

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

SEDE IBARRA

ESCUELA DE DISEÑO

INFORME FINAL DEL PROYECTO DE TRABAJO DE GRADO

“DISEÑO DE UN DISPOSITIVO EXOESQUELETO DE BAJO COSTO, PARA

FAVORECER EN LA BIPEDESTACIÓN DE UNA PERSONA”

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE

LICENCIADO EN DISEÑO DE PRODUCTOS Y CONTROL DE PROCESOS

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN: Innovación e Industria

AUTOR: FRANCISCO JAVIER AGUILAR LÓPEZ

ASESOR: Msc. Jose Segnini

Ibarra, octubre 2021

Msc. Jose Segnini

ASESOR

CERTIFICA:

Haber revisado el presente informe final de investigación, el cual se ajusta a las normas vigentes en la Escuela de Diseño, de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra, PUCE-SI; en consecuencia, autorizo su presentación para los fines legales pertinentes.

f: 

Msc. Jose Miguel Segnini Maizo

C.C.: 175363193

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

El jurado examinador, aprueba el presente informe de investigación en nombre de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra (PUCESI):

(f): 

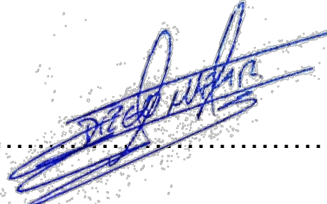
Msc. Jose Miguel Segnini Maizo

C.C.: 175363193

(f): 
.....

Melba Carolina Herrera Ramírez

C.C: 0401253059

(f): 
.....

Diego Raúl Mafla Rivadeneira

C.C: 1001698644

ACTA DE SESIÓN DE DERECHOS

Yo, Francisco Javier Aguilar López, declaro conocer y aceptar la disposición del Art.66 del Instructivo de Trabajo de Grado de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra PUCE-SI, que en su parte pertinente manifiesta textualmente: “Forman parte del patrimonio de la Universidad la propiedad intelectual de investigaciones, trabajos científicos o técnicos y tesis de grado que se realicen a través o con el apoyo financiero, académico o institucional de la universidad”

Ibarra, octubre 2021

A handwritten signature in black ink. The word "Francisco" is written in a cursive style. Below it, there is a large, sweeping horizontal stroke that curves upwards on the right side, resembling a stylized underline or a flourish.

f):.....

Francisco Javier Aguilar López

C.C.: 1004283535

AUTORÍA

Yo, Francisco Javier Aguilar López, portador de la cédula de ciudadanía N° 1004283535, declaro que la presente investigación es de total responsabilidad mía y que se han respetado las diferentes fuentes de información realizando las citas correspondientes.

A handwritten signature in black ink. The name 'Francisco' is written in a cursive style, with a large, sweeping flourish underneath it that extends to the right and then loops back down.

f.).....

Francisco Javier Aguilar López

C.C.: 1004283535

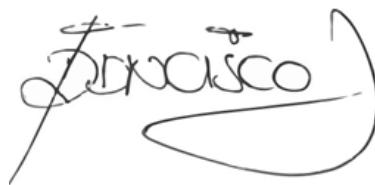
DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo: Francisco Javier Aguilar López con CC: 1004283535, autor del trabajo de grado intitulado: “DISEÑO DE UN DISPOSITIVO EXOESQUELETO DE BAJO COSTO, PARA FAVORECER EN LA BIPEDESTACIÓN DE UNA PERSONA”, previo a la obtención del título profesional de LICENCIADO EN DISEÑO DE PRODUCTOS Y CONTROL DE PROCESOS, en la Escuela de Diseño

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tiene la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede- Ibarra, de conformidad con el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de graduación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra a difundir a través de sitio web de la Biblioteca de la PUCESI el referido trabajo de graduación, respetando las políticas de propiedad intelectual de Universidad.

Ibarra, octubre de 2021

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Francisco", with a large, sweeping flourish underneath.

f).....

Francisco Javier Aguilar López

C.C.: 1004283535

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado especialmente a Dios, por haberme dado la vida, salud y poder realizar uno más de mis propósitos que es ser diseñador momento tan importante de mi formación profesional.

Dedico a mis padres Pablo y Narcisa esta investigación, pues sin ellos no lo había logrado. Su bendición, apoyo, comprensión, y educación ha sido parte fundamental durante esta larga y hermosa carrera, sus palabras me han lleva por el camino del bien; gracias por su paciencia y amor incondicional; no seré capaz de devolverte todo, pero si los llenare de orgullo.

A mi hermana Karen por compartir momentos significativos, ser mi cómplice, estar dispuesta a escucharme y por sobre todo ayudarme en cualquier momento.

A mis maestros José Segnini, David Cazco y Grisel Yépez por su apoyo, paciencia, colaboración para culminar este proceso estudiantil, a Glorita quien me direcciono en todo momento de mi vida universitaria, y a la Pucesi por haberme acogido durante todos los años que me formé en sus instalaciones.

A mi amiga Shirley y a toda la familia Guerrero que me extendió la mano siempre.

AGRADECIMIENTOS

Esto es para ustedes...

Familia amigos y personas especiales en mi vida, son el conjunto de seres que de alguna u otra forma siempre están y por esto los agradezco y quiero que sean parte de este logro, sé que no podría sentirme más afortunado por tenerlo cerca y poder contar con vosotros cuando he contado con su apoyo desde que tengo memoria.

Concluyo con éxito un proyecto de fin de mi carrera, siendo un paso importante en mi vida como profesional y por ello quiero dedicar a ustedes, personas de bien, seres que ofrecieron siempre su apoyo, bienestar y amor.

RESUMEN

Los Seres Humanos están expuestos a varios riesgos, cada día las estadísticas sobre enfermedades y problemas que se generan en el ambiente laboral van en aumento, muchas veces suceden cuando las personas comienzan a adoptar posturas que no son correctas, generando así molestias a mediano y corto plazo. Existen dispositivos (exoesqueletos) que ayudan a mejorar dichas posturas y dar soporte de las extremidades del cuerpo. Al ser equipos con tecnología extranjera, tiene un alto costo de comercialización dentro del país y, por ende, no son una opción que los empleadores puedan pagar para sus empleados. A nivel mundial y en Ecuador varias universidades y centros de investigaciones han desarrollado prototipos que ayuden a mejorar las posturas de los trabajadores, a pesar de ello, son equipos robóticos, automatizados e inteligentes que siguen teniendo un elevado costo de adquisición.

En esta investigación se presenta el desarrollo de un dispositivo exoesqueletico de bajo costo enfocado en reducir el cansancio en personas que pasan jornadas laborales largas de trabajo, permitiendo que puedan adoptar una postura de descanso y de bipedestación sin que afecte su rendimiento laboral. Para ello, se plantea un proceso de diseño que fusione la tecnología computacional, la estética con los materiales de la zona de fácil adquisición, para luego presentar alternativas de mecanismos y formas y así seleccionar jerárquicamente las más adecuadas según los requerimientos planteados. Concluyendo que es posible desarrollar un dispositivo exoesqueletico con materiales disponibles en el mercado nacional y que sea de costo accesible.

Palabras clave: Exoesqueleto, bajo costo, bipedestación

ABSTRACT

Human Beings are exposed to various risks, every day the statistics on diseases and problems that are generated in the work environment are increasing, many times they happen when people begin to adopt postures that are not correct, thus generating discomfort in the medium and short term. There are devices (exoskeletons) that help improve these postures and support the extremities of the body. Being equipment with foreign technology, it has a high marketing cost within the country and, therefore, it is not an option that employers can pay for their employees. Worldwide and in Ecuador, several universities and research centers have developed prototypes that help improve the posture of workers, despite this, they are robotic, automated and intelligent equipment that continue to have a high acquisition cost.

This research presents the development of a low-cost exoskeletal device focused on reducing fatigue in people who spend long working hours, allowing them to adopt a resting and standing position without affecting their work performance. To do this, a design process is proposed that merges computational technology, aesthetics with materials from the area of easy acquisition, to then present alternative mechanisms and forms and thus hierarchically select the most appropriate according to the stated requirements. Concluding that it is possible to develop an exoskeleton device with materials available in the national market and that it is affordable.

Keywords: Exoskeleton, low cost, standing

INDICE

INFORME FINAL DEL PROYECTO DE TRABAJO DE GRADO	1
CERTIFICACIÓN DE ASESOR.....	2
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL.....	3
ACTA DE SESIÓN DE DERECHOS	4
AUTORÍA.....	5
DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN	6
DEDICATORIA	7
AGRADECIMIENTOS.....	8
RESUMEN	9
ABSTRACT.....	10
INDICE.....	11
INDICE DE TABLAS.....	18
INDICE DE FIGURAS.....	19
CAPÍTULO I.....	22
Problema	22
1.2. Situación Actual	23
1.3. Justificación	24
1.4. Alcance	25
1.5. Limitaciones.....	26
1.6. Objetivos.....	27

1.6.1	Objetivo General.	27
1.6.2	Objetivos Específicos.	27
	CAPÍTULO II.....	28
1.	Estado del Arte / Marco Teórico	28
2.1.	ESTADO DEL ARTE.....	28
	Figura 1. Exoesqueleto de extremidades inferiores militar, extraído de (El Universal , 2018).....	30
	Figura 2. Exoesqueleto para la marcha humana en un infante, extraído de (Gutman, 2016).....	31
	Figura 3. Chaleco Exoesqueleto, extraído de (Byrne, 2018)	32
	Figura 4. Exoesqueleto Neuro Halfit at Home, extraído de (cyberdyne, 2019) 33	
	Figura 5. Exoesqueleto para personas con lesion espinal, extraído de (Rewalk, 2021).....	34
	Figura 6. AUDI El fabricante de automóviles alemán dice que los trajes son capaces de proporcionar soporte físico a los trabajadores de las fábricas. Extraído de Fuente especificada no válida.	35
	Figura 7. Exoesqueleto para la bipedestación humana tipo silla, extraído de (MARROQUIN, 2018).	36
	Figura 8. LG demuestra su apuesta por la innovación. Extraído por (LG, 2018) 37	
	Figura 9. Archelis Exoesqueleto de origen japonés. Extraído por (Echeverria, 2016).	38
	Figura 10. Exoesqueleto tipo silla (Noonee, 2021).	40
2.2.	MARCO TEÓRICO	44
2.2.1.	Ingeniería de factores humanos	44

2.2.2. Movimientos del cuerpo Humano.	45
Figura 11. Ejes del cuerpo humano exoesqueleto tipo silla, extraído de (Gorrotxategi, 2020).....	45
2.2.3. Distribución de peso Corporal.....	46
2.2.4 Articulaciones del cuerpo	48
Tabla1. Movimientos de Articulaciones.....	49
2.2.5 Articulación Mecánica	50
2.2.6 Anatomía y biomecánica de las extremidades inferiores del cuerpo humano	51
2.2.7 Biomecánica	51
Figura 12. Grados de flexión y extensión de cadera., extraído de (Angulo Carrere & Álvarez Méndez, 2009).	52
Tabla2. Movimiento de cadera.....	53
Tabla3. Movimiento de rodilla	54
2.2.8 La marcha Humana.....	54
Figura 13. Grados de flexión y extensión de cadera., extraído de (Yañez, 2018). 55	55
Tabla4. Etapas de la marcha	56
2.2.9 Antropometría.....	56
Figura 14. Antropometría, extraído de (Yañez, 2018).....	57
Tabla5. Parámetros que influyen en la variabilidad humana.	57
2.2.10 Ergonomía	58

