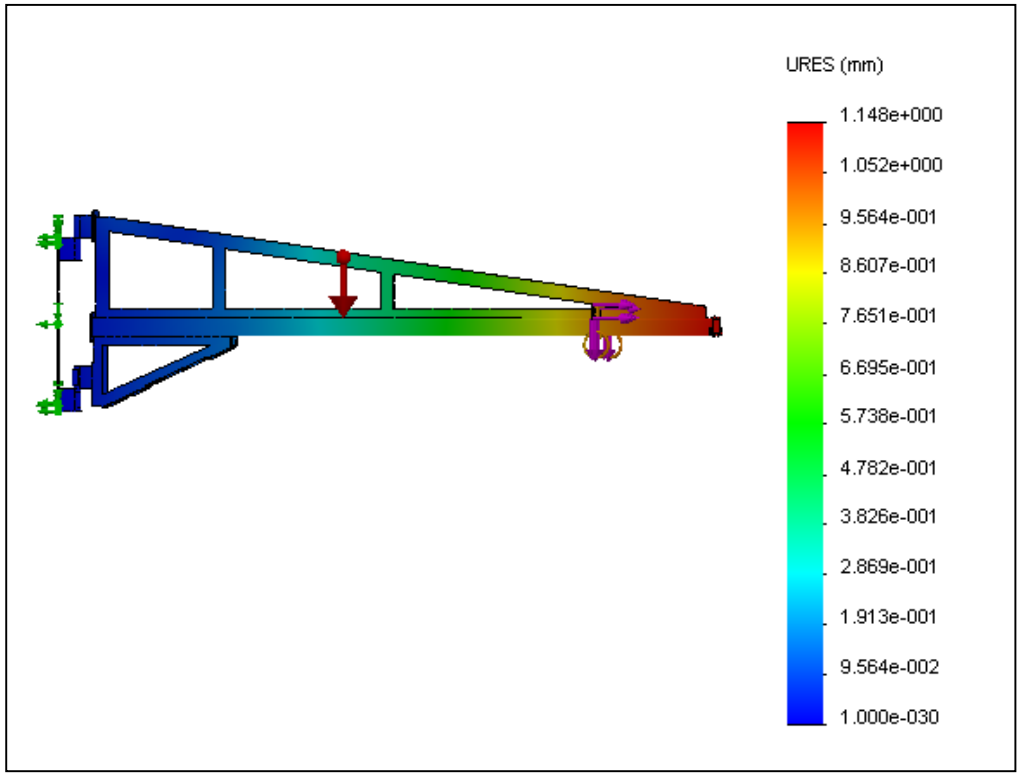


Figura 4.19. Distribución de desplazamiento para el análisis de balanceo para el ensamble.

4.8 Diseño de los pernos

Los pernos como se muestran en la figura 4.20 están sometidos a un momento flector y una fuerza cortante, dado que el momento flector es mucho mayor se puede despreciar la fuerza cortante y se puede tratar este elemento como si estuviese sometido a un esfuerzo de tracción pura. Las características del perno son:

- Barra roscada de acero 1020
- Diámetro de 3/8 pulg. y 25 cm de longitud.

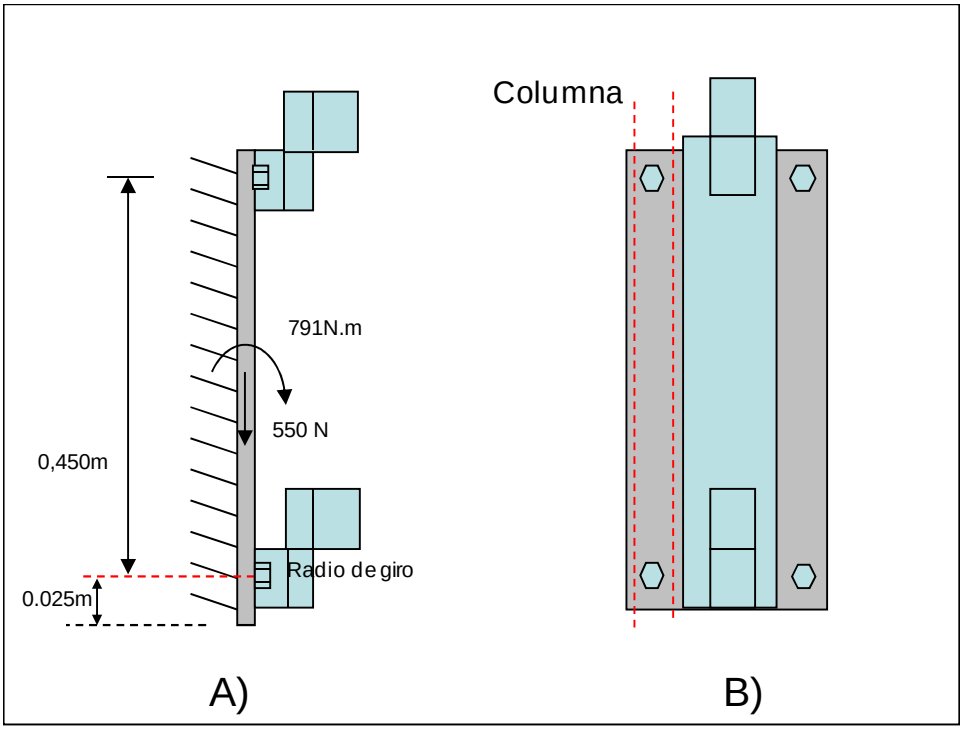


Figura 4.20 A) Ubicación de pernos en soporte de pared B) Columnas de pernos

Para una columna, el perno más esforzado es el que se encuentra mas alejado del radio de giro

Para determinar el momento flector al que se encuentra sometido el perno se emplea la siguiente ecuación:

$$Mf = P \times e \qquad (4.9)$$

Donde:

Mf = momento flector; P = fuerza aplicada; e = distancia a la fibra mas alejada

Sustituyendo los valores en la ecuación anterior se tiene

$$Mf = P \times e = (350N \times 1{,}8m) + (200N \times 0{,}8m) = 791N \times m$$

Para determinar la fuerza media se hace uso de la siguiente expresión

$$Pm = \frac{Mf \times rm}{\left(\sum r^2\right)} \tag{4.10}$$

Donde:

Pm = fuerza media ; Mf = momento flector; rm =radio medio

$\sum r^2$ = sumatoria de distancia de los pernos respecto al radio de giro.

Sustituyendo los valores correspondientes en la ecuación anterior se obtiene

$$Pm = \frac{(791N \times m) \times (0{,}450m)}{(0{,}450m)^2} = 1758N$$

La fuerza de 1758 N es aquella que sufre el perno de arriba, dado que son dos columnas, un solo perno de arriba esta sometido a una carga de 879 N.

Condiciones de contornos: la carga de 879 N actúa como fuerza de empuje en la cabeza del perno. La restricción se encuentra en un empotramiento al otro extremo de la cara como se ilustra en la figura

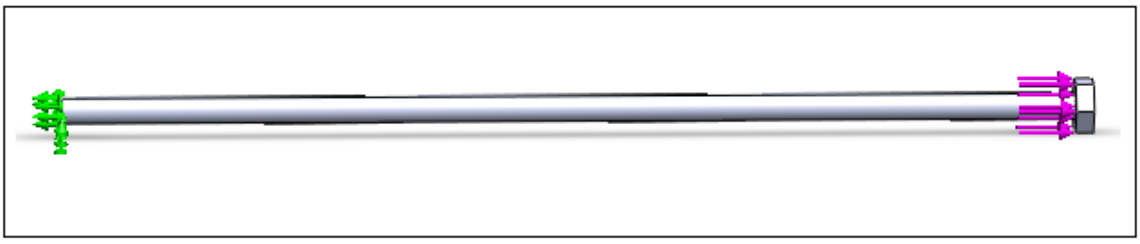


Figura 4.21 Condiciones de contorno para el estudio de un perno de pared

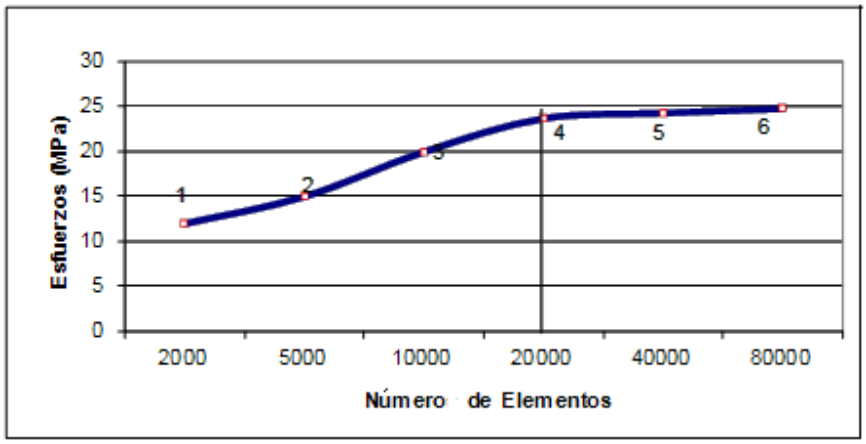


Figura 4.22 Análisis de convergencia para el estudio del perno

Para la figura 4.22 se visualiza el análisis de convergencia en el estudio del perno. En este caso se seleccionó el modelo 4 compuesto por la cantidad de 22445 elementos y de 35195 nodos ya que a partir de este se obtiene un error de 4,43%, el cual es menor al 5%, con un valor de esfuerzo máximo de 23,7 MPa, ubicado en el cuello del perno cerca de la cabeza. El material para estos pernos es de acero 1020 con una resistencia a la fluencia de 350 Mpa.

El factor de seguridad se determina haciendo uso de las ecuaciones 4.4 y 4.5

$$\sigma adm = 350MPa$$

$$N = \frac{350MPa}{23,7MPa} = 14,76$$

Dado que el factor de seguridad para el perno calculado es tan elevado, no es necesario considerar el estudio en las concentraciones de esfuerzos

generada por la rosca de la barra. Se debe aclarar que el diámetro tomado fue de 9 mm sin considerar la holgura producto de la rosca.

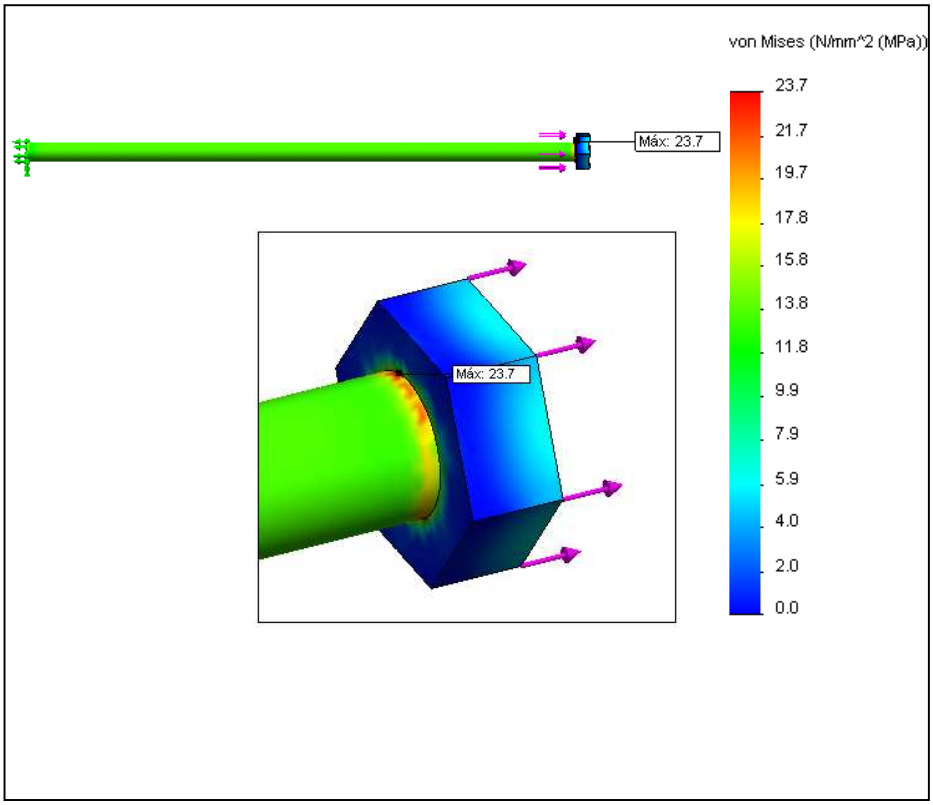


Figura 4.23 Distribución de esfuerzos (Mpa) para el perno de pared

El esfuerzo máximo se ubica en el cuello del perno cerca de la cabeza como se demuestra en la figura 4.23 ya que es la zona donde se produce la concentración de tensión por un cambio de sección transversal.

En la siguiente figura se observa que la deformación se ubica de igual manera en el mismo lugar donde se produce el esfuerzo máximo ya que se esta trabajando con un material dúctil y bajo el limite de fluencia.