Figura 15. Ergonomía, extraído de (Angulo Carrere & Álvarez Méndez, 2009). 61

2.2.11 Riesgo Ergonómico..... 61

2.2.12 Diseño – Concepto. 62

2.2.13 Diseño de Productos..... 63

CAPÍTULO III..... 66

3.1 METODOLOGÍA DE DISEÑO 66

Figura 16. Metodología de Bruno Munari, extraído de: (Fern, 2014).
Elaborado por: Francisco Aguilar L. 66

3.1.1 Definición de problema y estrategia. 67

3.1.2 Análisis y recopilación de datos. 68

3.1.3 Análisis de Entrevistas 68

Tabla6. Entrevistas..... 71

3.1.4 Experimentación de materiales 72

Figura 17. Experimentación 73

Figura 18. Manipulación con material didáctico. 74

Figura 19. Experimentación con madera 75

3.1.5 Requerimiento de diseño 76

3.1.6 Requerimientos de Función 76

Tabla7. Requerimientos de función..... 76

3.1.7 Requerimiento de uso. 77

3.1.8	Requerimientos técnico- productivos	79
3.1.9	Características para el diseño del Exoesqueletos	80
	Tabla8. Tabla de Porcentajes de Características	80
3.1.10	Creatividad	81
3.1.11	Concepto de diseño	82
3.1.12	Alternativas de diseño.....	82
	Figura 20. Ficha de bocetos	83
	Figura 21. Ficha de boceto.....	84
	Figura 22. Ficha de boceto.....	85
	Figura 23. Ficha de boceto.....	86
	CAPÍTULO IV	87
4.1	ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	87
4.1.1	Tipos de exoesqueletos	88
	Selección de la propuesta de bocetos	91
	Tabla9. Valoración de Propuestas	92
	Concepto de la Geometría.....	93
	Figura 24. Render Prototipo	93
	Figura 25. Render Prototipo	94
	Figura 26. Render Prototipo despiece.....	95
	Figura 27. a) Prototipo terminado. b) Ensable del prototipo.....	96

Tabla10. Nomenclatura de los componentes del prototipo	97
Tabla11. Propiedades de estudio.....	98
Tabla12. Distribución de peso estimado	99
4.1.2 Análisis estructural	99
Figura 28. Malla y zonas activas	100
Figura 29. Fuerzas distributivas	101
Figura 30. Factor de seguridad	102
4.2 Proceso de Fabricación	103
4.2.1 Fabricación del prototipo	103
Figura 31. Prototipo.....	103
Figura 32. Prototipo.....	104
4.2.2 Dimensiones Generales del exoesqueleto.....	105
Figura 33. Dimensión general.....	105
4.2.3 Etapa Analítica	105
4.2.4 Producción	106
4.2.5 Costo	111
Tabla13. Costos	112
4.2.6 Validación.....	113
4.2.1 Etapa final	114
CONCLUSIONES.....	116
RECOMENDACIONES.....	117

BIBLIOGRAFIA.....	118
Bibliografía.....	118
Anexos.....	125
Figura 34. Medidas antropometricas (Rosalío Ávila Chaurand, 2007).....	125
Figura 35. Medidas antropometricasElaborado por: Francisco Aguilar L. Fuente: (Rosalío Ávila Chaurand, 2007)	125
Figura 36. Tablas de medidas antropométricas Hombres mestizos del Ecuador (Barrera, 2013).....	126
Figura 37. noticia del comercio	127
Anexo de entrevista.....	139

INDICE DE TABLAS

Tabla1. Movimientos de Articulaciones.....	49
Tabla2. Movimiento de cadera.....	53
Tabla3. Movimiento de rodilla.....	54
Tabla4. Etapas de la marcha.....	56
Tabla5. Parámetros que influyen en la variabilidad humana.....	57
Tabla6. Entrevistas.....	71
Tabla7. Requerimientos de función.....	76
Tabla8. Tabla de Porcentajes de Características.....	80
Tabla9. Valoración de Propuestas.....	92
Tabla10. Nomenclatura de los componentes del prototipo.....	97
Tabla11. Propiedades de estudio.....	98
Tabla12. Distribución de peso estimado.....	99
Tabla13. Costos.....	112

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Exoesqueleto de extremidades inferiores militar, extraído de (El Universal , 2018).....	30
Figura 2. Exoesqueleto para la marcha humana en un infante, extraído de (Gutman, 2016).....	31
Figura 3. Chaleco Exoesqueleto, extraído de (Byrne, 2018)	32
Figura 4. Exoesqueleto Neuro Halfit at Home, extraído de (cyberdyne, 2019) 33	
Figura 5. Exoesqueleto para personas con lesion espinal, extraído de (Rewalk, 2021).....	34
Figura 6. AUDI El fabricante de automóviles alemán dice que los trajes son capaces de proporcionar soporte físico a los trabajadores de las fábricas. Extraído de (Kirby, 2017).....	35
Figura 7. Exoesqueleto para la bipedestación humana tipo silla, extraído de (MARROQUIN, 2018).....	36
Figura 8. LG demuestra su apuesta por la innovación. Extraído por (LG, 2018) 37	
Figura 9. Archelis Exoesqueleto de origen japonés. Extraído por (Echeverria, 2016).	38
Figura 10. Exoesqueleto tipo silla (Noonee, 2021).	40
Tabla: Cuadro Resumen del estado del arte	41
Figura 11. Ejes del cuerpo humano exoesqueleto tipo silla, extraído de (Gorrotxategi, 2020).....	45
Figura 12. Grados de flexión y extensión de cadera., extraído de (Angulo Carrere & Álvarez Méndez, 2009).	52
Figura 13. Grados de flexión y extensión de cadera., extraído de (Yañez, 2018). 55	
Figura 14. Antropometría, extraído de (Yañez, 2018).....	57
Figura 15. Ergonomía, extraído de (Angulo Carrere & Álvarez Méndez, 2009). 61	

Figura 16. Metodología de Bruno Munari, extraído de: (Fern, 2014). Elaborado por: Francisco Aguilar L.	66
Figura 17. Experimentación	73
Figura 18. Manipulación con material didáctico.	74
Figura 19. Experimentación con madera	75
Figura 20. Ficha de bocetos: Alternativa 1	83
Figura 21. Ficha de boceto: Alternativa II.....	84
Figura 22. Ficha de boceto: Alternativa III.....	85
Figura 23. Ficha de boceto: Alternativa IV	86
Figura 24. Modelado del Prototipo – Vista I	93
Figura 25. Modelado del Prototipo – Vista II	94
Figura 26. Modelado de Prototipo - despiece	95
Figura 27. a) Prototipo terminado. b) Ensamble del prototipo.....	96
Figura 28. Malla y zonas activas	100
Figura 29. Fuerzas distributivas	101
Figura 30. Factor de seguridad	102
Figura 31. Prototipo	103
Figura 32. Prototipo	104
Figura 33. Dimensión general.	105
Figura 34. Dispositivo Exoesqueleto	107
Figura 35. Dispositivo Exoesqueleto (vista Isométrica).....	108
Figura 36. Dispositivo Exoesqueleto (Vista atrás isométrico)	109
Figura 37. Dispositivo Exoesqueleto (vista Lateralizquierda).....	110
Figura 38. Medidas antropométricas (Rosalío Ávila Chaurand, 2007).....	125
Figura 39. Medidas antropométricasElaborado por: Francisco Aguilar L.	

Fuente: (Rosalío Ávila Chaurand, 2007)	125
Figura 40. Tablas de medidas antropométricas Hombres mestizos del Ecuador (Barrera, 2013).....	126
Figura 41.....	126
Figura 42. noticia del comercio	127

CAPÍTULO I

Problema

En Ecuador como a nivel mundial las condiciones laborales han puesto en amenaza a operarios y trabajadores que realizan diversas actividades en varios sectores laborales, siendo estos últimos años un dato estadístico que se puede reflejar en la base de datos que ha ido incrementando en especial en las principales provincias del país.

La afectación de la productividad responde a que los factores de riesgo se implanten en los trabajadores por medio del manejo manual de maquinarias, las posturas forzadas y los movimientos repetitivos, mismos que exponen a riesgos de sobre esfuerzo, siendo estos semblantes ergonómicos geométricos debido que los trastornos músculo esqueléticos se vuelven cada vez más pronunciados, al permanecer de pie por largos periodos de tiempo han generado varias afectaciones en la salud de muchas personas e incluso por comodidad muchas de ellas abandonan los puestos de trabajo ya que los empleadores no brindan los recursos necesarios para reducir este tipo de inconvenientes.

Una vez mencionados los siguientes problemas e inconvenientes que se presentan dentro de las áreas de trabajo, es importante mencionar que la problemática que acoge dentro de nuestro medio es la baja consideración de los problemas que pueden desarrollarse a mediano y largo plazo en los distintos sectores de la productividad empresarial, donde en la mayor parte se encuentran personas en circunstancias

laborables desfavorables, para lo cual se promueve el desarrollo del presente proyecto dadas las circunstancias en las que los empleadores no garantizan la seguridad laboral dentro de las diferentes áreas de trabajo.

1.2. Situación Actual

Actualmente se pueden encontrar algunos proyectos que se han desarrollado, mismos que han propuesto y creado varios prototipos de exoesqueletos con el fin de mejorar la calidad de vida de las personas que tienen discapacidades, permitiéndoles de esta manera integrarse y desarrollar actividades de forma adecuada, sin embargo, no está al alcance de todas las personas, llegando a tener costos muy elevados debido a su material y avances tecnológicos enfocados a la robótica, por el momento se están realizando pruebas en pacientes reales con dificultades en medula espinal, y en procesos de rehabilitación (El Comercio, 2021). Según los datos del IESS (Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social, 2020), se pueden encontrar antecedentes estadísticos sobre las enfermedades profesionales por años, donde se puede determinar un incremento de estas en las principales provincias del país como son: Pichincha y Guayas, estos son registros del año 2020, sin embargo, no existe un registro en el que se especifique el tipo de enfermedad, ni las causas que lo genera. Dentro del desarrollo del proyecto se propone un enfoque basado en la reducción de enfermedades fisiológicas tanto en mediano como largo plazo, aportando de esta forma a la reducción de estadísticas a nivel nacional con enfoque a enfermedades de riesgo laboral.

Según Quirón prevención (2018) existen varios tipos de enfermedades que se derivan por permanecer de pie por largas jornadas, entre las más comunes se encuentran: Insuficiencia venosa, fascitis, venas varicosas, tensión muscular en cuellos, espalda y piernas, inflamación de venas, hernias discales, afección de rodillas, artritis, problemas cervicales entre otros.

1.3. Justificación

El presente trabajo de investigación se realiza con el fin de mejorar la calidad laboral de los trabajadores en Ecuador, principalmente sirve como referente técnico de los factores de riesgos ergonómicos geométricos en las áreas de trabajo donde impliquen movimientos mecánicos humanos y esfuerzos donde estén comprometidos los miembros inferiores de una persona, por lo cual, es de vital importancia mencionar a su vez los derechos laborales de los trabajadores, con un enfoque en el Plan de Buen Vivir, donde hace referencia al desarrollo sostenible del país en diferentes ámbitos, puntualmente basándose en el Eje 2 de “Economía al Servicio de la Sociedad”, con énfasis al objetivo cinco donde se promueve impulsar la productividad y competitividad para el crecimiento económico sustentable de manera redistributiva y solidaria (Gobierno electrónico, 2017).