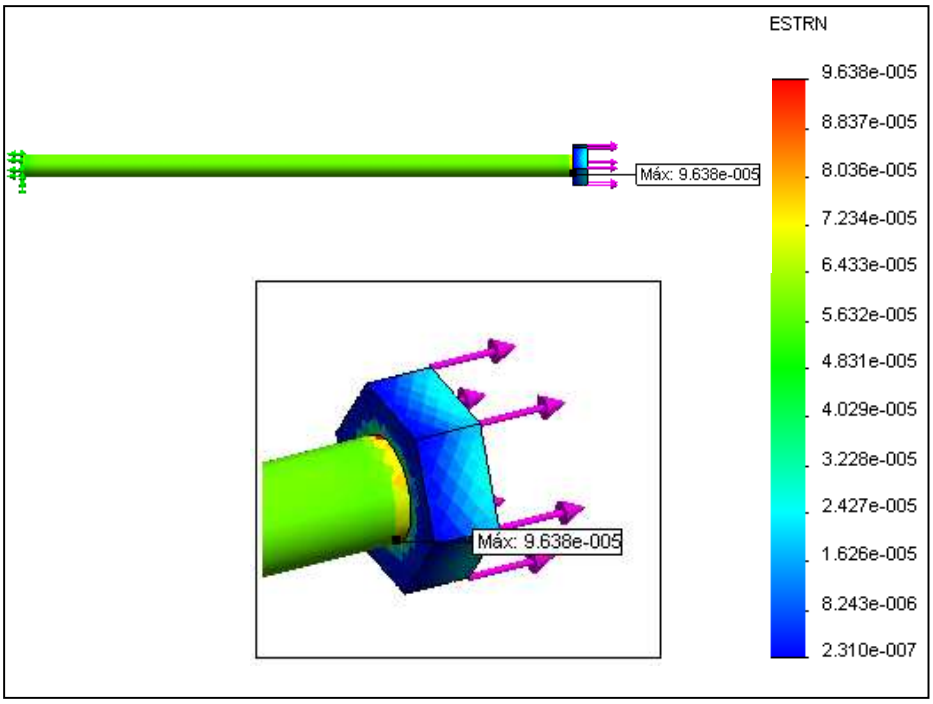


Figura 4.24 Distribución de deformación para el perno de pared.

4.9 Aplicación y evaluación de los cordones de soldadura más críticos en el dispositivo.

A continuación se presentan los cálculos para las soldaduras mas criticas que posee el dispositivo al momento de estar expuesto a la carga máxima de diseño.

4.9.1 Soldadura entre bisagra y pletina

El cordón de soldadura que une a la bisagra con la pletina se encuentra sometido a un cortante directo y a una flexión tal como se muestra en la siguiente figura:

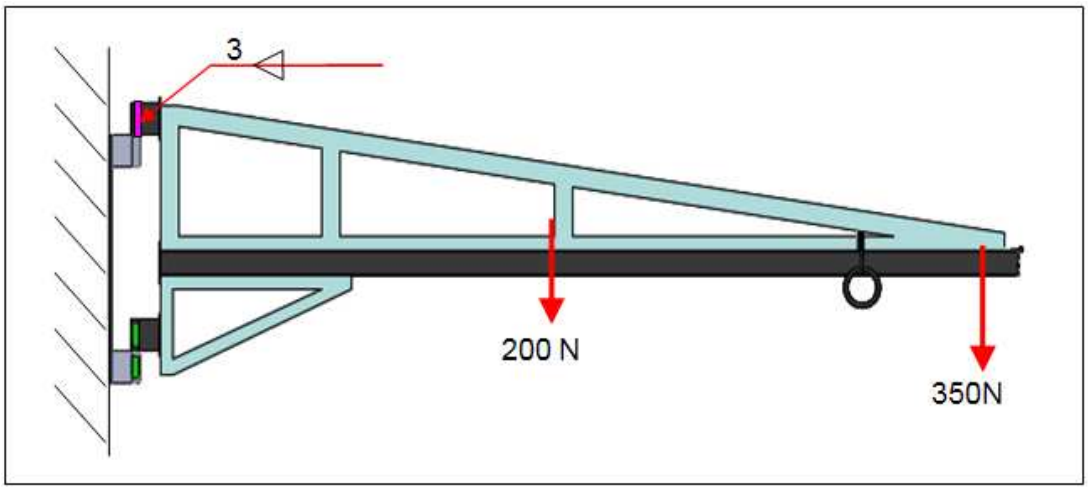


Figura 4.25 Aplicación de soldadura para la unión de bisagra con pletina

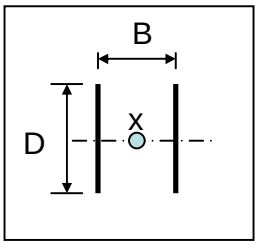


Figura 4.26 Geometría de soldadura para bisagra y pletina.

B = 5mm ; D = 50mm

Para determinar el área de garganta de la soldadura, se utiliza la siguiente expresión:

$$Ag = 1{,}414 \times H \times D \tag{4.11}$$

Donde:

Ag = área de garganta; H = longitud de cordón; D = distancia entre cordones

Sustiyendo los valores en la ecuación anterior se obtiene

$Ag = 1{,}414 \times 0{,}003m \times 0{,}05m = 0{,}000212m^2$

Para determinar el momento de inercia del área unitaria se hace uso de la siguiente expresión

$$Iu = \frac{D^2}{3} \qquad (4.12)$$

Donde:

Iu = momento de inercia de área unitaria

D = distancia entre cordones de soldadura

Sustituyendo los valores en la ecuación anterior se obtiene

$$Iu = \frac{(0{,}050m)^2}{3} = 0{,}00083m^2$$

Para determinar la inercia se hace uso de la siguiente expresión:

$$I = 0{,}707 \times H \times Iu \times Ie \qquad (4.13)$$

Donde:

I= inercia; H= longitud de cateto de soldadura

Iu=momento de inercia del área unitaria

Ie = longitud de la soldadura

Sustituyendo los valores en la ecuación anterior se obtiene:

$$I = 0{,}707 \times 0{,}003m \times 0{,}000833m^2 \times (2 \times 0{,}050m) = 1.76^{-7}m^4$$

Para determinar el esfuerzo cortante se emplea la siguiente ecuación

$$\tau' = \frac{V}{A} \tag{4.14}$$

Donde:

τ'= esfuerzo cortante; V = fuerza cortante; A = área total de garganta

Sustituyendo los valores en la ecuación anterior se obtiene

$$\tau' = \frac{200N+350N}{0,000212m^2} = 2,59MPa$$

Para determinar el esfuerzo flector se hace uso de la siguiente expresión

$$\tau'' = \frac{M \times c}{I} \tag{4.15}$$

Donde:

τ''= esfuerzo flector; M= momento flector;

c=distancia al eje neutro a la fibra mas alejada; I = inercia

Sustituyendo los valores correspondientes en la ecuación anterior se obtiene:

$$\tau'' = \frac{(790N \times m) \times 0,005m}{7.10^{-8}m^4} = 22,44MPa$$

Para determinar el esfuerzo von mises, se utiliza la siguiente expresión

$$T = \sqrt{(\tau'')^2 + 3 \times (\tau')^2} \tag{4.16}$$

Donde:

T = esfuerzo von mises; τ''= esfuerzo flector; τ'= esfuerzo cortante

Sustituyendo los valores en la ecuación se obtiene

$$T = \sqrt{(22,4Mpa)^2 + 3\times(2,59MPa)^2} = 22,67MPa$$

Para un número de electrodo AWS →E6013, Sy = 345Mpa

Para determinar el esfuerzo admisible se hace uso de la siguiente expresión

$$\sigma_{adm} = 0,4Sy \qquad (4.17)$$

Sustituyendo en la ecuación anterior se obtiene

$$\sigma_{adm} = 0,4\times345MPa = 138MPa$$

Haciendo uso de la ecuación 4.5 se obtiene el factor de seguridad

$$N = \frac{138MPa}{22,67MPa} = 6,1$$

Cada una de las soldaduras entre la bisagra y pletina tienen un factor de seguridad de 6,1

4.9.2 Soldadura entre alcayata y perfil

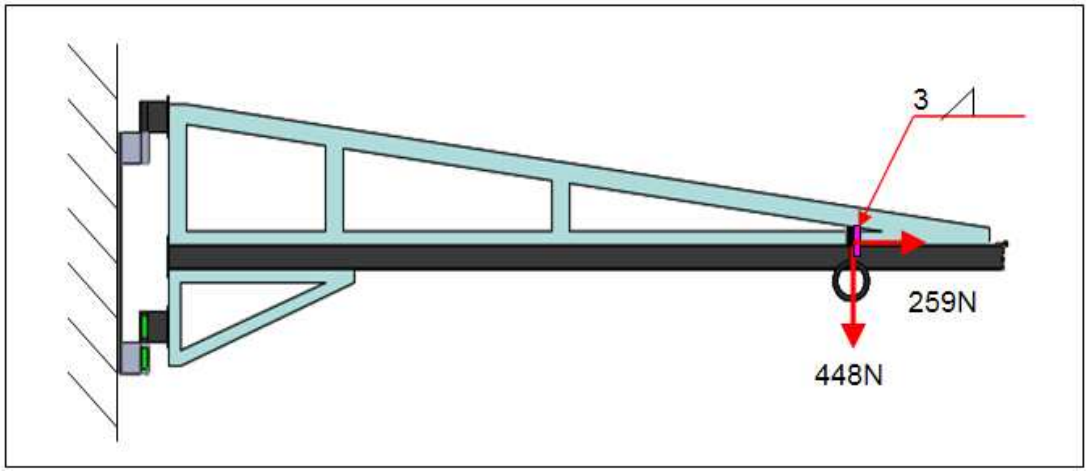


Figura 4.27 Aplicación de soldadura para la unión de alcayata con pie de amigo

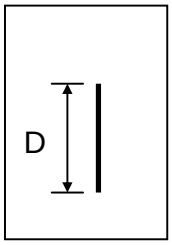


Figura 4.28 Geometría de soldadura entre alcayata y perfil

D = 15mm

Haciendo uso de la ecuación de la ecuación 4.11 se obtiene el área de garganta

$$Ag = 0.707 \times 0{,}003m \times 0{,}015m = 0{,}0000318m^2$$

Para determinar el esfuerzo cortante se emplea la ecuación 4.14

$$T' = \frac{448N}{0{,}0000318m^2} = 14{,}08MPa$$

Para determinar el esfuerzo a tracción se emplea la siguiente ecuación

$$T'' = \frac{P}{A} \tag{4.18}$$

Donde:

T''= esfuerzo a tracción; P = carga; A = área

Sustituyendo los valores correspondientes en la ecuación anterior se obtiene

$$T'' = \frac{259N}{0{,}0000318m^2} = 8{,}14MPa$$

Sustituyendo los valores en la ecuación 4.16 se obtiene el esfuerzo von mises

$$T = \sqrt{(8{,}14MPa)^2 + 3\times(14{,}08MPa)^2} = 19{,}92MPa$$

Para un número de electrodo AWS →E6013, Sy = 345Mpa

El esfuerzo admisible se obtiene empleando la ecuación 4.17

$$\sigma_{adm} = 0{,}4\times 345MPa = 138MPa$$

Sustituyendo en la ecuación 4.5 se obtiene el factor de seguridad

$$N = \frac{138MPa}{19{,}92MPa} = 6{,}9$$

4.9.3 Soldadura entre pie de amigo y perfil

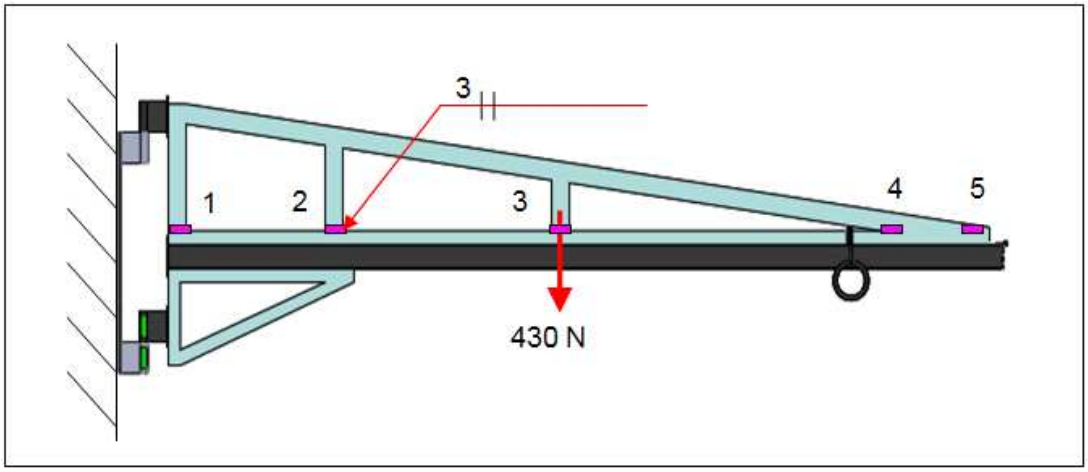


Figura 4.29 Aplicación de soldadura para la unión de pie de amigo con perfil.