De esta manera, se promueve el desarrollo económico y laboral basado en un sistema justo de derechos y beneficios que garanticen condiciones adecuadas de trabajo disminuyendo condiciones inadecuadas y generando así factores necesarios para iniciar un proceso de transformación productivo. El desarrollo económico debe

ser consecuente con los retos actuales de globalización por lo cual se propone generar un bajo impacto de costos e impactos ambientales con el fin de ir aumentando el beneficio de los trabajadores en las distintas áreas de productividad, logrando incorporar un sistema productivo que permita transformar de forma innovadora la economía en la industria dando un valor agregado de forma responsable y sostenible, desechando desigualdades y oportunidades de trabajo.

Por último, los parámetros de la investigación han promovido los elementos en la solución de un dispositivo exoesqueleto cuya función brinde el apoyo al usuario y a la vez contribuya de soporte en la bipedestación, promoviendo así una postura distinta en tareas y actividades que diariamente realizan los trabajadores, que por lo general se desempeña en la manipulación de maquinarias y herramientas.

1.4 Alcance

El alcance de esta investigación nos genera un producto que se acopla a un diseño centrado en el usuario donde su principal característica es de mejorar el ambiente laboral de los ecuatorianos y satisfacer sus respectivas necesidades enfocadas en reducir los riesgos ergonómicos y laborales, de tal manera el producto en sí, está dirigido no básicamente a una sola área laboral sino, que este pueda estar involucrado en solucionar la problemática que genera el mantenerse periodos largos de pie en especial a aquellos que represente un riesgo a mediano o largo plazo, de esta manera se logra el cumplimiento de los requerimientos de diseño, estructuras y materiales, en apoyo de

programas de diseño, maquinaria industrial, talento humano especializado en procesos creativos, que permitan el soporte y funcionalidad del producto final.

1.5 Limitaciones

El Limitante dentro de la investigación, es el desafío de poder desarrollar un prototipo que cumpla la función de bipedestación para el descanso y la seguridad laboral que no tenga semejanzas a exoesqueletos que ya existan en el mercado, por temas de patentes de grandes empresas a nivel mundial. Actualmente por la crisis que ha afectado al mundo con la llegada del Covid-19 es un desafío poder realizar investigación en el campo laboral, encontrar medios que brinden apertura para realizar pruebas y un mayor acercamiento con el personal profesional de varias empresas.

1.6 Objetivos

1.6.1 Objetivo General.

Diseñar un dispositivo exoesqueleto de bajo costo, para fortalecer en la bipedestación de una persona.

1.6.2 Objetivos Específicos.

- Investigar el estado del arte, fundamentación, teoría y referentes en relación con los dispositivos exoesqueleto
- Realizar una investigación diagnostica para determinar las necesidades.
- Diseñar un dispositivo exoesqueleto que cumpla a los requerimientos y necesidades del usuario.
- Validar las pruebas tanto virtuales o simulaciones, como también el prototipo real.

CAPÍTULO II

1. Estado del Arte / Marco Teórico

En este capítulo se detalla el estado del arte y conceptos teórico - referenciales para el desarrollo del exoesqueleto parte inferior. Se investigan temas asociados a ingeniería de factores humanos, sus movimientos, la distribución de masa y las articulaciones, además la biomecánica, la anatomía de las extremidades inferiores, del mismo modo conceptos dirigidos a la marcha humana, antropometría, y ergonomía , y parte fundamental datos referenciales de varios dispositivos existentes en el mercado, a nivel nacional e internacional, dispositivos en desarrollo y otros ya fabricados, algunos desarrollados por investigadores y otros productos ya patentados que sirven para referenciar el estado en que se encuentran los dispositivos con el propósito de guía en la construcción de la investigación.

2.1. ESTADO DEL ARTE

Al hablar de exoesqueletos pueden ser de varios tipos, robóticos, mecánicos, con funciones para la rehabilitación, en su mayoría, muy pocos del mercado para el apoyo de personas en ciertas actividades, sobre todo laborales, implementan sistemas de control para realizar movimientos que son coordinados al cuerpo humano. La configuración de sus sistemas es compleja, conlleva tiempo y recursos económicos grandes para su desarrollo (Vargas Farias & Velasquez Figueroa, 2013).

Este tipo de instrumentos dan un aporte social enorme al lograr que muchas personas con discapacidades o problemas fisiológicos puedan ejercer con normalidad sus actividades. En la actualidad gracias a la globalización se han acelerado muchos procesos productivos, así como el desarrollo e investigación, que van de la mano de grandes empresas y gobiernos que invierten capital y promueven estos proyectos integradores para garantizar y ofrecer una mejor calidad de vida.

Los países más desarrollados como Estados Unidos son quienes ocupan el primer lugar en el desarrollo de estas tecnologías robóticas, el sector militar es pionero en este campo sub desarrollado al implementar dispositivos de este tipo, a propósito, las experimentaciones que se presentaron permitieron a los militares cargar mucho peso, dar apoyo en el desplazamiento de heridos y soldados caídos, en donde actúan como parte de indumentaria laboral, ya que su principal objetivo es de garantizar el bienestar de su personal de primera línea, siendo muchos de ellos quien han perdido partes de sus miembros inferiores e incluso la pérdida completa de sus extremidades logrando así ser beneficiarios de portar un tipo de exoesqueleto que le brinde facilidades necesarias.



Figura 1. Exoesqueleto de extremidades inferiores militar, extraído de (El Universal , 2018).

En los últimos años se han desarrollado varios proyectos sobre exoesqueletos que conllevan una serie de parámetros según su necesidad y tipo, se han creado y desarrollado algunos prototipos, muchos de ellos que ya se encuentran en el mercado mundial y han sido soporte para grandes industrias, también se encuentran los exoesqueletos que dan soporte a la marcha humana, siendo un apoyo extraordinario en procesos de rehabilitación, en la actualidad se van desarrollando más proyectos de investigación sobre este tema (Calderón, 2019).



Figura 2. Exoesqueleto para la marcha humana en un infante, extraído de (Gutman, 2016).

Pasando por el continente sudamericano al ser la mayor parte de países en vías de desarrollo estudiantes e investigadores de varias universidades buscan el apoyo de gobiernos que promuevan y permitan crear este tipo de dispositivos, pero sobre todo que sean asequibles para muchas personas que lo necesitan, hablando en temas laborales realmente es difícil encontrar empresas que hagan uso de este tipo de dispositivos con enfoque laboral, que permita el descanso de las personas en los trabajos, en su mayor parte aquellos donde implica mantener una postura de pie por varias horas.

Los exosqueletos han llegado para evolucionar la fuerza humana, la integración de personas con problemas de movilidad a la sociedad, mejorar procesos productivos y generar innovación y desarrollo, entre los modelos más actuales de dispositivos exoesqueletos se encuentra: Hyundai con un chaleco exoesqueleto que fue ganador del concurso internacional de diseño Red Dot Design Awards en donde se

estima que costará hasta un 30% menos que los productos existentes, que generalmente cuestan alrededor de 5,000 dólares. (Fuentes, 2020).



Figura 3. Chaleco Exoesqueleto, extraído de (Byrne, 2018)

Dentro del ámbito de la medicina y la robótica también se han logrado grandes avances en la ciencia, con dispositivos que van desde el apoyo para movimientos funcionales de articulaciones pequeñas hasta grandes dispositivos que son capaces de mover las extremidades inferiores y superiores con un complejo sistema donde se permite el movimiento con un implante cerebral, algo que pareciera de ciencia ficción se puede ver ya reflejado en la actualidad (Jimenez, 2019).

En el año 2004 se Cyberdyne que es una compañía que se dedica a la investigación robótica, surgió en base la gran burbuja que se dio por la crisis económica mundial, aportando a la mejora industrial y a los cambios sociales enfocados a la medicina, la innovación medica robótica comenzó en Estados Unidos, Japón, y Europa, hoy en día ya se desarrolla en Asia, y comenzando a surgir en Latinoamérica (Strohbach, 2015).

Se han desarrollado varios prototipos que se manejan desde el sistema nervioso central que se conectan con una súper computadora (cyberdyne, 2019). Uno de sus productos es el “Neuro Halfit at Home” que permite mejorar la calidad de vida del adulto mayor, tener monitoreo para deportistas, asistencia de ejercicios focalizados. Los precios de los exoesqueletos desarrollados por esta compañía van desde los 14000 hasta los 19000 dólares.



Figura 4. **Exoesqueleto Neuro Halfit at Home, extraído de** (cyberdyne, 2019)

Rewalk Robotics es una compañía que diseña, desarrolla y comercializa soluciones que provee un correcto entrenamiento y movilidad a pacientes con dificultad en miembros por medio de tecnologías Robóticas, se creó en Israel cuando Amit Goffer un importante ingeniero mecánico quedo parapléjico. Este dispositivo está enfocado en proporcionar potencia a la rodilla y a la cadera para ayudar a personas con lesiones en la médula espinal, permite que la persona se mantenga erguida, caminen, giren, suban y bajen las escaleras (Rewalk, 2021).



Figura 5. Exoesqueleto para personas con lesion espinal, extraído de (Rewalk, 2021).

Los exoesqueletos como se mencionó anteriormente también tienen énfasis en el ámbito laboral, grandes compañías como Ford han desarrollado dispositivos que permitan el soporte de los trabajadores en las líneas de ensamblaje, se han

realizado varias pruebas de prototipos a continuación se ejemplifican algunos de los más importantes y destacados.



Figura 6. AUDI El fabricante de automóviles alemán dice que los trajes son capaces de proporcionar soporte físico a los trabajadores de las fábricas. Extraído de (Kirby, 2017)

Proyectos que contribuyen para quienes quieran sentarse o tener apoyo en cualquier parte, es el exoesqueleto LEX que permite mediante un dispositivo sumamente liviano soportar un peso hasta 120kilos, su base es ajustable para la cintura y sus patas logran un desplazamiento en cinco segundo el cual permite sujetar el cuerpo como si fuéramos a sentarnos. La postura del cuerpo que opta al estar anclado el dispositivo simula a una silla, la cual sus patas se desplazan y toma una posición más cómoda al momento de realizar trabajos o actividades. (MARROQUIN, 2018).



Figura 7. Exoesqueleto para la bipedestación humana tipo silla, extraído de (MARROQUIN, 2018).

Un diseño más futurista lo llevo acabo LG, con su dispositivo CLOi SuitBot, donde fue presentado en la edicion de IFA 2018, y se destaco por su principal funcionalidad en cuanto a reducir riesgos de lesiones y cansancios del trabajador al momento de levantar cargas, este dispositivo permite una extension de 50 grados y una flexión de 90 grados de cintura, que actua de forma automatizada cuando pasa de un angulo de 65 grados y se reincorpora a su estado neutro al momento de optar por estar parado o en una forma verical, dando un optimo desempeño al momento de inclinarse a recoger objetos además cuenta con una batería que dura 4 horas y se recarga en una sola hora. (LG, 2018).



Figura 8. LG demuestra su apuesta por la innovación. Extraído por (LG, 2018)

De igual forma Archelis es un exoesqueleto de origen japonés cuyo significado es algo así como “silla caminante” dicho dispositivo proporciona la sensación de sentarse estando de pie, y se coloca en los muslos y en los gemelos de una persona. El principio de este proyecto se basa a través de dos puntos de apoyo el cual permite la parte superior de una persona pueda estar realizando muchas tareas de pie de manera cómoda. (Echeverría, 2016)

Varias empresas japonesas apuntan a Archelis como un mercado objetivo para doctores de un quirófano, tal razón es común que los doctores mantengan muchas horas de pie en operaciones sin tomarse algún descanso de sus piernas, pero no descartan el uso de este dispositivo para trascender de una sala de operaciones (Echeverría, 2016).