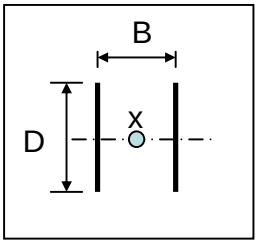


Figura 4.30 Geometría de soldadura entre pie de amigo y perfil

B = 4mm D1= D2 = D3 = D4 = D5 = 25,4mm

Existen cinco cordones de soldadura entre el pie de amigo y el perfil tal como se muestra en la figura 4.29. Se evaluara el primer cordón el cual esta más alejado de la carga de 350N por ser el que esta sometido a mayor esfuerzo cortante y flector

Empleando la ecuación 4.11 se obtiene el valor del área de garganta

$$Ag = 1,414 \times 0,004m \times 0,00254m = 7,18.10^{-5}m^2$$

Haciendo uso de la ecuación 4.12 se obtiene

$$Iu = \frac{(0,0254m)^2}{3} = 2,15.10^{-4}m^2$$

Empleando la ecuación 4.13 se obtiene la inercia

$$I = 0,707 \times 0,004m \times 2,15.10^{-4}m^2 \times (2 \times 0,0245m) = 3,088.10^{-8}m^4$$

Sustituyendo los valores correspondientes en la ecuación 4.15 se obtiene el esfuerzo cortante

$$\tau' = \frac{430MPa}{7,18.10^{-5}m^2} = 6MPa$$

Igualmente para el momento se considera solo el peso del perfil así como también la carga de 350 N. Sustituyendo en la ecuación 4.15 se obtiene

$$\tau'' = \frac{(694N \times m) \times 0,002m}{3,088.10^{-8}m^4} = 44,94MPa$$

Sustituyendo en la ecuación 4.16 se obtiene el esfuerzo von mises

$$T = \sqrt{(44,94MPa)^2 + 3 \times (6MPa)^2} = 46,16MPa$$

Para un número de electrodo AWS →E6013, Sy = 345MPa

Para obtener el esfuerzo admisibile se emplea la ecuación 4.17

σ_{adm} = 0,4×345MPa = 138MPa

El factor de seguridad se obtiene empleando la ecuación 4.5

$$N = \frac{138MPa}{46,16MPa} = 2,99$$

Cada cordón resiste el peso de la carga junto con el peso de la viga. Con los 5 cordones se tiene un factor de seguridad total de un valor aproximado de 15.

En la tabla 4.2 se presenta un resumen de los factores de seguridad obtenidos para cada uno de los casos de soldadura estudiados anteriormente. Se puede observar que en cada caso los factores de seguridad se incrementan debido a que el calculo siempre se hizo para un solo cordón, puesto que el resto de cordones se encontraban en las mismas condiciones o menos esforzados.

Tabla 4.2 Factor de seguridad para las soldaduras

Caso	σadm (Mpa)	T (Mpa)	N (por cordón)	N (total)
Bisagra y pletina	138	22,67	6,1	12,2
Alcayata y perfil	138	19,92	6,9	13,8
Pie de amigo y perfil (primer cordón)	138	46,16	2,99	15

CAPÍTULO 5
Costos y Fabricación del dispositivo

En este capítulo se describe la factibilidad económica para la fabricación del dispositivo. Para ello se realiza un estudio general de los costos, el cual contempla la adquisición de materia prima en el estado Carabobo y los procesos utilizados en cada una de las etapas de la construcción del equipo.

5.1 Características de los materiales y equipos

A continuación se describen las características de los materiales adquiridos para la construcción del dispositivo. Igualmente, se detallan las especificaciones y parámetros de uso de los equipos y las herramientas empleadas en los procesos de fabricación, decoración e instalación del dispositivo.

5.1.1 Materia prima

La compra de los materiales necesarios para la construcción del dispositivo se llevo a cabo en distintas zonas de la entidad, en lugares tales como ferreterías, talleres y tiendas especializadas en la venta de materiales metálicos.

Tabla 5.1 Materiales y piezas adquiridas para la construcción del dispositivo

Nº	Característica	Material	Cantidad	Costo (BsF)	Referencia empleada
1	Pletina 1 1/2" y espesor 4 mm	Hierro	6 metros	60	Hierro Negro, Naguanagua
2	Platina 1" de espesor 5 mm	Hierro	6 metros	30	Hierro Negro, Naguanagua
3	Cabilla redonda de 8 mm de espesor	Hierro	6 metros	20	EPA, Naguanagua
4	Perfil KBK de 2" y espesor de 3 mm	Hierro	6 metros	110	Hierro Negro, Naguanagua
5	Recorte de lamina 450x300mm y espesor 3 mm	Hierro	1 unidad	40	Hierro Negro, Naguanagua
6	Carrito	Acero	1 unidad	65	Hierro Negro, Naguanagua
7	Bisagra de 2"	Acero	1 unidad	2	EPA, San diego
8	Bisagra de 4"	Hierro	2 unidad	10	Ferretería Nagua Agil
9	Bisagra 5"	Hierro	2 unidades	25	EPA, San diego
10	Barra roscada 3/8".	Acero	1 metro	17	EPA, Naguanagua
11	Tuerca de 3/8"	Hierro	12 unidades	9	EPA, Naguanagua
12	Arandela 3/8"	Hierro	12 unidades	9	EPA, Naguanagua
13	Arandela de presión 3/8"	Hierro	12 unidades	12	EPA, Naguanagua
14	Tornillo 1/4" y 3 cm de longitud	Hierro	2 unidades	3	Tornillos y gomas el pacho. Naguanagua
15	Arandela 1/4"	Hierro	2 unidades	1	Tornillos y gomas el pacho. Naguanagua
16	Tuerca de ¼"	Hierro	2 unidades	1	Tornillos y gomas el pacho. Naguanagua
17	Alcayata	Acero	3 unidades	35	Ferretería Nagua Agil
			Total	**449**	

5.1.2 Equipos y herramientas

A continuación se presentan los equipos y herramientas empleados en la construcción del dispositivo con sus respectivas características, así como también un listado de materiales necesarios con sus respectivos costos para poder operar los equipos.

Tabla 5.2 Equipos y herramientas utilizados para la construcción del dispositivo

Nº	Característica	Parámetros
1	Máquina de soldar	Lince Model I6250 110/220 V, Capacidad 11.2 KVA, Potencia 65-225 AMP
2	Tronzadora	MIURA 2300 W, 110 V – 60 HZ, Diámetro 355mm/14”
3	Taladro	Para mecha de 0-5/8”
4	Esmeril	-
5	Segueta	-
6	Alicate de presión	-
7	Prensa	-
8	Sargento	-
9	Martillo	-
10	Metro	Largo 5 m
11	Vernier	Mitutoyo - Apreciación 0,05mm
12	Escuadra de herrero	-

Tabla 5.3 Herramientas y materiales para los equipos empleados en la construcción del dispositivo

Nº	Característica	Material	Cantidad	Costo (BsF)	Referencia empleada
1	Electrodos	6013	1 Kg.	30	Ferre Inversiones Medina, La Isabelica
2	Mecha de 3/8”	Acero	1 unidad	-	-
3	Mecha de 5/16”	Acero	1 unidad	-	-
4	Mecha de ¼”	Acero	1 unidad	-	-
5	Disco fino para esmeril	Carburo	3 unidades	30	Ferre Inversiones Medina, La Isabelica
6	Tiza	Cal	1 unidad	2	Ferre Inversiones Medina, La Isabelica
			Total	**62**	

Luego de construir el dispositivo éste debió ser decorado e instalado en una pared de concreto, los cuales son procesos que también ameritan la utilización de equipos y materiales que son especificados en las siguientes tablas.

Tabla 5.4 Materiales, equipos y herramientas para la decoración del dispositivo

Nº	Característica	Cantidad	Costos (BsF)
1	Lija 80	2 unidades	12
2	Pintura anticorrosiva	¼ de galón	45
3	Pistola de spray	1 unidad (Sagola 3,5 Kg.- 50 Lb)	-
4	Pintura en spray	1 unidad	30
5	Un paquete de figuritas	50 unidades	8
6	Thiner	1/4 galón	20
		Total	**115**

Tabla 5.5 Equipos y herramientas empleados para la instalación del dispositivo

Nº	Característica	Cantidad
1	Taladro	1 unidad
2	Mecha de 1/4” para concreto	1 unidad
3	Mecha de 3/8” para concreto	1 unidad
4	Llave hexagonal 7/16”	1 unidad
5	Llave hexagonal 9/16”	1 unidad
6	Lápiz	1 unidad
7	Alicate de presión	1 unidad
8	Metro	1 unidad

Cabe destacar que el gasto total en la adquisición de los materiales y piezas necesarias para la construcción del dispositivo junto con los materiales para la decoración fue de 626 BsF. Debe aclararse que los costos de aquellos equipos y herramientas que no aparecen en las tablas anteriores, es debido a que su alquiler esta incluido en la mano de obra.

El dispositivo cuenta con un accesorio similar a un arnés el cual es utilizado para fijar y sostener el cuerpo del niño durante la realización de las terapias. Para su construcción fue necesaria la adquisición de materiales y piezas en tiendas deportivas, ferreterías y mercerías.

Tabla 5.6 Materiales y piezas utilizadas para la construcción del arnés

Nº	Característica	Cantidad	Costo (BsF)
1	Correa de nylon	13 m	52
2	Argollas de fijación	8 unidades	20
3	Hebilla	8 unidades	4
4	Cancamo	8 unidades	45
5	Cierre mágico de 4 cm. de ancho	60 cm	3
6	Cierre mágico de 2 cm. de ancho	15 cm.	1
7	Hilo de tapicería	1 unidad	13,5
8	Pañalera	1 unidad	------
9	Esponja	1 unidad	3
10	Trancador	1 unidad	2,5
		Total	**144**

Tabla 5.7 Equipos y herramientas utilizadas para la construcción del arnés.

Nº	Característica	Cantidad
1	Máquina coser Singer	1 unidad
2	Exacto	1 unidad
3	Tijera	1 unidad
4	Yesquero	1 unidad
5	Desbaratador	1 unidad
6	Alfileres	4 unidades

Para la construcción de la estructura metálica del dispositivo y del arnés se contó con la asistencia de personas especializadas en las ramas de soldadura y costura lo cual género un costo asociado por mano de obra que se presenta en la siguiente tabla

Tabla 5.8 Costos por mano de obra

Mano de obra	Costo (BsF)
Construcción y soldadura para estructura metálica	500
Costura de Arnés	250
Total	**750**

Como se aprecia en la tabla 5.9 el costo del dispositivo incluyendo el arnés es de 1520 BsF, lo cual representa un precio bastante accesible en comparación a los equipos del exterior. En la figura 5.1 se ilustran algunos equipos destinados a efectuar una sola terapia en específico (caminata o gateo) y que son fabricados en otros países con un precio de 160 € y 479 € cuya conversión en moneda nacional es aproximadamente de 800 BsF Y 2395 BsF (no incluye el costo de traslado y de impuestos).

Figura 5.1 Equipos importados para la rehabilitación infantil.

Tabla 5.9 Resumen de costos.

Actividad	**Costo (BsF)**
Materiales y piezas para la construcción del dispositivo	449
Herramientas y materiales para los equipos empleados en la construcción	62
Materiales para la decoración del dispositivo	115
Materiales y piezas utilizadas para la construcción del arnés	144
Mano de obra para la construcción del dispositivo	500
Mano de obra para la construcción del arnés	250
Total	**1520**

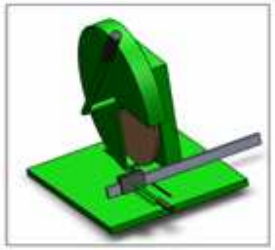
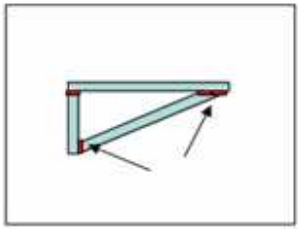
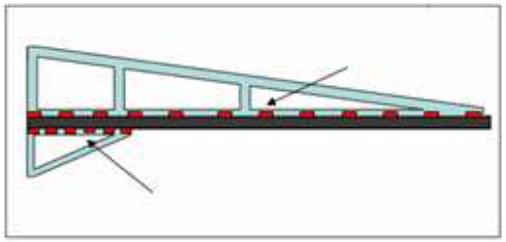
En la tabla 5.10 se puede apreciar la diferencia porcentual de los costos de los equipos importados respecto al dispositivo. Si se compara el costo del equipo construido con la suma total de los costos de la andadera y el gateador tenemos un ahorro aproximado de 52%.