Figura 9. Archelis Exoesqueleto de origen japonés. Extraído por (Echeverría, 2016).

Y como modelo indicador y mayor exponente para la investigación se establece a Noonee, siendo un exoesqueleto del futuro gracias al apoyo de la industria automotriz que establece parámetros que aportan para la sostenibilidad de las personas que trabajan en dicho campo. Según la compañía de seguros de salud Dark, las tres cuartas partes de todos los trabajadores de Alemania tienen enfermedades asociadas a la espalda, frecuentando un riesgo aún más especial los que trabajan de pie, sin embargo, la empresa Noonee determina que no es difícil prevenirlo de manera segura (Noonee, 2021).

También podemos decir que la silla sin silla es un dispositivo que tiene varias ventajas ajustables en cuanto a medidas antropométricas, tiene un peso ligero y su diseño es sofisticado prevaleciendo un soporte para posturas sedentarias con

libertad de movimiento y personalizable para diferentes tamaños de cuerpo y calzado de seguridad.

Este es un dispositivo de objeto de estudio, ya que, su eficiente diseño, su alto impacto en la industria y más aún en la solución a varios antecedentes de riesgos laborales proporciona un desarrollo a la implementación de tecnología para que los obreros o trabajadores que actúan en actividades con una postura de pie obtén por este dispositivo como ocurre con todos los productos de ayuda y apoyo, a la vez se toma en consideración como un referente principal que proporciona varios aspectos útiles en diseño, funcionalidad, costo, peso, flexibilidad etc.. (Noonee, 2021).

El producto está elaborado con materiales de alta gama, donde genera un peso liviano, delgado y moderno en color negro en todas sus partes, se compone con accesorios y con piezas textiles como cinturones, almohadillas de asiento, correas para piernas, porta zapatos y chalecos que aportan con una mayor seguridad y libertad de movimiento, optimizando el ajuste, tamaño, transpirabilidad y comodidad, por esta razón demanda un alto costo alrededor de \$3000, sin embargo se plantea analiza estos aspectos que ayuden y aporten a los objetivos planteados (Noonee, 2021).

Para finalizar se debe mencionar que en el Ecuador de igual forma existen varios proyectos de desarrollo social donde se promueven los exoesqueletos, pero nuevamente con enfoque a la rehabilitación, es muy difícil encontrar información sobre exoesqueletos que permitan un descanso de una persona como instrumento






dentro de una empresa o en ámbito industrial, tomando en cuenta que es de suma importancia el derecho de los trabajadores a laborar en las mejores condiciones, donde el empleador garantice la seguridad ergonómica y evite enfermedades fisiológicas a futuro.





Los Proyectos se basan en la institucionalidad, es decir, que la mayor parte de estas investigaciones son de carácter universitario, y muy pocas se llegan a plasmar para su comercialización por el hecho de que no existe la suficiente inversión en este tipo de productos, muchos de ellos representan un valor muy alto y que se hace poco sostenible en el tiempo.



Figura 10. Exoesqueleto tipo silla (Noonee, 2021).

Tabla: Cuadro Resumen del estado del arte

Exoesqueletos							
Nombre o Procedencia	Pais	Tipos		Tecnologias	Caracteristicas	Costo	Imagen
		Extremidades Inferiores	Extremidades Superiores				
Militar	USA	X		Roboticas	Soporte Dar apoyo en el desplazamiento de heridos y soldados caidos	No comercializacion (sin especificar)	
					Aumento de Carga		
Rehabilitadores	(sin especificar)	X		Roboticas Mecanicas	Procesos de rehabilitación marcha Humana	No comercializacion (sin especificar)	
							Figura 2. Exoesqueleto para la marcha humana en un infante, extraido de (Gutman, 2016).
VeX	USA		X	Roboticas Baterias	Aumentar el soporte de carga y la movilidad. Reducir la fatiga y aumentar la eficiencia Portables ligeros	1500 dólares	
							Figura 1. Chaleco Exoesqueleto, extraido de (Byrne, 2018)
Neuro Halfit at Home	(sin especificar)	X		Roboticas Sistema nervioso central	Asistencia de ejercicios focalizados. Mejorar la calidad de vida del adulto mayor	14000 hasta los 19000 dólares.	
					Monitoreo para deportistas		Figura 4. Exoesqueleto Neuro Halfit at Home, extraido de (cyberdyne, 2019)
					Potenciar a la rodilla		
Rewalk	Israel	X		Robóticas	Provee un correcto entrenamiento y movilidad Ayudar a personas con lesiones en la médula espinal	No comercializacion (sin especificar)	
							Figura 5. Exoesqueleto para personas con lesion espinal, extraido de (Rewalk, 2021).

Exoesqueletos	USA	X	Robóticas	<p>Soporte a trabajadores en las líneas de ensamble</p> <p>Aliviana el peso</p> <p>Proporcionar soporte físico en posturas</p> <p>Arnez al cuerpo</p>	Prototipo		<p>Figura 6. El fabricante de automóviles alemán dice que los trajes son capaces de proporcionar soporte físico a los trabajadores de las fábricas. Extraído de (Kirby, 2017)</p>
Lex		X	Manual-Mecanico	<p>Tipo silla</p> <p>Ajustable para la cintura y sus patas logran un desplazamiento</p> <p>En su mayoría piezas de aluminio</p> <p>Arnes de tela</p>			<p>Figura 7. Exoesqueleto para la bipedestación humana tipo silla, extraído de (MARROQUIN, 2018)</p>
CLOi SuitBot		X	Automatizado	<p>Reducir riesgos de lesiones</p> <p>Permite una extensión de 50 grados y una flexión de 90 grados de cintura</p> <p>Desempeño al momento de inclinarse a recoger objetos</p> <p>Batería que dura 4 horas</p>			<p>Figura 8. LG demuestra su apuesta por la innovación. Extraído por (LG, 2018)</p>
Archelis	Japonés	X	Manual-Mecanico	<p>Proporciona la sensación de sentarse estando de pie</p> <p>Diseño futurista</p> <p>Liviano</p>			<p>Figura 9. Archelis Exoesqueleto de origen japonés. Extraído por (Echeverría, 2016).</p>


Noonee	Alemania	X	Manual-Mecanico	Ajustables en cuanto medidas antropométricas Peso ligero Soporte para posturas sedentarias Materiales de alta gama: Piezas textiles Mayor seguridad y libertad de movimiento Diseño Ajustable	\$3000 dolares	
--------	----------	---	-----------------	---	----------------	---

Figura 10. Exoesqueleto tipo silla (Noonee, 2021)

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. Ingeniería de factores humanos

La ingeniería de factores humanos es una colección de datos y principios sobre las características, capacidades y limitaciones humanas en relación con las máquinas, los trabajos y los entornos. Biomecánica del movimiento humano (Delphipages, 2020).

De igual manera es definida como un estudio interdisciplinario que describe, analiza y evalúa el movimiento humano; la mecánica y biofísica del sistema músculo esquelético permite el conocimiento sobre el rendimiento de cualquier movimiento. El sistema neuronal se involucra y se limita a la electromiografía y su relación con las mecánicas del músculo. Las variables que se usan en la descripción y análisis para cualquier movimiento son agrupadas en: cinemáticas, señales relativas sólo al movimiento; cinéticas, señales físicas de fuerza y movimiento; antropométricas, relativas a las proporciones y medidas del cuerpo humano; mecánicas del músculo, y electromiografías, señales superficiales relacionadas con el movimiento (Winter, 2009).

Las variables que se dispones a trabajar en la investigación son las señales relacionadas con el movimiento de la persona siendo los desplazamientos en un plano horizontal de las extremidades inferiores la asignada al estudio, de modo similar sistemas estáticos o de movimientos en cuanto a peso, masa y longitud.

Es considerado un razonamiento de desarrollado por profesionales afines a las ciencias del movimiento y actividad física. Al abordarse el concepto desde la etimología, se puede inferir que consiste en un procedimiento que pretende separar las partes del movimiento, para conocer los principios y elementos que posibilitan los diferentes cambios de posición del cuerpo humano (Vega Gana & Alvarez Ruf, 2016).

2.2.2. Movimientos del cuerpo Humano.

Es la posición que se adopta para efectuar las descripciones anatómicas y es la que se adopta en la bipedestación, decir en una posición de pie, con la cabeza, los ojos, y los pies hacia el frente. A continuación, se exponen una serie de ejemplos de la rotación humana, así como también del eje.

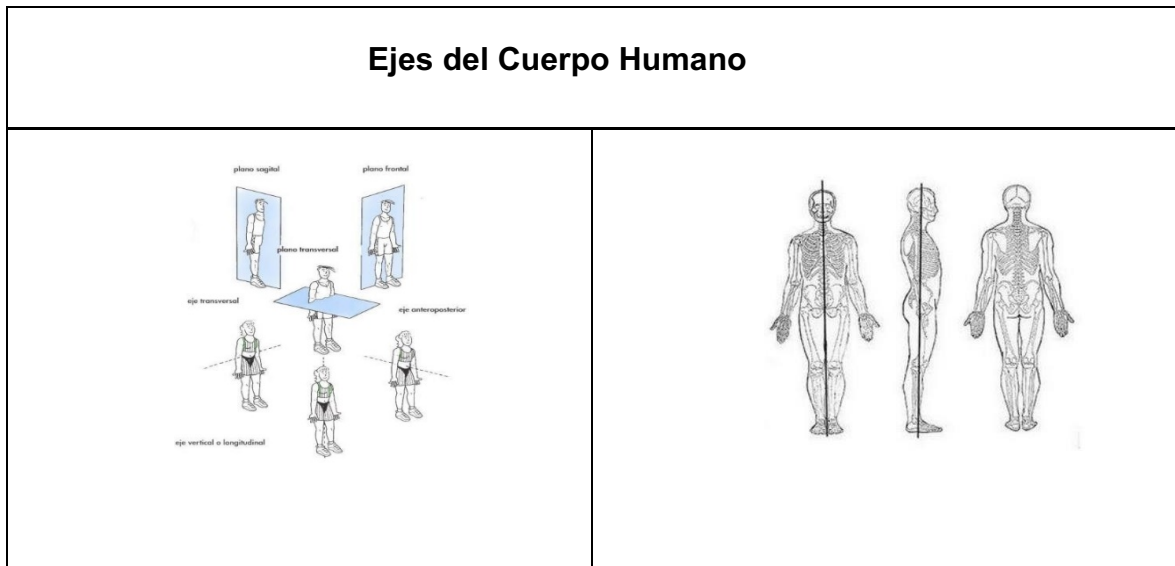


Figura 11. Ejes del cuerpo humano exoesqueleto tipo silla, extraído de (Gorrotxategi, 2020)

2.2.3. Distribución de peso Corporal.

El peso corporal es una medida que corresponde a la masa, es heterogénea, el peso corporal para ser medido de manera óptima el individuo debe estar completamente desnudo, sin embargo, no se puede llevar a cabo de tal manera, es por eso por lo que se recomienda el uso de ropa ligera y siempre sin uso de calzado (Zacatenco et al., 2016).

El peso corporal es la fuerza que genera la gravedad del cuerpo Humano, las dos magnitudes son proporcionales entre sí y se vinculan por el factor de la gravedad.

- **Centro de Gravedad**

Se denomina centro de gravedad (CORE) de una persona, al punto imaginario situado a la misma distancia de todos sus lados, donde alrededor de todos sus elementos se encuentra el punto y se centran para mantenerse debidamente balanceados (Rodriguez, 2015).