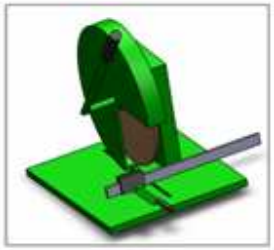
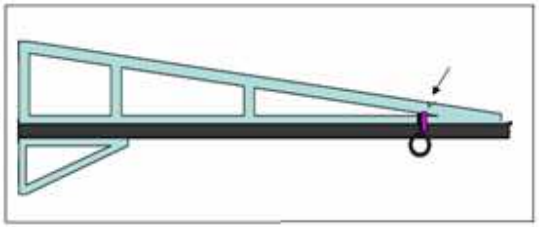
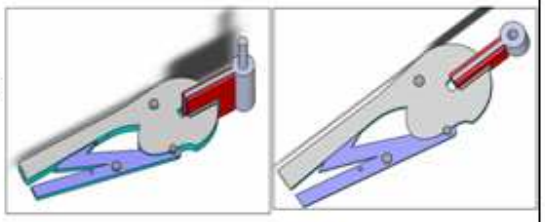
Tabla 5.10 Comparación de costos

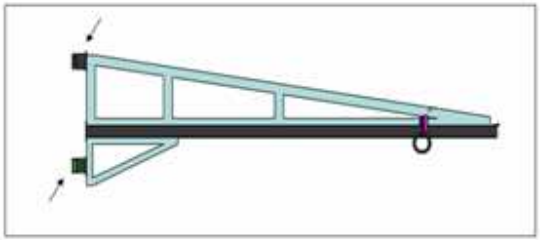
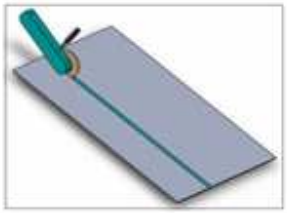
Equipo	Costo (BsF)	Diferencia (%)
Gateador 801F. Equipo para gatear	800	47,36 (-)
YOGI. Andadera para practicar caminata	2395	36,53 (+)
Gateador + Yogi	3195	52,42 (+)

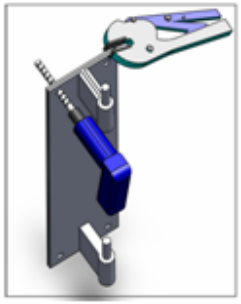
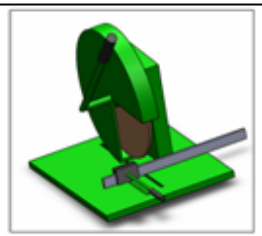
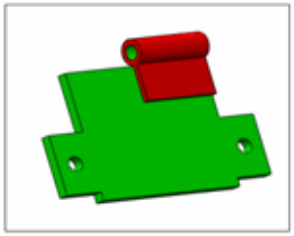
5.2 Hoja de proceso

Etapa	Descripción	Equipos y Herramientas	Observaciones
Corte de perfil			
1	Suministro y corte de perfil	Tronzadora	Cortar el perfil una longitud de 1,8m
Pie de amigo Superior			
1	Suministro y corte de pletinas de 1 ½" x 3/16" y pletinas de 1" x 3/16	Tronzadora	-Cortar 1 pletina de 1" a una longitud de 1,77 m -Cortar 4 pletinas de 1 ½" con las siguientes longitudes: 1,82 m; 27,3 cm; 20 cm y 15 cm
2	Aplicación de soldadura	Maquina de Soldar Electrodos 6013	Formar un triángulo rectángulo con pletinas y aplicar cordones de soldadura de 38,1 mm para cada unión entre pletinas

Etapa	Descripción	Equipos y Herramientas	Observaciones
Pie de amigo inferior			
1	Suministro y corte de pletinas de pletinas de 1" x 3/16" 	Tronzadora	Cortar 3 pletinas con las siguiente longitudes: 40 cm, 44,1 cm y 18,6 cm
2	Aplicación de soldadura 	Maquina de Soldar Electrodos 6013	Formar un triángulo rectángulo con pletinas y aplicar cordones de soldadura de 38,1 mm para cada unión entre pletinas
Unión entre el perfil y pies de amigos			
1	Aplicación de soldadura entre perfil y pies de amigo superior e inferior 	Maquina de Soldar Electrodos 6013	Aplicar 11 cordones de soldadura de 1" a cada lado entre el pie de amigo superior y el perfil y 6 cordones de 1" a cada lado entre pie de amigo inferior y perfil

Etapa	Descripción	Equipos y Herramientas	Observaciones
Alcayata laterales			
1	Suministro y corte de pletina de 1 ½" x 3/16" 	Tronzadora Esmeril	Corta 1 pletina con una longitud de 12 cm y realizar una ranura central de 5 cm de largo y 1" de ancho
2	Aplicación de soldadura 	Maquina de Soldar Electrodos 6013	Soldar alcayatas a la pletina con cordones de 38,1 mm. Soldar pletina con pie de amigo superior con cordones de 30 mm
Refuerzo de bisagras hembra y macho 5"			
1	Aplicación de soldadura 	Maquina de Soldar Electrodos 6013	Aplicar 11 cordones de soldadura de 1" a cada lado entre el pie de amigo superior y el perfil y 6 cordones de 1" a cada lado entre pie de amigo inferior y perfil

Etapa	Descripción	Equipos y Herramientas	Observaciones
Colocación de bisagras hembra de 5"			
1	Aplicación de soldadura 	Maquina de Soldar Electrodos 6013	Ubicar las bisagras hembras a los extremos de la estructura y aplicar cordones de soldadura en los perímetros
Soporte de pared			
1	Suministro y corte de lamina 	Esmeril	Cortar lamina con longitudes de 10 cm de ancho y 50 cm de largo
Colocación de bisagras macho 5 "			
1	Aplicación de soldadura	Maquina de Soldar Electrodos 6013	Ubicar las bisagras macho a los extremos de la lamina soporte de pared y aplicar cordones de soldadura en los perímetros

Etapa	Descripción	Equipos y Herramientas	Observaciones
Perforación con taladro			
1	Taladrado de laminas soporte de pared y placa externa 	Maquina de Soldar Electrodos 6013	Posicionar la lamina de soporte pared y la placa externa una encima de otra y perforar cuatro orificios a las esquinas
Tapa riel			
1	Suministro y corte de pletinas de 1 ½" x 3/16" 	Tronzadora	Cortar lamina de 7,6 cm
2	Fijar bisagra macho 2" 	Alicate Maquina de soldar Electrodo 6013	Aplicar un cordón de 25 mm de largo por el perímetro de la bisagra

5.3 Decoración del dispositivo

Luego de haber finalizado la fabricación del dispositivo se procedió a cubrir la estructura metálica con pintura anticorrosiva blanca. Para ello se utilizo una pistola de spray que funciona a base de aire comprimido.

Al finalizar de cubrir completamente el dispositivo con pintura anticorrosiva se espero a que esta secara para así proceder a pintar la estructura con pintura azul en spray (ver figura 5.2)

A) B)

Figura 5.2 A) Aplicación de pintura anticorrosiva B) aplicación de spray azul

Para terminar con la decoración se colocaron dibujos infantiles al dispositivo con la finalidad de mejorar la estética del equipo y también para combinarlo visualmente con los adornos y el decorado ya existente en el área de fisiatría infantil (ver figura 5.3)

Figura 5.3 Colocación de dibujos infantiles

5.4 Construcción del arnés

El arnés tiene como finalidad sujetar el cuerpo del niño durante la realización de las terapias. Su diseño no corresponde a uno en particular ya que este puede ser elaborado de diferentes formas, es decir, pueden existir distintos modelos de arneses capaces de ser adaptados al dispositivo, es por ello que se lo considera como un accesorio mas no como una parte del mismo.

Su construcción estuvo basada en las necesidades manifestadas por el personal del área de fisiatría infantil, teniendo presente las medidas antropométricas de niños entre 2 a 6 años con la intención de que se adaptase a la mayoría de los infantes que allí realizan terapias.

Como primer paso para su construcción se procedió a la compra del material necesario en mercería y ferreterías. Se tomo como base para sujetar el cuerpo del niño un pañalero similar a un perchero al cual se le colocaron en

distintas zonas argollas de fijación por donde pasaran las correas de nylon que servirán de soporte al cuerpo. Las argollas de fijación traseras se posicionaron (de acuerdo a los posibles tamaños de los niños) cercanas al área de la cadera para lograr así un estado de equilibrio. Se colocaron dos argollas en el hombro para mantener al niño de pie.

Igualmente se pusieron unos colgaderos en la espalda graduables mediante un cierre mágico los cuales junto con las argollas de fijación trasera colocan al niño en la posición de gateo.

A) B)

Figura 5.4 A) Colocación de argollas traseras B) Colgaderos graduables

Para graduar el tamaño de las correas se colocaron tres hebillas, dos adelantes y una atrás, lo cual permitirá ajustar la altura del niño. Se coloco una correa en la parte central del perchero que permitirá graduar el ancho del cuerpo del niño, específicamente en la zona del abdomen. Adicionalmente se coloco un cinturón graduable a la altura del pecho para graduar también el ancho del cuerpo como se observa en la siguiente figura.

Se realizaron cuatro eslingas graduables compuestas cada una por dos cancamos y una hebilla que conectan al arnés con el dispositivo.

A) B)

Figura 5.5 A) Cinturón y argollas B) Eslingas

CAPÍTULO 6
Instalación y Pruebas funcionales del dispositivo

La construcción de cualquier dispositivo implica la realización de ensayos y evaluaciones para comprobar su correcto funcionamiento. A continuación se detallan los pasos para la instalación del dispositivo, las pruebas funcionales y un manual de uso.

6.1 Instalación del dispositivo

El dispositivo esta diseñado para ser instalado en paredes de concreto por lo que inicialmente se realizó una plantilla del soporte de pared en la zona donde se deseaba instalar el equipo. Para ello se utilizó un nivel para garantizar una ubicación correcta y centrada del dispositivo.

Luego de realizada la plantilla se procedió a perforar la pared con un taladro y una mecha de 1/4” para iniciar la abertura de los orificios. Una vez atravesada la pared se sustituyó la mecha por una de 3/8” para así terminar de abrir completamente los orificios (ver figura 6.1 A).

Posteriormente se introdujeron los pernos a través de una placa metálica la cual va ubicada en la parte externa de la pared. Los pernos se colocaron de afuera hacia adentro tal como se observa en la figura 6.1 B

A) B)

Figura 6.1 A) Perforación en pared B) Colocación de pernos

Luego de que los pernos atravesaran la pared se procedió a instalar la lámina del soporte de pared por el lado interno de manera tal de que los pernos se introdujeran por cada uno de los orificios. Seguidamente se colocaron las arandelas planas 3/8” las arandelas de presión 3/8” y las tuercas hexagonales 3/8” en cada perno tal como se observa en la figura 6.2 A. Como paso final se procedió a ensamblar la base riel con el soporte de pared a través de los pasadores de las bisagras. Luego de realizado este paso el dispositivo se encuentra instalado correctamente como se aprecia en la figura 6.2 B.

A) B)

Figura 6.2 A) Colocación de arandelas y tuercas en pernos B) Instalación final del dispositivo

6.2 Pruebas funcionales

Las pruebas del dispositivo se dividieron en varios casos los cuales comprenden los siguientes aspectos:

6.2.1 Resistencia del peso

Para este caso se simuló el peso del niño con dos garrafones de agua los cuales tienen una capacidad de almacenamiento de 18 litros c/u; por lo tanto el peso de prueba fue de 36 Kgf. Estos se colgaron al carrito el cual se desplazo a lo largo del perfil como se puede ver en la figura 6.3. Durante la realización de esta prueba el dispositivo opero correctamente soportando el peso sin inconvenientes. Tampoco se observó ninguna deformación o desplazamiento.

Figura 6.3 Prueba de resistencia de peso

6.2.2 Prueba de balanceo

Otra prueba fue balancear los garrafones colgados de las alcayatas tal como se muestra en la figura 6.4 para lo cual fue necesario colocar los pasadores en la bisagra inferior. En este caso se presentó un pequeño movimiento oscilante cuando la misma no era columpiada en la dirección del riel, lo cual puede causar dificultad al terapeuta o niño. Es por ello que la terapia de balanceo debe siempre realizarse paralelo a la dirección del riel ya que así el perfil minimiza su oscilación.

Figura 6.4 Prueba de balanceo

6.2.3 Prueba de movilidad

El contacto de las ruedas del carrito con el riel del perfil genera una fuerza de roce que no es apreciable con la carga de los garrafones, es decir se desliza suavemente. El giro de la bisagra es suave cuando el carrito se encuentra en el extremo del perfil. A medida que este se va acercando al apoyo disminuye el brazo por lo que se siente un poco duro al momento de girar, dado que se cumple con el principio de la palanca.