El centro de gravedad en una posición anatómica de bipedestación (de pie) de un hombre se encuentra una distancia equivalente a 58% de la estatura, del mismo modo de la mujer se coloca el centro de gravedad a una distancia de 55% de su estatura. Partiendo desde el consentimiento que se realiza desde el nivel de la 4ta vértebra lumbar por detrás del ombligo, se cabe recalcar de una mujer embarazada su centro de gravedad va a variar dependiendo del crecimiento que este tenga en

el abdomen haciendo un incremento de la curvatura en el área lumbar. (WEIMAR, 2017).

Para la posición bipedestral (de pie) el centro de gravedad (CDG), denota estar estático, logrando así gracias al tono muscular óptimo, siendo que la musculatura se contrae y se relaja continuamente, aunque se esté en movimiento. Su posición estática varía de una a otra persona por su edad, constitución y sexo de esta forma el cuerpo humano posee elementos que hacen que el centro de gravedad se mantenga y no se desplace (Rodríguez, 2015) .

A través de la interacción de fuerzas externas como la gravedad, reacción de piso e inercia e internas como la actividad muscular, ligamentos, faciales, tendones entre otros, que inciden y generan al cuerpo mantenerse en una postura alineada y estable.

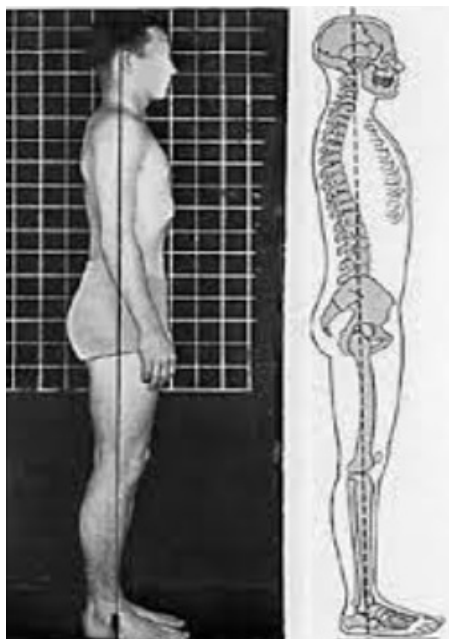


Figura 2.12, Posición bipedestral, extraído de (Gorrotxategi, 2020)

Define Antonio Rodríguez (Rodríguez, 2015), que un cuerpo es más estable cuando mayor sea su ángulo de estabilidad entre el centro de gravedad y el factor de sustentación del borde, teniendo en cuenta que esta debe mantenerse en perpendicularidad del piso. Así mismo el centro de gravedad al momento de realizar la marcha humana se establece que puede tener algunas variables, por la estructura de cada persona y su anatomía, de tal manera el centro de gravedad este forzado a desplazamientos tanto arriba y abajo, adentro y posterior y de forma lateral, en otras palabras, se dice que en todos los planos la proyección vertical garantice la caída dentro de la base.

Cuando hablamos del centro de gravedad en la posición de estar sentado el cuerpo dispone una distribución de manera unificada en un accesorio que es el asiento, donde el peso corporal se trasmite entre el asiento y con un 16% aproximadamente gravita en la superficie del suelo (Rehabilitacion-bio, 2010).

2.2.4 Articulaciones del cuerpo

Forman parte del aparato locomotor del cuerpo, ayuda a la movilidad mecánica del mismo, adicional es el conector entre dos o más huesos, hueso y tejido óseo, se forman de elementos duros y de elementos blandos llamados ligamentos, a su vez cartílagos, meniscos capsula articular y membrana sinovial, estos sirven de unión y amortiguación. Las articulaciones en el presente estudio forman parte elemental del estudio, ya que el exoesqueleto debe cumplir movimientos articulares en cierta proporción (Dali, 2013).

Tabla1. Movimientos de Articulaciones

FUNCIÓN	DESCRIPCIÓN
FLEXIÓN	REDUCE LOS ÁNGULOS ENTRE LOS HUESOS Y EL ORGANISMO
EXTENSIÓN	AUMENTO DEL ÁNGULO ENTRE EL HUESO Y LAS PARTES DEL CUERPO.
ABDUCCIÓN	<p>LA ABDUCCIÓN ES UN MOVIMIENTO QUE SE REALIZA EN EL PLANO CORONAL, EN ARTICULACIONES PROXIMALES DE LAS EXTREMIDADES INFERIORES Y SUPERIORES, CON EL OBJETIVO DE ALEJARLAS DE LA LÍNEA MEDIA., NOS</p> <p>PERMITE CONSEGUIR OBJETOS QUE SE ENCUENTRAN MÁS DISTANCIADOS DE NOSOTROS.</p>
ADUCCIÓN	ES EL ACERCAMIENTO DE UNA ESTRUCTURA QUE SE SITÚA EN PLANO CORONAL A PLANO MEDIO
CIRCUNDUCCIÓN	ES EL MOVIMIENTO CIRCULAR QUE COMBINA LA FLEXIÓN, EXTENSIÓN, SEPARACIÓN Y APROXIMACIÓN
ROTACIÓN	ES EL GIRO DE UNA PARTE DEL CUERPO ALREDEDOR DE SU EJE LONGITUDINAL, COMO EL ATLAS Y EL AXIS.

Nota: Extraída de (Dali, 2013), Elaborado por: Francisco Aguilar L.

2.2.5 Articulación Mecánica

Como lo menciona Ecured (Ecured, 2015), la articulación mecánica es el contacto de dos piezas rígidas de principio estas puedan transmitir o producir movimientos de giro o desplazamiento entre sí, manteniendo una unión, dichos movimientos por lo general se producen de manera angular es decir que forman un ángulo variable, en el avance de ejecución del dispositivo se emplea dicha articulación mecánica siendo este el movimiento que produce las dos piezas (brazo de base y brazo auxiliar) por medio de un accesorio (Perno Acero Negro se combina dicho movimiento.

El uso de mecanismo para el dispositivo exoesqueleto se centra en obtener un ángulo en el mismo plano, es decir produce una rotación en el mismo eje como el de una bisagra.

- **Tipo de articulación Mecánica: Holdham**

Se usa de acuerdo con el movimiento de rotación entre dos ejes en el mismo plano, pero separados entre sí. El mecanismo consta de tres piezas en forma de plato, y la central con un saliente a cada lado, perpendiculares entre sí, que se deslizan a través de un eje que proporciona la sostenibilidad de las piezas dando así la combinación de un giro constante y la trasmisión de potencia entre los ejes (Ecured, 2015)

2.2.6 Anatomía y biomecánica de las extremidades inferiores del cuerpo humano

Es importante conocer las medidas del cuerpo humano, así como también sus proporciones, ya que de esta manera permite identificar la diferencia entre varios grupos de personas, así como también sus características físicas, estos factores son de suma importancia al momento de desarrollar un exoesqueleto, tomando en cuenta la población a la que se dirige el presente proyecto se procede a realizar la arquitectura del diseño aplicada de forma adecuada a dichas personas.(Guajardo, n.d.).

Se considera importante analizar la biomecánica del cuerpo humano, con el fin de conocer las limitaciones, ventajas y desventajas de movimientos articulares y todos aquellos movimientos que involucren los movimientos del cuerpo al realizar varias actividades, mimas que están enfocadas al área laboral de un individuo.(Guajardo, n.d.).

2.2.7 Biomecánica

Definición de biomecánica, “esta palabra viene de raíces griegas y significa “relativo a la máquina de los seres vivos”. Sus componentes léxicos son: bio (vida) y mekhane (máquina), más el sufijo -ico (relativo a) (Castellano, 2021).

El concepto nace desde la biología, disciplina científica que posee el estudio de las distintas estructuras de carácter mecánico que se presenta en los seres vivos como principal al cuerpo humano. Gracias a esta área de conocimientos que se interesa

por los movimientos, equilibrio, la física, la resistencia y a la vez movimientos que reflejen un riesgo o que puedan ocurrir mediante actividades físicas. (Fisiactiva, 2017).

- **Biomecánica de cadera**

La articulación de la cadera es una articulación para, que permite la movilidad de extremidades inferiores a través de los tres planos del cuerpo humano, la cadera cuenta con 17 músculos (Angulo Carrere & Álvarez Méndez, 2009).

En el libro de fisiología angular detalla la articulación de la cadera es una de las más complejas del cuerpo Humano, la cadera dispone de tres grados de libertad, permitiendo la realización de movimientos de flexión, extensión, rotación interna, rotación externa, abducción y aducción (Kapandji, 2012).

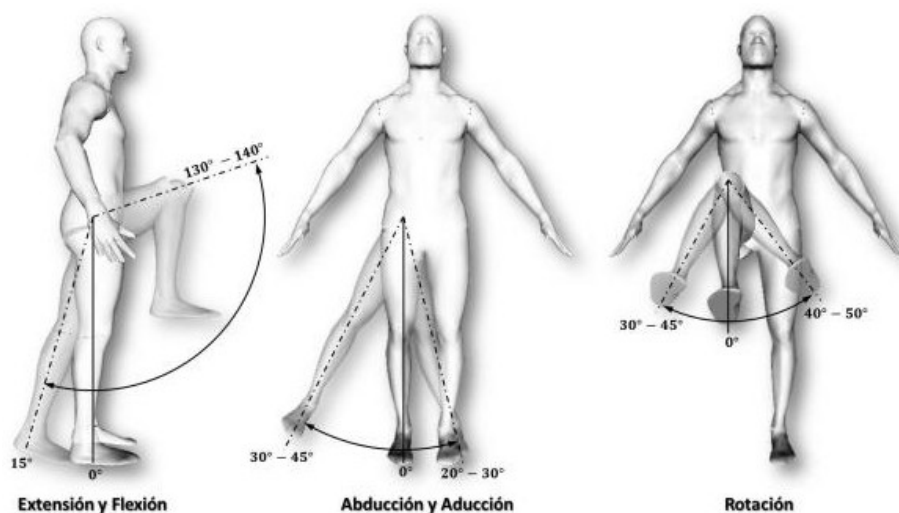


Figura 12. Grados de flexión y extensión de cadera., extraído de (Angulo Carrere & Álvarez Méndez, 2009).

Tabla2. Movimiento de cadera

Función	Descripción
Flexo-extensión	El movimiento de flexión se trata de la acción que provoca el contacto de la cara anterior del muslo con el tronco.
Extensión	Se trata del movimiento que dirige el miembro inferior por detrás del plano frontal.
Flexión.	Los grados de flexión sufrirán variaciones en función de si esta se realiza de forma activa o de forma pasiva.
Extensión	La amplitud de la extensión es mucho menor que la amplitud de flexión.

Nota: Extraída de (Duani et al., 2019). Elaborado por: Francisco Aguilar L.

- **Biomecánica de rodilla.**

La rodilla es una articulación intermedia de la extremidad inferior, esta es una de las articulaciones más grandes del cuerpo Humano, por ende, se ha convertido en un factor de gran estudio para los profesionales. En esta articulación se concentra todo el peso del cuerpo Humano, es capaz de soportar la caminata, la carrera y el mismo hecho de estar de pie, generando estabilidad (Yañez, 2018).

Tabla3. Movimiento de rodilla

Función	Descripción
Flexión	El movimiento de flexión se trata de la acción que provoca el contacto de la cara anterior del muslo con el tronco.
Extensión	Es el movimiento que aleja la cara posterior de la pierna de la cara posterior del muslo.

Nota: Extraída de: (Angulo Carrere & Álvarez Méndez, 2009). Elaborado por: Francisco Aguilar L.

2.2.8 La marcha Humana

La marcha humana es un proceso de traslación en la cual el cuerpo humano que se encuentra en posición recta realiza un movimiento hacia delante, en donde su peso es soportado por las extremidades y miembros inferiores, conlleva un contacto permanente con el suelo. Durante este proceso se crean dos fases: Fase de apoyo: en la cual el pie referente está en contacto con el suelo, y la fase de oscilación: donde el pie de referencia se suspende en el aire (Zacatenco et al., 2016).

La fase de apoyo constituye alrededor del 60 % del ciclo y la fase de oscilación representa el 40 % restante. Las fases del ciclo de marcha, para facilitar su estudio suelen dividirse, todavía, en componentes más pequeños o sub fases, según una la siguiente secuencia: el ciclo se inicia con el impacto de talón en el suelo; al 15 % el ante pie también contacta con el suelo, por lo que esta sub fase se denomina pie plano sobre el suelo o media; al 40 % del ciclo, el talón comienza a elevarse del suelo (sub fase de despegue del talón o final), al 50 %, despegamos el ante pie, que culmina al 60 % del ciclo con el despegue de los dedos, lo que indica también el comienzo de la fase de oscilación ((Zacatenco et al., 2016).

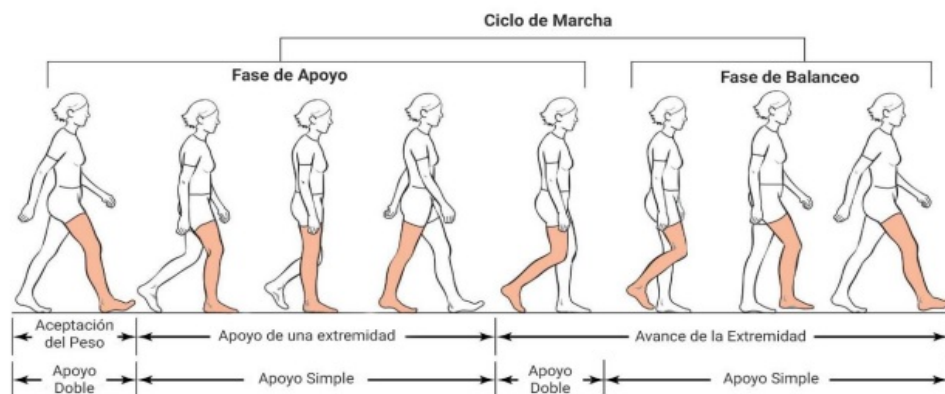


Figura 13. Grados de flexión y extensión de cadera., extraído de (Yañez, 2018).

- **Etapas de la marcha.**

Mediante la siguiente figura definiremos las etapas de la marcha, comenzando con cada una de las fases del ciclo, mientras el ser humano camina, detallando lo siguiente:

Tabla4. Etapas de la marcha

ETAPAS DE LA MARCHA	DESCRIPCIÓN
PRIMER DOBLE APOYO	COMIENZA CUANDO EL PIE TOMADO COMO REFERENCIA TOMA CONTACTO CON EL SUELO POR EL TALÓN, FRENANDO LA ACELERACIÓN DEL CUERPO HACIA DELANTE Y CULMINA CON EL DESPLIEGUE DE LA EXTREMIDAD CONTRA LATERAL (ZACATENCO ET AL., 2016).
PRIMER APOYO UNIPODAL	EL PIE QUE EN EL TIEMPO ANTERIOR SÓLO SE APOYABA POR EL DEDO GORDO HA DESPEGADO Y SE ENCUENTRA EN FASE DE OSCILACIÓN O BALANCEO. EL PESO DEL CUERPO RECAE SOBRE LA OTRA EXTREMIDAD (VÁZQUEZ, 2002).
SEGUNDO DOBLE APOYO	SIMÉTRICO AL PRIMER DOBLE APOYO, PERO EN ESTE CASO, EL PIE QUE ANTES IBAA INICIAR EL DESPEGUE AHORA SE ENCUENTRA REALIZANDO EL APOYO DE TALÓN Y VICEVERSA (VÁZQUEZ, 2002).
SEGUNDO APOYO UNIPODAL	TAMBIÉN CONOCIDO COMO ETAPA OSCILANTE, ES CUANDO EL PIE QUE EN EL TIEMPO ANTERIOR SOLO SE APOYABA POR EL ANTE PIE EN EL SUELO, HA DESPEGADO E INICIA SU PERIODO OSCILANTE.

Nota: Extraída de (Zacatenco et al., 2016) (López et al., 2014). Elaborado por: Francisco Aguilar L.

2.2.9 Antropometría.

La Antropometría es la ciencia que estudia las medidas del cuerpo de los seres humanos, con el propósito de medir varios factores, entre ellos se destacan el tamaño de la persona, su raza, e inclusive su condición económica, es de suma importancia recolectar datos adicionales como espacios arquitectónicos y objetos que rodean a las personas y determinar sus dimensiones (Zacatenco et al., 2016).

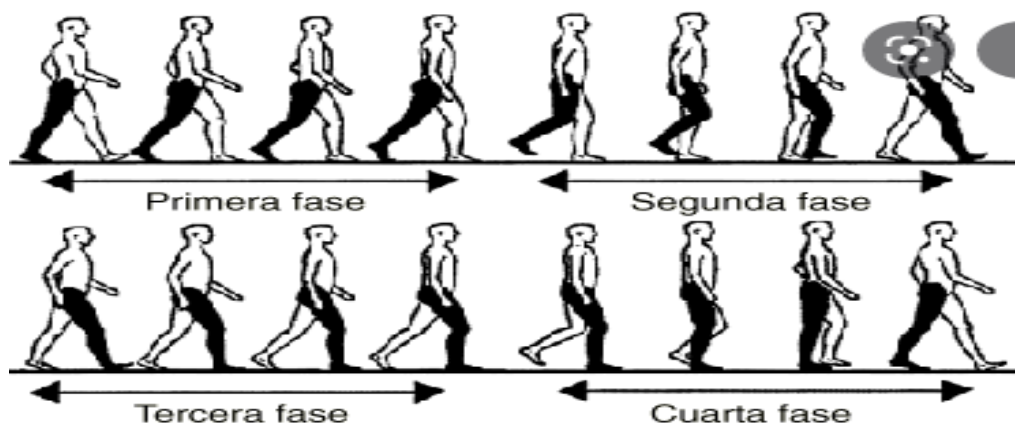


Figura 14. Antropometría, extraído de (Yañez, 2018).

Tabla5. Parámetros que influyen en la variabilidad humana.

Sexo	Etnia	Edad	Alimentación
- Dimensiones corporales	-Características Físicas.	Fisiología propia del Ser Humano.	-Contribuyen al desarrollo del cuerpo.
- Dimensiones Longitudinales	-Diferencias entre varios grupos Étnicos.		

Nota: Extraída de (Zacatenco et al., 2016) Elaborado por: Francisco Aguilar L.

• Medidas antropométricas de los ecuatorianos

En este apartado se detalla los percentiles 5, 50 y 95 de personas ecuatorianas donde se puede evidenciar medidas antropométricas de la población de mestizos,

indígenas y afro ecuatorianos tanto como hombres como mujeres siendo un recurso para la investigación de gran aporte (Barrera, 2013).

Las medidas que se tomaran para el desarrollo de la investigación y de acuerdo a la tabla de medidas antropométricas (ver anexo) son de hombres ecuatorianos mestizos ya que según el INEC (2021), en su informe de empleo bruto a nivel nacional, se detalla que en el mes de agosto de 2021 las mujeres fue 51,7% menor a comparación del hombre que obtuvo el 76,9% de esta manera se toma como muestra que de acuerdo con una altura normal aproximadamente de 172,39 cm, altura posición sentado relajado de 88,09cm, ancho de cadera de 35,62cm, grosor de muslo de 13,20cm, altura de la rodilla de 52,39cm, siendo el percentil de 50° el de que se toma como muestra (Barrera, 2013), se toma con relevancia para el desarrollo del dispositivo exoesqueleto. (Barrera, 2013).

2.2.10 Ergonomía

Es esencialmente la ciencia que se encarga de ajustar el trabajo al trabajador. La palabra viene del griego Ergo (trabajo) y Nomos (leyes), y básicamente significa “las leyes del trabajo”. La ergonomía, como ciencia, se basa en muchas otras disciplinas (Castillo Alonso et al., 1999).

Es así que cuya disciplina se encarga de adaptar y diseñar una interacción entre el ser humano, el lugar de trabajo y las máquinas, su objetivo principal es de optimizar los tres elementos al tal punto que éste pueda realizar las actividades sin que éstas afecten su integridad física, es así que profesionales de la salud incorporen a sus actividades criterios ergonómicos.

Tratar desde el principio de reducir los efectos negativos y de desarrollar los efectos positivos. La caracterización ergonómica del hombre en el trabajo está en distinguir los conceptos resultantes de la vida profesional o de la vida corriente que se traducen en múltiples términos tales como:

- Trabajador (este término llama mucho al campo de significación de las luchas sociales);
- Cliente (llama al campo de significado de las relaciones mercantiles);
- Operario (define el sujeto por su relación con lo que está utilizando herramienta, dispositivo, servicio).
- Operario (es el término más frecuentemente utilizado [incluido en ergonomía], (pero queda un resto portador de una pesada (Castillo Alonso et al., 1999)

El universo de las cosas y de lo que su llegada para la tarea, el de las personas, de sus funcionamientos y de sus conductas para la actividad. Bien entendido, estos dos tipos de análisis están en interdependencia y deben llevarse en paralelo (Castillo Alonso et al., 1999).

- **Clasificación de la Ergonomía**

Ergonomía cognitiva: se domina a los aparatos mentales, siendo la percepción, la memoria, el razonamiento y la respuesta motora, un principal objetivo de estudio en aspectos cognitivos de los seres humanos. Se envuelve también por la carga de trabajo mental, la toma de decisiones, el rendimiento experto, la interacción persona-ordenador, la fiabilidad humana, el estrés laboral, el entrenamiento y la capacitación, como los factores que se relacionan con el diseño de la interacción humano sistema (Estrada, 2015).

Ergonomía organizacional: se denomina como en la optimización de políticas organizacionales de una empresa o compañía, siendo beneficiaria para las personas que trabajan en ella, incluyéndose factores psicosociales, de comunicación, de organización de cargos, diseño de tiempos u horarios de trabajo (Estrada, 2015).

Ergonomía visual: su ámbito de estudio promueve el gran porcentaje de comodidad y eficiencia de los seres humanos cuando realizan actividades que involucren una exigencia visual, tales como personas que se encuentra frente a pantallas y otros dispositivos electrónicos (Estrada, 2015).

Ergonomía física: se domina a las distintas características anatómicas, antropométricas fisiológicas y biomecánicas de las personas, por lo tanto, se relaciona con movimientos físicos. Dentro de sus temas más distinguidos se incluyen a posturas de trabajo, manejo de materiales, sobreesfuerzos, movimientos repetitivos, lesiones músculos esqueléticas de origen laboral, seguridad y salud en el trabajo (Estrada, 2015).

Dentro de la investigación se aplicará la ergonomía física, donde sus características predominantes, aportará un desempeño amigable con el usuario en cuanto al confort y al descanso de movimiento repetitivos en sus labores o actividades que realiza al momento de su trabajo.






Tarea efectiva	Actividad real	
Toma de un plato de la cinta transportador	Brazos extendidos Tronco en rotación	
Recoger los residuos	Coger a manos llenas	
Arrojar los residuos en el cubo de basura	Brazos bajos Tronco en rotación	
Ordenar el plato	Brazos elevados	
Colocar los platos en la máquina de lavar	Inclinado hacia delante	

Figura 15. **Ergonomía**, extraído de (Angulo Carrere & Álvarez Méndez, 2009).