6.3 Instalación en el área de fisiatría infantil del IVSS

Una vez que el dispositivo superó exitosamente las pruebas funcionales realizadas se procedió a efectuar su instalación en el área de fisiatría infantil.

Para ello se llevo a cabo el mismo procedimiento descrito en el punto 6.1 (Instalación del dispositivo) con la única diferencia de que en esta ocasión la ubicación del equipo dependió de las características propias del lugar y de las sugerencias manifestadas por el grupo de terapeutas para facilitar la realización de las terapias.

Finalizada la instalación del dispositivo, se procedió a verificar su funcionamiento y características tales como el giro de las bisagras, resistencia y colocación de pasadores de fijación.

Figura 6.5 Verificación de funcionabilidad del dispositivo

Comprobada la movilidad del equipo, se procedió a la realización de terapias de gateo, marcha y balanceo con niños que presentan alguna dificultad en su desarrollo motor y con la asistencia de las terapeutas.

Como primer paso se procedió a la colocación y adaptación del arnés al cuerpo del infante. Para la terapia de gateo se colocó una eslinga en cada colgador del arnés y otras 2 eslingas en un par de argollas traseras. Se graduó su altura y se fijaron al carrito del dispositivo para luego dar inicio a la terapia (ver figura 6.6)

Figura 6.6 Terapia de gateo

Para la terapia de marcha o caminata se colocó una eslinga en cada argolla ubicada sobre los hombros del arnés, se graduó su largo a la altura necesaria y se fijaron al carrito del dispositivo.

Figura 6.7 Terapia de marcha

Para la terapia de balanceo se procedió a colocar las eslingas de igual forma que para la terapia de gateo. Se graduaron su altura y se fijaron al dispositivo.

Figura 6.8 Terapia de balanceo

6.4 Percepción del dispositivo

En la tabla 6.1 se presenta la evaluación hecha al dispositivo por parte del personal del área de fisiatría del IVSS. Se entrego una planilla de evaluación (ver anexo B) donde se pedía calificar en una escala del 1 al 5 distintos aspectos del dispositivo los cuales se mencionan a continuación:

A: Funcionabilidad del dispositivo
B: Ergonomía del equipo respecto al personal de trabajo
C: Simplicidad para manejar el equipo
D: Estética del dispositivo
E: Confiabilidad y seguridad al momento de manipular el dispositivo
F: Facilidad de montar y desmontar el dispositivo
G: Adaptabilidad del arnés al cuerpo del infante
H: Adaptación en el área de fisiatría
I: Efectividad respecto a otros equipos
J: Creatividad del equipo

Entre las personas que laboran en el área de fisiatría y que participaron en la evaluación del dispositivo se encuentran:

Carmen Velásquez: Medico Fisiatra
Edimar Gonzáles: Medico Fisiatra
Ludmila Córdova: Terapeuta Ocupacional
Geraldine Chirinos: Terapeuta Ocupacional
Faridys Jiménez: Terapeuta Ocupacional
Arlenis Guevara: Terapeuta Ocupacional

Para determinar el nivel de aceptación del dispositivo de manera numérica se totalizaron los puntajes otorgados en cada planilla para cada una de las áreas evaluadas.

Tabla 6.1 Evaluación del dispositivo

	AREA A EVALUAR									
Nombre	**A**	**B**	**C**	**D**	**E**	**F**	**G**	**H**	**I**	**J**
Carmen Velásquez	4	4	5	5	4	4	4	5	4	5
Edimar González	4	4	5	5	4	4	4	5	5	5
Ludmila Córdova	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5
Geraldine Chirinos	5	5	5	4	5	5	4	5	5	5
Faridys Jiménez	5	4	4	4	5	4	5	5	5	5
Arlenis Guevara	4	4	3	5	4	4	5	5	5	5
TOTAL	**27/30**	**26/30**	**27/30**	**27/30**	**27/30**	**26/30**	**27/30**	**30/30**	**29/30**	**30/30**

* Encuestas en el anexo B

En la tabla anterior se muestra la gran aceptación del dispositivo por parte del personal del área de fisiatría infantil del IVSS. Se puede afirmar que es un dispositivo creativo y eficaz en comparación a otros ya existentes en dicho centro de salud y que se adapta perfectamente al cuarto donde se realizan las terapias.

Por otra parte las personas encuestadas destacan al dispositivo entre otras cosas por ser multifuncional y por su confiabilidad y seguridad al momento de ser manipulado.

6.5 Mejoras al dispositivo con base en las pruebas

Luego de concluida la realización de cada una de las terapias se pudo comprobar el buen funcionamiento del equipo en distintos aspectos tales como movilidad del brazo, giro de las bisagras, capacidad para soportar el peso, movimiento del carrito y adaptación del arnés al cuerpo del infante. El equipo tuvo gran aceptación, sin embargo el grupo de médicos y terapeutas manifestaron la necesidad de ampliar la distancia entre las eslingas colocadas en los hombros del niño durante la terapia de marcha para dar mayor libertad de movimiento así como también disminuir al máximo las oscilaciones del perfil durante la terapia de caminata y balanceo.

Como primer arreglo se colocaron dos pletinas con orejas a cada lado de la barra roscada del carrito con la particularidad de ser rotativas de manera que el niño pueda girar sobre su propio eje y con mayor libertad debido a la nueva ubicación de las eslingas.

Figura 6.9 Modificación del carrito

El nuevo sistema de fijación del equipo consta de dos cilindros huecos concéntricos, uno ubicado en la lámina del soporte de pared y el otro colocado por debajo del riel. El pasador posee una manilla de fácil agarre para desplazarlo entre los cilindros bien sea para bloquear el giro del dispositivo o para liberarlo.

Figura 6.10 Nuevo pasador de fijación

6.6 Recomendaciones para el uso correcto del dispositivo

- El dispositivo esta hecho para soportar una carga máxima de 35 kilogramos, el cual es el peso promedio de un niño de 8 años de edad de acuerdo a las tablas antropométricas venezolanas.

- Es obligatorio que las terapias se realicen bajo la supervisión de un adulto. Nunca se debe dejar solo al niño mientras esta sujeto al dispositivo.

- Para cada terapia a realizar se debe fijar el dispositivo con el pasador antes de sujetar el cuerpo del infante con el carrito o con las alcayatas laterales. Una vez asegurado el arnés que sostiene el peso del niño se

procede a quitar los pasadores solo para el caso de las terapias de gateo o marcha para permitir la movilidad del dispositivo.

- En la figura 6.11 A) se muestra el modo correcto para la aplicación de la terapia de balanceo. Primeramente se debe desplazar el pasador de fijación hacia adentro del cilindro hueco ubicado en el soporte de pared con la finalidad de evitar el giro del equipo. Luego se procede a amarrar el arnés con las alcayatas laterales colocando al niño de manera que quede paralelo en la misma dirección del riel del perfil. En la figura 6.11 B) se muestra la forma incorrecta de hacer la terapia de balanceo. Nunca se debe balancear al niño cuando este perpendicular al riel y tampoco debe fijarse el arnés al carrito, ya que puede ocasionar que el perfil gire y pierda su estado inmóvil.

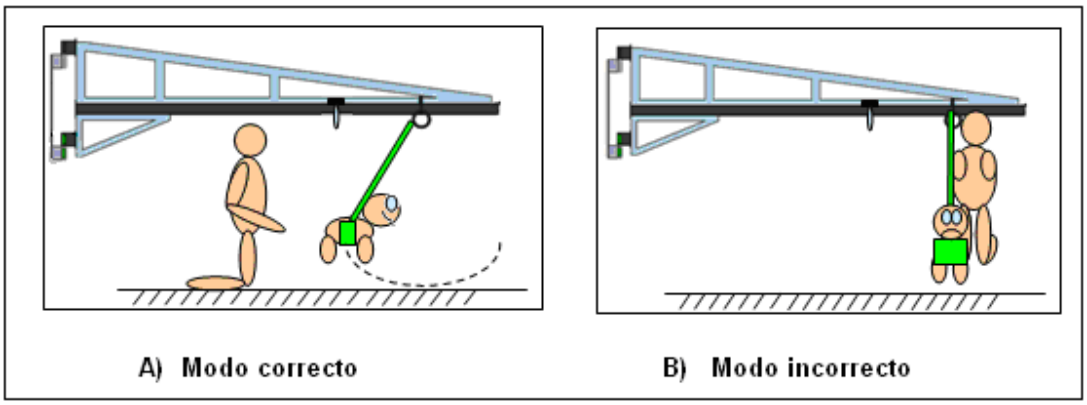


Figura 6.11 Terapia de columpio A) Modo correcto B) Modo incorrecto

- En la figura 6.12 A) se observa la posición correcta que debe tener el terapeuta al momento de realizar la rehabilitación al infante como la marcha o el gateo. La persona a cargo debe estar sentada o arrodillada pero nunca parada como se muestra en la figura 6.12 B) ya que el equipo puede golpearle.

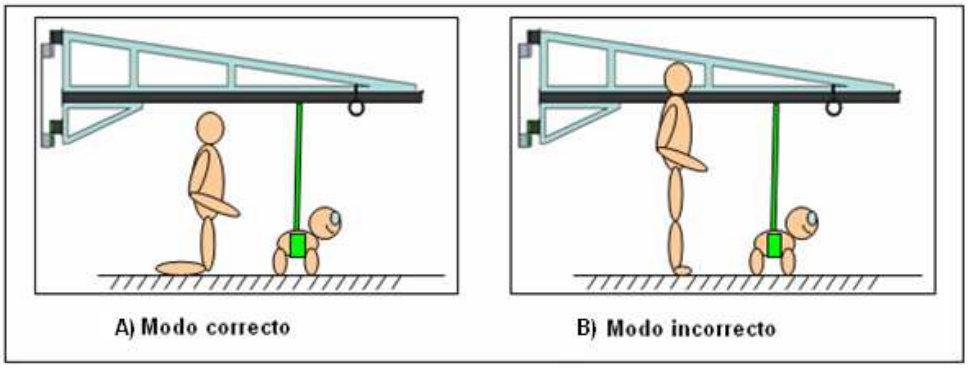


Figura 6.12 Terapia de marcha y gateo A) Modo correcto B) Modo incorrecto

- Para el mantenimiento solo se debe lubricar las partes móviles, es decir las bisagras y el riel.

- Para que el peso del niño sea soportado por la estructura es necesario colocarlo en una base de apoyo y luego retirarlo.

- Para balancear al niño es necesario colocarlo a una altura mínima respecto al suelo. Se recomienda como distancia segura la medida desde la cadera hasta los pies + 5 cm, para evitar que el niño se golpee cuando estire las piernas.

6.6.1 Recomendaciones para la correcta colocación del arnés

- Colocar al máximo largo cada una de las correas que conforman el arnés haciendo uso de las hebillas, antes de introducir.

- Ajustar las correas hasta que se adapten a la altura del niño y ajustar el cierre mágico y el cinturón al ancho del niño.

- Para la terapia de marcha colocar dos eslingas en las argollas ubicadas en los hombros del niño.

- Para las terapias de gateo y balanceo colocar dos eslingas en las argollas trasera y dos en los colgadores. Ajustar la ubicación de las eslingas en las argollas apropiadas de acuerdo al tamaño del niño para mantener el equilibrio.

- Para la terapia de gateo y marcha conectar las eslingas a la alcayata del carrito.

- Para la terapia de balanceo conectar las eslingas del lado izquierdo con la alcayata del mismo lado ubicada al extremo del dispositivo. Igualmente las eslingas del lado derecho deben conectarse a su respectiva alcayata.

- Luego de terminar la terapia para quitar el arnés se debe primeramente posar al niño, esperar a que este estable y posteriormente quitar las eslingas del dispositivo y del arnés. Se aflojan las cuerdas, el cierre mágico y el cinturón y se procede a sacar con cuidado al niño del arnés.

CAPÍTULO 7
Conclusiones y Recomendaciones

7.1 Conclusiones

- El dispositivo se diseñó para ser adaptado en un lugar de trabajo específico, sus dimensiones y su funcionabilidad permiten garantizar el ahorro del espacio

- Los resultados obtenidos en el análisis estático y de balanceo muestran que la concentración de esfuerzos se ubica para ambos casos en la bisagra superior ya que la misma se encuentra sometida a un esfuerzo de tracción generado por el momento flexionante de la carga aplicada. Sin embargo en ninguno de los casos supera el límite de elasticidad del material y los factores de seguridad son mayores a 3.

- El dispositivo no sufre desplazamientos considerables que puedan poner en riesgo su estabilidad y confiabilidad según el estudio de análisis estático y de balanceo realizado en su posición mas critica, es decir cuando la carga máxima de 35 kg se ubica al extremo del perfil.

- Con las pruebas funcionales se demostró la resistencia del dispositivo al colocarle la carga de trabajo. Adicionalmente se duplicó el valor de esta carga y tampoco se presentaron fallas lo que corrobora la confiabilidad del diseño.