Es de tal importancia ya de varias empresas, pasar una larga jornada laboral en un ambiente saludable, basadas en la relación de las condiciones de adaptación de un lugar, una máquina, entre otras características físicas y psicológicas del usuario o del trabajador, son tomadas como el mayor rendimiento en el trabajo a partir de la humanización de los medios para producirlo.

2.2.11 Riesgo Ergonómico.

Los factores de riesgos ergonómicos dependen de las cargas de trabajo que a su vez dependen de otros factores como: cantidad, peso excesivo, características personales, mayor o menor esfuerzo físico o intelectual, duración de la jornada, ritmo de trabajo, confort del puesto de trabajo (ISTAS, 2015).

- **Factores de riesgo**

El factor de riesgo se considera a todos los elementos físicos, químicos, ambientales, psicosociales, biológicos o ergonómicos que se presentan en las condiciones de trabajo y estos aumenten la probabilidad de sufrir una enfermedad, accidente o lesión a causa de ellos (ISTAS, 2015).

2.2.12 Diseño – Concepto.

Para hablar de diseño debemos comprender que tiene un rango de definiciones donde se aplican a diversas áreas del saber humano, sin embargo por diseño nos referimos a un proceso de predicción mental, en otras palabras, de planificación creativa, en el que demuestra la solución de algún problema preciso siendo este especialmente en varios contextos tales como industria, arquitectura, ingeniería, comunicación y otras disciplinas afines (Concepto.de, 2021).

Es importante agregar que el diseño no es más que una imaginación de un objeto, puede proyectar aspectos como forma, funcionalidad, eficiencia y la vida útil del mismo. El diseño establece un concepto que ayuda a desarrollar una imagen para luego iniciar la elaboración de un esquema simple que proyecte la idea principal y por ende sintetizar otros elementos requeridos para el desarrollo de la idea (Hernández, 2020).

- **Tipos de Diseños**

Menciona Antonio Ruiz que en la actualidad existen diversos tipos de diseño y a pesar de la dificultad de determinar el número de facetas del diseño (Ruiz, 2018), se puede decir que hoy en día el internet es una causa para presentar nuevas

habilidades y modalidades que engloba esta disciplina, ahora bien es significativo detallar algunos tipos de diseño existentes como: Diseño arquitectónico, Diseño de interiores, Diseño industrial, Diseño textil, Diseño gráfico, Diseño editorial, Diseño de arte, Diseño publicitario, Diseño digital, Diseño de productos y Diseño web.

2.2.13 Diseño de Productos

Por lo que se refiere a diseño de productos este se define en satisfacer los requerimientos del usuario, en la actualidad, cada producto debe ser catalogado como solución a un problema, Helena Gonzales (González, 2021), afirma que es un proceso el cual conlleva a alguien a pensar como debe ser el producto para resolver aquel problema y comprender que el diseño de productos es sencillo.

Resulta claro para la investigación el mencionar el tipo de diseño que se va a llevar a cabo, un tipo de diseño que va acorde con el objetivo de esta investigación, siendo el diseño de productos el más relevantes, así pues, se determina mediante el problema los factores de riesgos ergonómicos en espacios de trabajo, inclusive donde estén comprometidos miembros inferiores de una persona de tal manera pueda mediante la solución de un producto satisfacer todos los requerimientos.

✓ Elementos que interviene en el Diseño de Productos.

○ Generación de la idea

La generación de ideas se refiere a una serie de intereses y oportunidades tanto personales como de mercado. Se piensa que todo en el mercado está establecido, ahora bien, cuando una persona tiene una visión diferente e innovadora se incrementa la idea de mejorar los servicios o productos que se ofertan. Podemos

decir que es un proceso de creación, mejora y comunicación donde las ideas se conciben de forma más implícita y eficaz (González, 2021).

- **Análisis de Producto**

A fin de que el valor del producto tenga éxito, se debe someter a tres tipos de evaluaciones dichas pruebas son: Prueba de mercado, Prueba financiera, Compatibilidad con operaciones (González, 2021).

- a) Prueba de mercado: ensaya la aceptación que tendrá el producto final al llegar hasta el consumidor.
- b) Prueba financiera: asimila los valores de costo asociados en cuanto a la producción y comercialización.
- c) Compatibilidad de operaciones

Si bien es cierto Elena Gonzales (González, 2021), manifiesta que se debe considera estas tres pruebas en el proceso de toma de decisiones del producto, ya que cada fase cumple con un objetivo específico, siendo estos los más selectos ya que se en el diseño de productos se presenta algunos más.

- **Diseño Preliminar del Producto**

En esta fase preliminar del diseño de producto, y donde aún no se ha construido nada, se especifica el cómo debería funcionar el dispositivo, entre las características se puede nombrar a las siguientes: Coste, Calidad, Rendimiento de manera que por medio de esta fase se podrá verificar si el producto es eficiente en el mercado, dicho factor es determinante a la hora de diseñar un producto.

- **Trabajo de construcción de Prototipo**

En esta fase los prototipos se construirán de manera que se propondrá diferentes materiales, dichos estos deben cumplir con los factores de cómo se va a ver el producto final. Para esto se gestionan patrones y plantillas para lograr un prototipo acorde a un exoesqueleto.

- **Fase de Prueba**

Aquí se manejan las pruebas pertinentes para los prototipos donde se comparan la funcionalidad y las condiciones de lo que va a disponer para el diseño y la pronta fabricación del dispositivo exoesqueleto.

- **Diseño de producto definitivo**

Se denomina la última fase para ya la construcción del producto en este caso del exoesqueleto, donde se plantea plasmar la idea inicial y finalizar con la solución de este.

CAPÍTULO III

3.1 METODOLOGÍA DE DISEÑO

Para facilitar y elaborar el proceso del diseño del dispositivo, se toma en cuenta la metodología de Bruno Munari, esta metodología evita el inventar la rueda con cada proyecto y plantea sistematizar la resolución de problemas. A continuación, se estipula un resumen de la estructura metodológica del proceso de diseño de Bruno Munari.

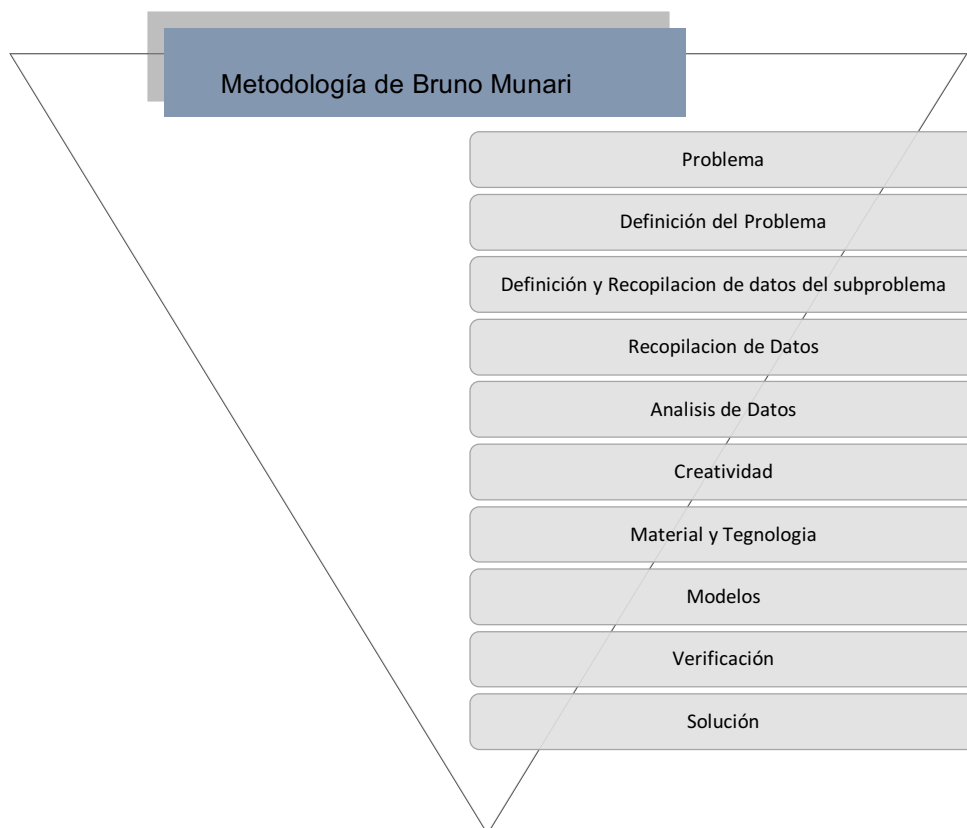


Figura 16. Metodología de Bruno Munari, extraído de: (Fern, 2014). Elaborado por: Francisco Aguilar L.

3.1.1 Definición de problema y estrategia.

De acuerdo con el primer proceso de la metodología de Bruno Munari este, proyecta la problemática como un inicio del planteamiento en cuanto al desarrollo de una metodología de diseño, para la investigación se formaliza en base a factores de riesgo ergonómicos que presentan personas cuyas actividades lo realizan dentro de sus horas de trabajo.

En segundo plano de la metodología de diseño se define ya un problema más concreto donde se detalla a cabalidad distintos aspectos que contenga desde la idea principal y mediante este podemos analizar lo referente a personas que padecen dolencias, malestares y un sin número de dificultades, donde se encuentra en largos periodo de pie, o puestos de trabajo que determinen efectos y problemas musculoesqueléticos en partes inferiores del cuerpo.

En este apartado se ha definido la estrategia de generar un diseño de un producto, misma que consta en de varios puntos, en primer lugar, se establece el reconocimiento de las necesidades, el reconocimiento exhaustivo de las características del prototipo en base a distintas ideas que lleven a la correcta segmentación de mercado, materia prima, control en el proceso de ensamblaje, prueba de calidad en apoyo a profesionales con el fin de comprobar la viabilidad del producto.

3.1.2 Análisis y recopilación de datos.

La recolección de datos informativos es el tercer procedimiento según Bruno Munari en la metodología de diseño, proceso por el cual se captura toda la información requerida para el desarrollo del diseño. Para llevar a cabo con el estudio, se realiza algunas técnicas como entrevistas, fichas de observación y referentes similares a dispositivos ex esqueléticos a nivel nacional e internacional que estén alineados con la solución de un producto cuya información se sirva para registrar y evaluar toda la información y por ende permite responder preguntas importantes en distintas fuentes y así obtener un panorama perfecto y precioso.

Con la finalidad de tener un conocimiento real y concreto de la investigación, en donde se busca resolver un problema frente a la situación actual, el siguiente paso para cumplir del plan de investigación se han planteado los siguientes instrumentos de diagnóstico:

3.1.3 Análisis de Entrevistas

Durante los meses de Julio, Agosto, Septiembre y Octubre del año 2021, se desarrollaron entrevistas aplicadas a personas de distintos trabajos en donde el objetivo principal es analizar, socializar y proponer el uso del exosqueleto en sus actividades diarias, o en distintas etapas del proceso productivo, tomando en cuenta que en el Ecuador las garantías laborales son bajas, en un sistema de seguridad laboral y social deficiente, políticas que no garantizan la salud ocupacional, grandes empresas no están 100% obligadas a hacer uso de nuevos

métodos de seguridad industrial, e inclusive muchas de ellas durante este proceso de investigación no han dado apertura a una entrevista, por temor a ser parte de organizaciones que se dedican a denunciar en el ministerio de trabajo condiciones de laborales que no brindan garantías a sus colaboradores, mientras que las personas que laboran o son propietarios e PYMES se mostraron muy interesados en la aplicación de este tipo de dispositivos que puedan brindar comodidad a sus trabajadores y en otros casos a los mismos dueños, convirtiéndose este en un dispositivo que en su gran mayoría da un visto bueno y una gran aceptación a esta innovadora propuesta se pudo observar la preocupación por el costo que este puede generar, ya que muchos empleadores no cuentan con los recursos necesarios para invertir y hacer la adquisición en este tipo de instrumentos que son nuevos y generan en cierta forma un nivel de riesgo en sus finanzas, sobre todo lo que se pudo escuchar en un 90% de los entrevistados es que la pandemia a afectado mucho a todos y que aún no se ha logrado recuperar las mismas metas económicas., Al especificarles que lo que se propone es poder venderlo a un costo bajo, la aceptación de dispositivo es muy favorable.