- El costo del dispositivo, es aproximadamente 1520 BsF incluyendo el arnés, los materiales, las piezas utilizadas para su construcción y la mano de obra. La sumatoria de los costos de los equipos de rehabilitación fabricados en el exterior tales como el gateador y la andadera sobrepasan los 3175 BsF; precio elevado en comparación al dispositivo construido, el cual permite desarrollar distintas terapias que lo convierten en un equipo multifuncional y accesible para los centros de fisiatría.

- La construcción del dispositivo fue realizada con materiales nacionales, lo cual significa una gran ventaja ya que haría posible la producción en masa a nivel nacional sin la necesidad de recurrir a materiales importados.

7.2 Recomendaciones

- Es necesario que para la aplicación de la terapia de balanceo se realice un estudio de la resistencia del concreto de la pared, ya que existe la posibilidad de que se originen grietas o se desgate debido a las vibraciones y al impacto absorbido por la estructura.

- Para un buen uso del dispositivo se deben respetar las instrucciones de uso. Realizar operaciones que contradigan al manual pueden ocasionar accidentes o dañar el equipo.

- Puede adaptársele al dispositivo una polea o una mesa elevadora que sirva para levantar al niño del suelo y poder fijarlo a la altura que se deseen realizar las distintas terapias.

Referencias bibliográficas

[1] Heriberto Canela (1995). Patente US5407406 (exercise device for handicappedchildren).Disponible en internet: www.freepatentsonline.com/5407406.Pdf

[2] Anna Binghan (2001). Patente US20010027149 (method and apparatus to exercise develope mentally delayed persons). Disponible en internet: www.freepatentsonline.com/20010027149.Pdf

[3] William Thornton (2007). Patente US20070281842 (unweighting assembly and support harness for unweighting a patient during rehabilitation). Disponible en internet: www.freepatentsonline.com/20070281842.Pdf

[4] Robert Robideau (2008). Patente US7452308 (unweighting assembly and support harness for unweighting a patient during rehabilitation). Disponible en internet: www.freepatentsonline.com/7452308.Pdf

[5] El desarrollo motor. Doctor Mario Coronado Darza. Disponible en Internet: http://www.bebescr.com/bebes/bebe0057.shtml

[6] Berruelo Pedro (2000). El contenido de la psicomotricidad. Disponible en Internet:http://biblioteca.idict.villaclara.cu/UserFiles/File/Psicomotricidad/12.pdf

[7] Pamela Salgado, Universidad de Chile (2007). Desarrollo motor normal. Disponible en Internet: https://www.ucursos.cl/medicina/2007/0/TOMINNI4/1/material_docente/bajar?id_material=126477

[8] Cristina Isabel Gallego, España. Desarrollo físico del niño y de la niña y su relación con la psicomotricidad. Disponible en Internet: http://www.equip123.net/equip1/edifam/esp/docs/Unit4.pdf

[9] Roy Infante Chang, Universidad de Central de Venezuela. Rehabilitación Pediátrica. Disponible en Internet: http://www.efisioterapia.net/descargas/pdfs/372-desarrollo-motor.pdf

[10] Edgar Filiano. Monografía. Estructura del cuerpo: Tamaño y movimiento. Disponible en Internet: www.monografias.com/trabajos13/estrucue/estrucue.shtml

[11] Raúl Amil. Fundamentos de biomecánica. Disponible en Internet: http://www.patriciaminuchin.com.ar/publicado/09dFundamentos_de_biomec%C3%A1nica.htm

[12] Biomecánica para el análisis del método pilates. Disponible en Internet: http://metodopilates.blogspot.com/2006_08_01_archive.html

[13] Claudia Ibarra, Instituto Tecnologico Sonora (2001). Antopometria. Disponible internet: www.scribd.com/doc/.../antropometriaibarra

[14] Máximo Garzón, Universidad Nacional de Colombia (2002). Introducción al modelamiento por elementos finitos con ANSYS. Disponible en Internet: www.uestructuras.unal.edu.co/Pagina%20ANSYS/.../intro.pdf`

[15] Asociación española de fisioterapeuta. Fomento del niño con parálisis cerebral. Disponible en Internet: http://centros.educacion.navarra.es/creena/007motoricos/PDFs/Fomento%20del%20desarrollo%20del%20nino%20con%20PCI.pdf

[16] Bernard Hamrock, Bo Jacobson, Steven Schmid. Elementos de maquinas. México 2000. Editorial McGrawHill.

[17] Frederick Bueche, Eugene Hecht. Física SCHAUM serie fácil. México 2000. Editorial McGrawHill.

[18] Ferdinand Singer, Andrew Pytel. Resistencia de Materiales. Tercera Edición. México 1982. Editorial HARLA

[19] Alirio Berrios, Monel Martínez. Diseño de una camilla reclinable que permita sentar al paciente para facilitar su traslado. Universidad de Carabobo 2009. Tesis disponible en: Biblioteca Rental de la escuela de Ingeniera Mecánica

[20] (Kapanji). Fisiología Articular, Tomo II, Miembro Inferior. 5ta. Edición, 1997. España: Editorial Médica Panamericana

[21] Soldadura. Disponible en Internet: http://es.wikipedia.org/wiki/Soldadura

[22] Bisagras. Disponible en Internet: http://es.wikipedia.org/wiki/Bisagra

Anexos

Anexo A. Medidas antropométricas para niños y niñas (Fuente Dr. Hernán Castellano)

MEDIDA ANTROPOMETRICA

PERCENTIL 97 SEXO (MASCULINO)

Edad (año)	Peso (kg)	TALLA (CM)		DIAMETRO (CM)		LONGITUD (CM)				
		De pie	Sentada	Cefalico	Biacromial	Antebrazo	Brazo	Tibia	Pierna	Cuello
0,8	11	73	49	47,8	18,6	10,8	12,6	14	10	
1	12	81	50	48,4	19,6	11,4	13,6	15	16	
01-Ene	14	87	53	50	20,6	12,4	14,8	17	17	
2	15	92	56	50,8	21,6	13,2	16	18,6	17,4	
2,5	16	97	57	51,6	22,4	14	17	20	20	
3	18	102	59	52	23,2	14,6	17,8	21,1	21,9	
3,5	19	106	61	52,4	24,2	15,1	18,5	22,2	22,8	
4	21	110	63	52,6	25	15,6	19	23,2	23,8	
4,5	22	114	64,5	52,9	25,6	16,2	20	24,4	25,1	
5	24	117	66	53,2	26,4	16,6	20,8	25,5	25,5	
5,5	26	120	67	53,4	27	17,3	21,6	26,3	26,7	
6	28	124	68,5	53,6	27,8	17,8	22,2	27,3	28,2	
6,5	30	127	70	53,9	28,4	18,4	23	28,2	28,8	
7	33	130	71,5	54,1	29,2	19	23,6	29,2	29,3	
7,5	35	133	72,2	54,3	29,8	19,6	24,2	30	30,5	
8	37	135	73,5	54,4	30,2	20	24,8	30,8	30,7	

PERCENTIL 3 SEXO (FEMENINO)

Edad (año)	Peso (kg)	TALLA (CM)		DIAMETRO (CM)		LONGITUD (CM)				
		De pie	Sentada	Cefalico	Biacromial	Antebrazo	Brazo	Tibia	Pierna	Cuello
0,8	6	65	42	41,6	14	8,2	9,4	10,8	12,2	
1	7	68	43	42,2	14,8	8,6	10	11,8	13,2	
01-Ene	8	73	45	43,4	15,4	9,2	10,9	12,8	15,8	
2	9	77	47	44,2	16	9,8	11,8	14	16	
2,5	9,5	80	48	45	17	10,4	12,4	15	17	
3	10	84	49,2	45,4	18	10,9	13	16,2	18,6	
3,5	11	87	50,2	45,9	18,7	11,4	13,8	17,1	19,7	
4	12	90	51,4	46,2	19,6	12	14,6	18,1	20,5	
4,5	12,5	93	53	46,6	20,2	12,4	15,2	19	21	
5	13	96	54,2	46,8	20,8	12,8	15,7	19,8	22	
5,5	14	99	55,5	47	21,4	13,4	16,2	20,5	23	
6	14,5	102	57	47,2	22	13,8	16,7	21,4	23,6	
6,5	15,1	104	58,1	47,4	22,6	14,2	17,3	22	23,9	
7	16	107	59,5	47,6	23	14,7	17,9	22,8	24,7	
7,5	17	110	60,5	47,8	23,5	15,2	18,5	23,3	26,2	
8	18	112	61,5	48	24	15,7	19	24	26,5	

Anexo B. Encuestas de evaluación del dispositivo

EVALUACIÓN DEL DISPOSITIVO

Nombre y Apellido: Cármen Yolanda Velazquez Contreras

CI: 9231947

Cargo: Medico Fisiatra - Jefe de Servicio

POR FAVOR MARQUE CON UNA X DONDE CORRESPONDA

1:Muy Malo (MM) **2:**Malo (M) **3:**Regular (R) **4:**Bueno (B) **5:**Excelente (EXC)

AREA A EVALUAR	PUNTAJE				
	MM (1)	M (2)	R (3)	B (4)	EXC (5)
A) Funcionabilidad del dispositivo.				X	
B) Ergonomía del equipo respecto al personal de trabajo.				X	
C) Simplicidad para manejar el equipo.					X
D) Estética del dispositivo.					X
E) Confiabilidad y seguridad al momento de manipular el dispositivo				X	
F) Facilidad de montar y desmontar el dispositivo.				X	
G) Adaptabilidad del arnés al cuerpo del infante.				X	
H) Adaptación en el área de fisiatría.					X
I) Efectividad respecto a otros equipos.				X	
J) Creatividad del equipo.					X

Observaciones:

Es de nuestro agrado la participacion de los becarios en la creacion de equipos para la ayuda a nuestros pacientes.

FIRMA: **FECHA:** 1/11/10 **SELLO:** DRA. CARMEN VELAZQUEZ MEDICO FISIATRA

EVALUACIÓN DEL DISPOSITIVO

Nombre y Apellido: Edimar González

CI: V-13103325.

Cargo: Médico Adjunto / Fisiatría.

POR FAVOR MARQUE CON UNA X DONDE CORRESPONDA

1:Muy Malo (MM) **2:**Malo (M) **3:**Regular (R) **4:**Bueno (B) **5:**Excelente (EXC)

AREA A EVALUAR	**PUNTAJE**				
	MM (1)	M (2)	R (3)	B (4)	EXC (5)
A) Funcionabilidad del dispositivo.				X	
B) Ergonomía del equipo respecto al personal de trabajo.				X	
C) Simplicidad para manejar el equipo.					X
D) Estética del dispositivo.					X
E) Confiabilidad y seguridad al momento de manipular el dispositivo				X	
F) Facilidad de montar y desmontar el dispositivo.				X	
G) Adaptabilidad del arnés al cuerpo del infante.				X	
H) Adaptación en el área de fisiatría.					X
I) Efectividad respecto a otros equipos.					X
J) Creatividad del equipo.					X

Observaciones: Solo como recomendaciones en relación a la estabilidad de la base; con sus oscilaciones y también en el sujetador del arnés. para facilitar la (sujeción) del infante Excelente iniciativa para el área de Estimulación Infantil

FIRMA: Dra. Edimar J. González FISIATRA

FECHA: 08/10/2010

SELLO: Servicio de Medicina Física y Rehabilitación AMBULATORIO "Dr. LUIS GUADA LACAU" Naguanagua I.V.S.S.

EVALUACIÓN DEL DISPOSITIVO

Nombre y Apellido: Ludmila Cordova

CI: C.I- 6.888.474.

Cargo: Terapeuta Ocupacional

POR FAVOR MARQUE CON UNA X DONDE CORRESPONDA

1:Muy Malo (MM) **2:**Malo (M) **3:**Regular (R) **4:**Bueno (B) **5:**Excelente (EXC)

AREA A EVALUAR	PUNTAJE				
	MM (1)	M (2)	R (3)	B (4)	EXC (5)
A) Funcionabilidad del dispositivo.					X
B) Ergonomía del equipo respecto al personal de trabajo.					X
C) Simplicidad para manejar el equipo.					X
D) Estética del dispositivo.				X	
E) Confiabilidad y seguridad al momento de manipular el dispositivo					X
F) Facilidad de montar y desmontar el dispositivo.					X
G) Adaptabilidad del arnés al cuerpo del infante.					X
H) Adaptación en el área de fisiatría.					X
I) Efectividad respecto a otros equipos.					X
J) Creatividad del equipo.					X

Observaciones:

Excelente aparato, funcional con respecto al area de estimulación psicomotriz del servicio de Rehabilitación del ambulatorio J.V.S.S. "Luis Ignacio Lacava".

28-10-10

FIRMA: **FECHA:** **SELLO:**

Servicio de Medicina Física y Rehabilitación
AMBULATORIO "Dr. LUIS OCTAVIO LACAVA"

EVALUACIÓN DEL DISPOSITIVO

Nombre y Apellido: Geraldine Chirinos Zavala

CI: 13.737.124

Cargo: Terapeuta Ocupacional

POR FAVOR MARQUE CON UNA X DONDE CORRESPONDA

1:Muy Malo (MM) **2:**Malo (M) **3:**Regular (R) **4:**Bueno (B) **5:**Excelente (EXC)

AREA A EVALUAR	PUNTAJE				
	MM (1)	M (2)	R (3)	B (4)	EXC (5)
A) Funcionabilidad del dispositivo.					X
B) Ergonomía del equipo respecto al personal de trabajo.					X
C) Simplicidad para manejar el equipo.					X
D) Estética del dispositivo.				X	
E) Confiabilidad y seguridad al momento de manipular el dispositivo					X
F) Facilidad de montar y desmontar el dispositivo.					X
G) Adaptabilidad del arnés al cuerpo del infante.				X	
H) Adaptación en el área de fisiatría.					X
I) Efectividad respecto a otros equipos.					X
J) Creatividad del equipo.					X

Observaciones:

Dispositivo multifuncional, creativo y facil de usar. El dueto de muchachos creadores entendieron las dificultades de funcionamiento del grupo de niños con problemas neurológicos que asiste a esta institu

FIRMA:

FECHA: 28/10/10

SELLO:

Servicio de Medicina Física y Rehabilitación
AMBULATORIO "Dr. LUIS GUADA LACAL"
Nagarote
I.V.S.S.

EVALUACIÓN DEL DISPOSITIVO

Nombre y Apellido: Maidyd A. Jiménez R.

CI: 8693600

Cargo: Terapeuta Ocup III

POR FAVOR MARQUE CON UNA X DONDE CORRESPONDA

1:Muy Malo (MM) **2:**Malo (M) **3:**Regular (R) **4:**Bueno (B) **5:**Excelente (EXC)

AREA A EVALUAR	PUNTAJE				
	MM (1)	M (2)	R (3)	B (4)	EXC (5)
A) Funcionabilidad del dispositivo.					X
B) Ergonomía del equipo respecto al personal de trabajo.				X	
C) Simplicidad para manejar el equipo.				X	
D) Estética del dispositivo.				X	
E) Confiabilidad y seguridad al momento de manipular el dispositivo					X
F) Facilidad de montar y desmontar el dispositivo.				X	
G) Adaptabilidad del arnés al cuerpo del infante.					X
H) Adaptación en el área de fisiatría.					X
I) Efectividad respecto a otros equipos.					X
J) Creatividad del equipo.					X

Observaciones: Se sugiere en maniobras y fordes colocación de material de protección

FIRMA:

FECHA:

SELLO:

Servicio de Medicina Física y Rehabilitación
Dr. LUIS GUADA LACAU

EVALUACIÓN DEL DISPOSITIVO

Nombre y Apellido: Arleis Desireé Guevara López

CI: 18.168.553

Cargo: Terapeuta Ocupacional Pediátrico.

POR FAVOR MARQUE CON UNA X DONDE CORRESPONDA

1:Muy Malo (MM) **2:**Malo (M) **3:**Regular (R) **4:**Bueno (B) **5:**Excelente (EXC)

AREA A EVALUAR	PUNTAJE				
	MM (1)	M (2)	R (3)	B (4)	EXC (5)
A) Funcionabilidad del dispositivo.				✓	
B) Ergonomía del equipo respecto al personal de trabajo.				✓	
C) Simplicidad para manejar el equipo.			✓		
D) Estética del dispositivo.					✓
E) Confiabilidad y seguridad al momento de manipular el dispositivo				✓	
F) Facilidad de montar y desmontar el dispositivo.				✓	
G) Adaptabilidad del arnés al cuerpo del infante.					✓
H) Adaptación en el área de fisiatría.					✓
I) Efectividad respecto a otros equipos.					✓
J) Creatividad del equipo.					✓

Observaciones: Estudiar más la Población de niños y Patologías.

FIRMA:

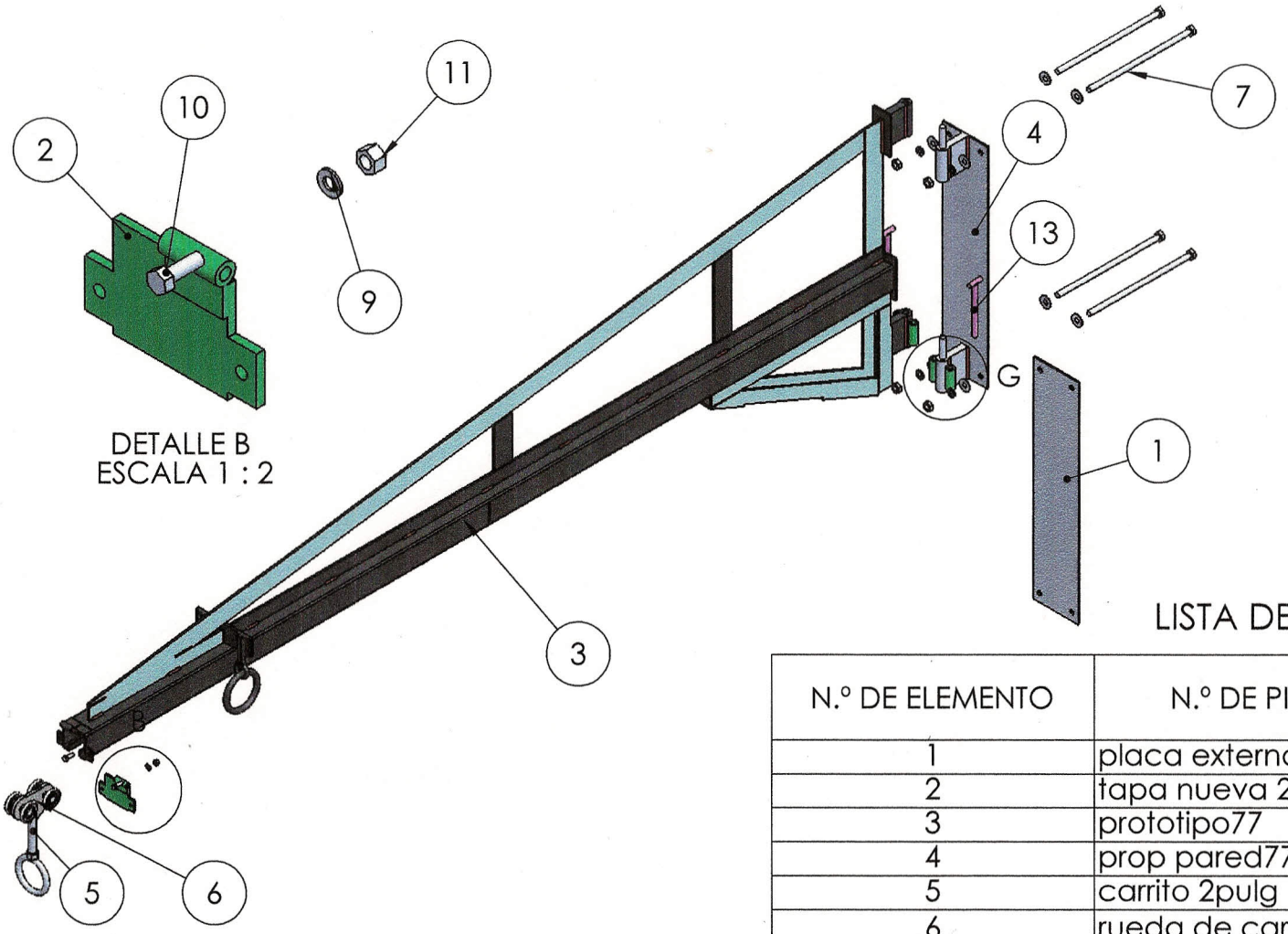
28-10-2010

FECHA:

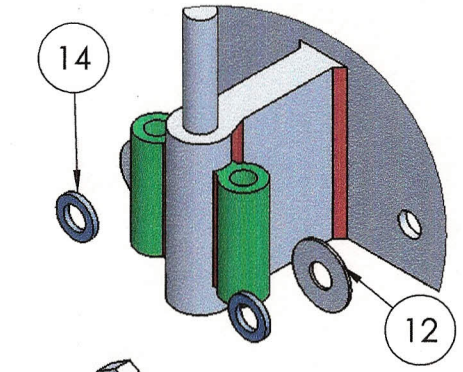
Servicio de M. Física y Rehabilitación AMBULATORIO Dr. LUIS GUEDA LACAU Naguanagua I.V.S.S. Servicio de Medicina Física y Rehabilitación AMBULATORIO Dr. LUIS GUEDA LACAU Naguanagua I.V.S.S.

SELLO

Anexo C Planos del dispositivo



DETALLE B
ESCALA 1 : 2

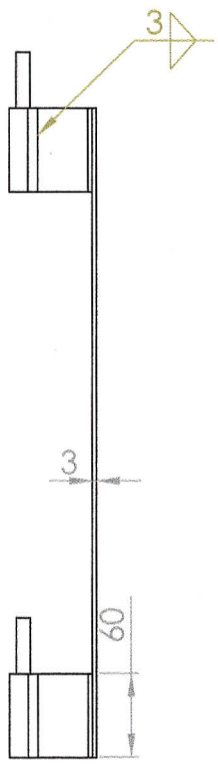


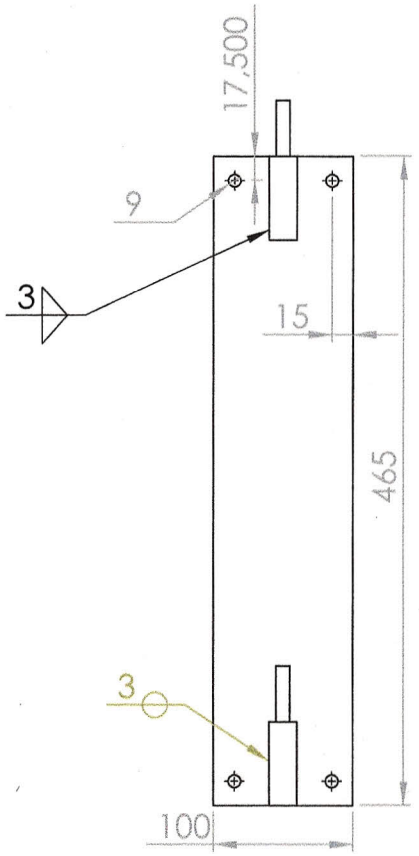
DETALLE G
ESCALA 1 : 2

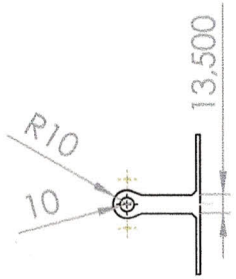
LISTA DE PIEZAS

N.° DE ELEMENTO	N.° DE PIEZA	CANTIDAD
1	placa externa	1
2	tapa nueva 2	1
3	prototipo77	1
4	prop pared77	1
5	carrito 2pulg	1
6	rueda de carrito	4
14	arandela de presion	4
7	perno de tapa	4
8	tuerca de tapa	4
9	arandela11111	2
10	tornillo de tapa	2
11	tuerca tradicional	2
12	arandela	8
13	trancador	2

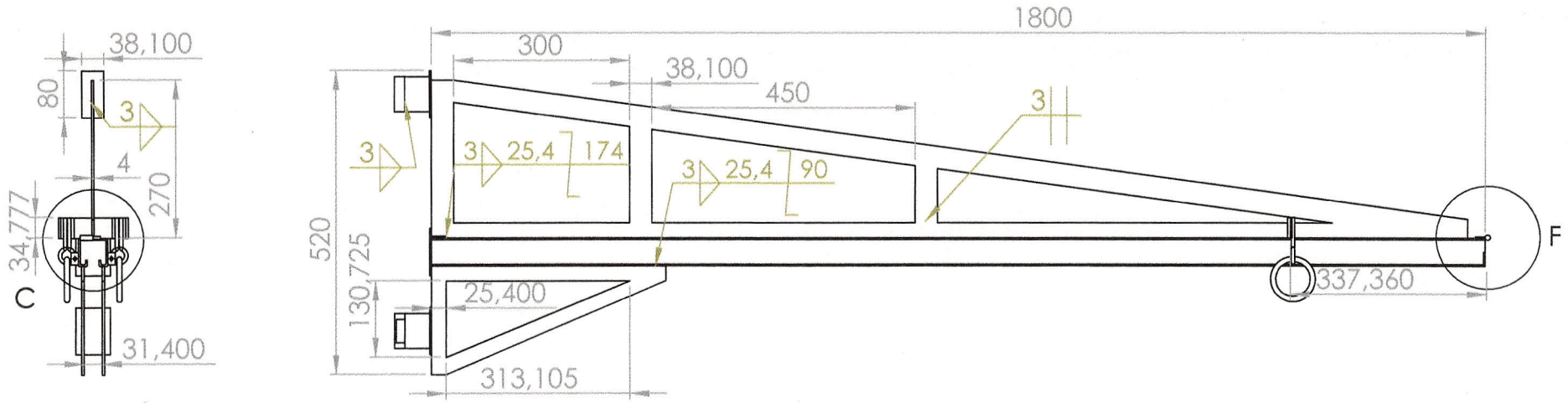
Realizado por:	Titulo	Material	Fecha	Formato	Escala	Cota	Pagina
Manuel y Humberto	Dispositivo en explocion	Hierro maleable, Acero 1020	02-11-2010	A4	1:10	mm	1-7



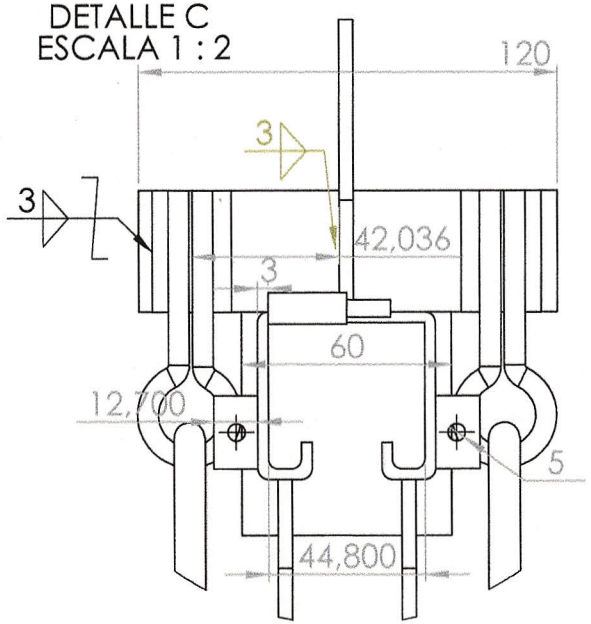




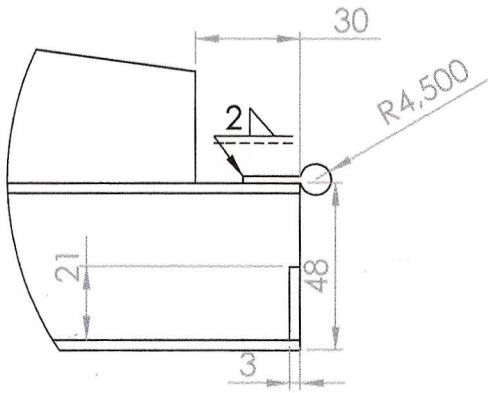
Realizado por:	Titulo	Material	Fecha	Formato	Escala	Cota	Pagina
Manuel y Humberto	Soporte de pared	Hierro maleable	02-11-2010	A4	1:5	mm	2-7



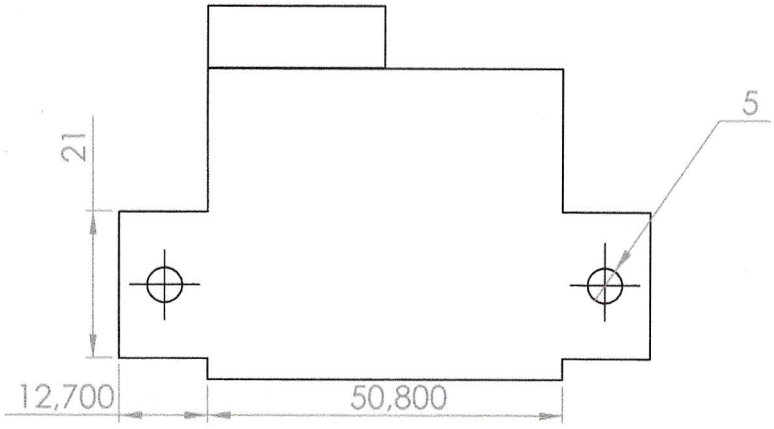
DETALLE C
ESCALA 1 : 2

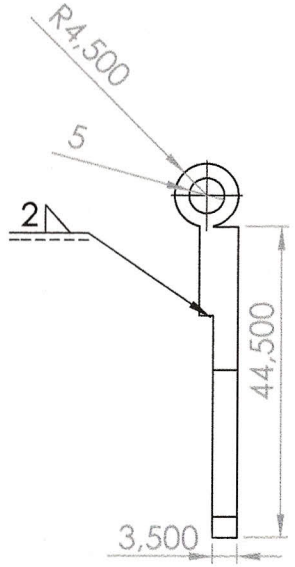


DETALLE F
ESCALA 1 : 2

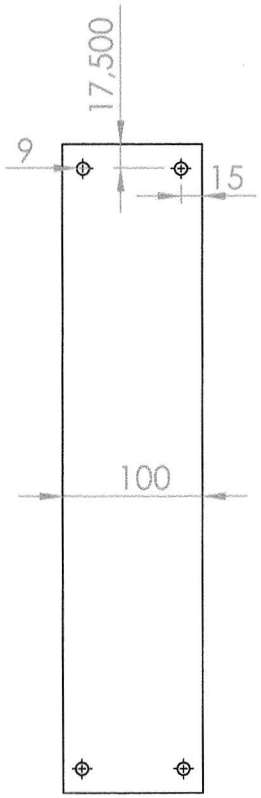


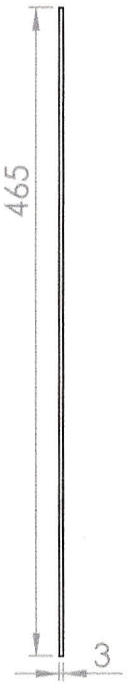
Realizado por:	Titulo	Material	Fecha	Formato	Escala	Cota	Pagina
Manuel y Humberto	Base riel	Hierro maleable, Acero 1020	02-11-2010	A4	1:10	mm	3-7



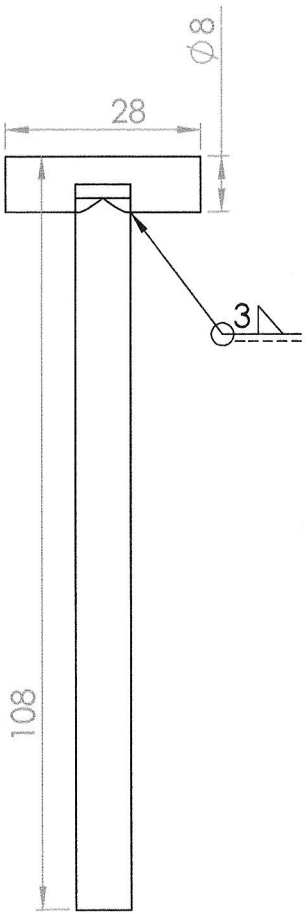


Realizado por:	Titulo	Material	Fecha	Formato	Escala	Cota	Pagina
Manuel y Humberto	Tapa riel	Hierro maleable, Acero 1020	02-11-2010	A4	1:1	mm	4-7

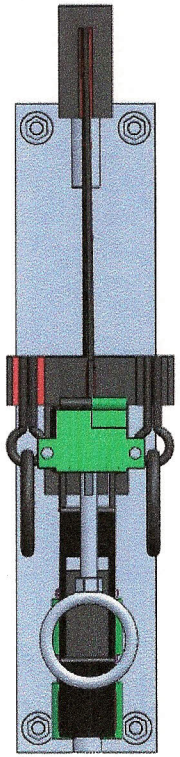


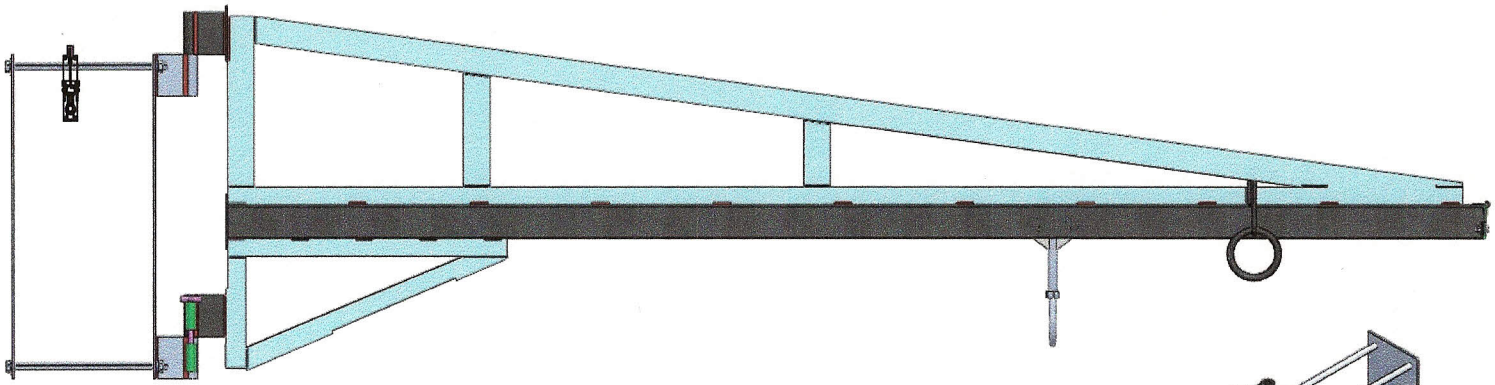


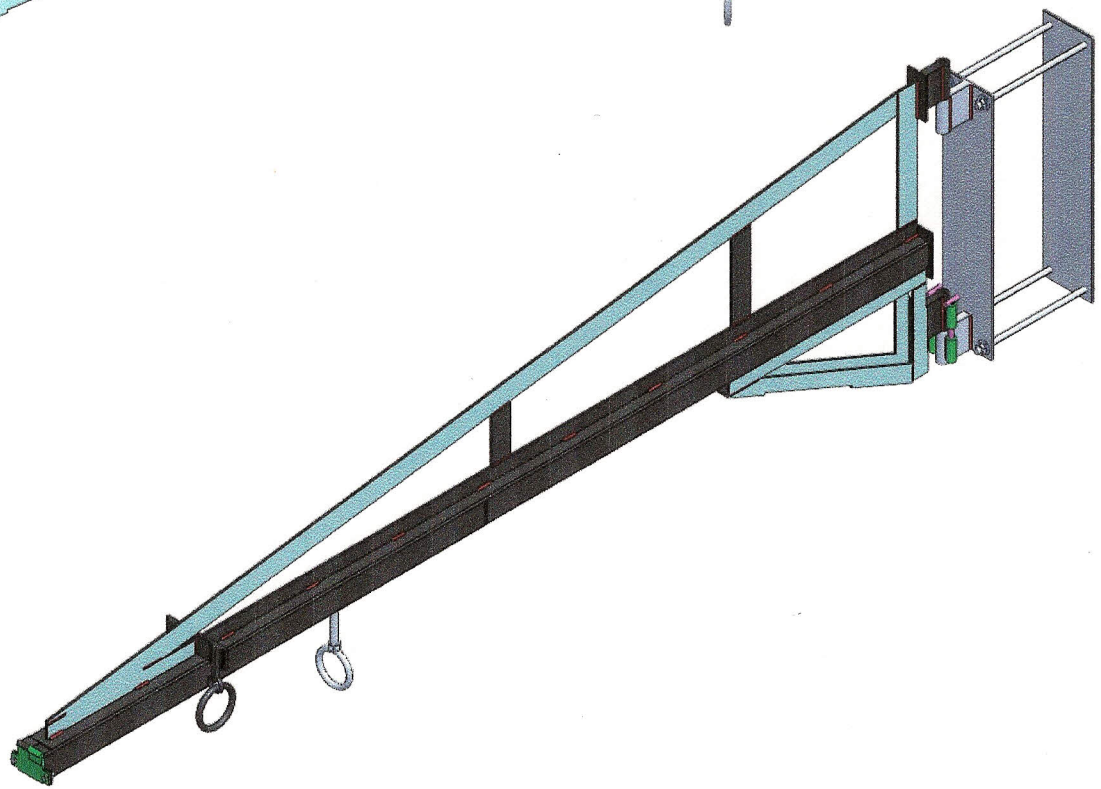
Realizado por:	Titulo	Material	Fecha	Formato	Escala	Cota	Pagina
Manuel y Humberto	Placa Externa	Hierro maleable	02-11-2010	A4	1:5	mm	5-7



Realizado por:	Titulo	Material	Fecha	Formato	Escala	Cota	Pagina
Manuel y Humberto	Trancador	Hierro maleable	02-11-2010	A4	1:1	mm	6-7







Realizado por:	Titulo	Material	Fecha	Formato	Escala	Cota	Pagina
Manuel y Humberto	Dispositivo armado	Hierro maleable, Acero 1020	02-11-2010	A4	1:10	mm	7-7