Muchas personas laboran más de ocho horas diarias los 7 días de la semana, mismo que es un acto ilegal si no se remunera conforme a la ley, y peor aún si estas personas no se encuentran afiliadas al seguro social, un claro ejemplo es el área de alimentos y bebidas, donde al ser un trabajo que a simple vista parece muy fácil con el tiempo comienza a generar molestias sobre todo a nivel lumbar y articulaciones inferiores, en esta muestra el exoesqueleto entraría como un gran apoyo ergonómico para los cocineros en el momento de realizar un mise en place

antes de su servicio de alimentación, permitiendo el descanso de pies, rodilla, cadera y espalda, así como también en eventos gastronómicos donde deben esperar la culminación de los mismos una vez terminado su servicio de alimentación.

Otro claro ejemplo es el área de post cosecha de una empresa florícola donde una gran cantidad de personas laboran de pie sin cambiar de postura de 8 a 10 horas, el ambiente de trabajo suele ser a temperaturas muy bajas en invierno, rodeando hasta los 6° y en verano hasta los 25°, estos factores influyen mucho en la posición de trabajo de los colaboradores y generan malestar en varios puntos de sus extremidades inferiores y también a nivel de la espalda, el propósito del exoesqueleto es permitirles permanecer todo ese tiempo que trabajan en una posición cómoda donde no implique el desgaste óseo-muscular, que genere descanso y se protejan de futuras enfermedades, el 80% por ciento de las personas de esa área de producción considera que sería de gran ayuda para su trabajo, el 20% afirma que es una buena idea y lo utilizarían siempre y cuando sean los propietarios de la empresa quienes asuma el costo de este dispositivo.

Finalmente se encuentra en un porcentaje muy pequeño quienes laboran en otras áreas como el ferretero donde sus trabajadores no consideran factible el uso del dispositivo, debido a que sus actividades implican muchos movimientos, como subir y bajar escaleras, y cargar artefactos pesados, proponen la creación de un dispositivo exoesqueleto de extremidades superiores, esta sugerencia podría ser

tomada para la creación y desarrollo de próximos proyectos de investigación dentro de la carrera de diseño de la PUCESI.

Tabla6. Entrevistas

No.	Fecha	Entrevistado/a	Desempeño
E1	25-07-2021	Entrevistado 1	Propietaria de empresa de lycras.
E2	25-07-2021	Entrevistado 2	Propietario de negocio de venta de alpargatas
E3	28-07-2021	Entrevistado 3	Propietario de negocio de conjuntos deportivos.
E4	20-07-2021	Entrevistado 4	Director de la Escuela de Gestión de Empresas Turísticas y Hoteleras "GESTURH" de la "PUCESI".
E5	1-07-2021	Entrevistado 5	Ayudante de cocina del Restaurante "Las papitas de la abuela"
E6	1-08-2021	Entrevistado 6	Embonchadores de la Florícola Rosabella. Tupigachi-Ecuador

E7	1-09-2021	Entrevistado 7	Artesanos carpinteros Taller Stuart.
E8	1-12-2021	Entrevistado 8	Artesanos carpinteros Taller Stuart.
E9	1-10-2021	Entrevistado 9	Artesanos carpinteros Taller Stuart.
E10	1-10-2021	Entrevistado 10	Ferretería Papaitas.

Nota: Entrevistas realizadas a personas de distintos sectores laborales, para el uso del exoesqueleto.

3.1.4 Experimentación de materiales

En el mes de julio del 2021, con la ayuda de maestros expertos en mecánica se desarrolla una selección de que posibles materiales puede ser beneficioso para el desarrollo de un dispositivo que este anclado al cuerpo, donde determinaron cinco aspectos de dichos materiales como: peso, densidad, tipo de ensamblaje, costo de adquisición, llegando a mencionarlos a los materiales como el tubos de acero negro, tubos de aluminio, tubos de acero inoxidable estos materiales tiene diferentes características como el peso y su densidad tomando en cuenta que para cada tipo de material se utiliza un tipo diferente de ensamble es decir que no se

puede mezclar entre dos tipos de materiales diferente, de igual forma se determinó el valor de la variable que proporciona el mercado para la previa obtención de estos materiales. Adicionalmente se menciona accesorios como platinas de 2 x1/8 y pernos que ayudaran al ensamblaje.



Figura 17. Experimentación

En el mes de septiembre se dialogó con expertos en la materia de madera, quienes proporcionaron una lista de materiales, que significaron un aporte para la experimentación del primer prototipo, la descripción de cada uno, se fue dando a conocer para la iniciación y composición de una estructura, tomando en cuenta la fuerza del material y lo ligero del mismo, de esta manera se seleccionaron varios

tipos de madera siendo estos materiales de pino eucalipto, cedro y laurel, los cuales se trabajaron para formar listones con dimensión de 4x4 por un metro.

También se mencionó el proceso de preparación de la madera que se debe tomar en cuenta, ya que el tiempo que se establece es de dos a tres días en donde se desarrolla un proceso de sellado para ser tratada. Con la respectiva selección de los materiales se realiza una experimentación de tal manera que se puede evidenciar por medio de cortes la deformación del mismo, siendo este el resultado del material de pino capaz de tener una deformación mínima con respecto a los otros, gracias a este proceso se puede detectar la humedad.



Figura 18. Manipulación con material didáctico.

La implementación de plastilina y algunos materiales derivados de madera como las paletas y los palos de pincho denotaron la idea hacia donde llevar el dispositivo y de la mano con la investigación y los conocimientos técnicos de funcionalidad hicieron moldear la idea de exoesqueleto. Ya con estas bases implementamos en

la selección de materiales que sean acordes a esta idea donde el Mdf y la madera de pino fueron escogidos para la fabricación del prototipo a escala real.



Figura 19. Experimentación con madera

En su gran mayoría los materiales utilizados para la construcción del dispositivo son de bajo costo y de fácil obtención, a la vez los estos materiales no causan impacto ambiental, a comparación de otros exoesqueletos que están compuestos por materiales que afectan al medio ambiente, por ejemplo: pastico, fibra de carbono, etc.

3.1.5 Requerimiento de diseño

El proyecto se enfoca en la creación, diseño y producción de un exoesqueleto para facilitar la postura sedentaria de las personas que se encuentran en sitios o lugares donde no cuentan con productos para su descanso, basándose en técnicas que cumplan diferentes estándares para la verificación, validez y requerimientos de diseño, mismos requerimientos de función, uso, estructurales e identificación, que se obtienen de diferentes apartados donde se describe por fichas y matrices que se presentan a continuación.

3.1.6 Requerimientos de Función

A continuación, en la (ver figura 3.7), se detalla las variables del requerimiento de funcionalidad, que tendrá el dispositivo a desarrollarse.

Tabla7. Requerimientos de función.

REQUERIMIENTO DE DISEÑO	
Tema: "DISEÑO DE UN DISPOSITIVO EXOESQUELETO DE BAJO COSTO, PARA FAVORECER EN LA BIPEDESTACIÓN DE UNA PERSONA"	
	Funcionalidad del dispositivo.
	Sistema de mecanismos articulares.
	Fácil desempeño de armado.
FUNCIÓN	MECANISMOS
	Equipo portátil
	Sistema de rodamientos.
	Sistema biomecánico
	Componentes de sujeción versátiles
	Dispositivo confiable en el funcionamiento.
	CONFIABILIDAD
	Facilidad al desplazarse con el dispositivo.
	Garantía en materiales y accesorios.

VERSATILIDAD	La versatilidad de usar en otros espacios.
RESISTENCIA	Esfuerzos que soporte el dispositivo: Compresión, tensión y adherencia al suelo. Debe considerar los avances tecnológicos para la determinación de acabados.
ACABADOS	Pintura de alta densidad. Alta calidad en el acabado final.

3.1.7 Requerimiento de uso.

En este apartado determinamos algunas variantes que correspondan a los requerimientos para el uso del producto, donde el soporte favorece la bipedestación de una persona, es de fácil uso y manejo del dispositivo, permite evitar lesiones laborales a corto y largo plazo y permite el descanso en periodos largos de trabajo. En la siguiente (ver figura 3.8), se hace mención las directrices que tendrá para el requerimiento de Uso.

 REQUERIMIENTO DE DISEÑO

Tema: "DISEÑO DE UN DISPOSITIVO EXOESQUELETO DE BAJO COSTO, PARA FAVORECER EN LA BIPEDESTACIÓN DE UNA PERSONA"

	PRACTICIDAD	Adaptabilidad a espacios reducidos Funcionalidad relación producto-usuario
	CONVENIENCIA	Minimizar las molestias musculo esqueléticas. Minimizar el consumo otros artefactos. Mínimo mantenimiento
	SEGURIDAD	Ausencia de riesgos para el usuario. Manejo adecuado del dispositivo. Materiales de calidad Superficies y partes de fácil acceso Fácil limpieza del dispositivo.
	MANTENIMIENTO	
		Materiales resistentes al uso de limpiadores domésticos.
	REPARACIÓN	Accesorios de fácil obtención y reparación.
		Partes que incluyan texturas, forma y color que faciliten la manipulación de dispositivo.
USO	MANIPULACION	
		Facilidad de colocarse y de desarmarse todo el dispositivo . Partes de fácil acceso para el ensamblaje. Relación Dimensional.
	ANTROPOMETRÍA	
		Ajustar a los límites establecidos en las tablas antropométricas del Ecuador. Adecuación producto- usuario Peso del dispositivo.
	ERGONOMÍA	
		Debe evitarse el uso de elementos visuales deslumbrantes. Fatiga al llevar el dispositivo. Captación del dispositivo y componentes.
	PERCEPCIÓN	
		Debe considerarse la utilización de colores armónicos y actuales.

Tabla3.8. Requerimiento de uso.

	Formas controladas y fácil de ubicar dentro de las tendencias actuales.
	Facilidad de guardado.
TRANSPORTE	
	Peso y dimensiones que hacen la manipulación por una sola persona.

3.1.8 Requerimientos técnico- productivos.

Los requerimientos técnicos y de productivos se detallan en la siguiente (ver figura 3.9), donde se habla sobre la mano de obra, modo de producción, estandarización, prefabricación, y materias primas que tendrá lugar el dispositivo para su producción.

Tabla 3.9. Requerimientos de función.

REQUERIMIENTO DE DISEÑO	
Tema: "DISEÑO DE UN DISPOSITIVO EXOESQUELETO DE BAJO COSTO, PARA FAVORECER EN LA BIPEDESTACIÓN DE UNA PERSONA"	
	Funcionalidad del dispositivo.
	Sistema de mecanismos articulares.
	Fácil desempeño de armado.
MECANISMOS	Equipo portátil
	Sistema de rodamientos.
	Sistema biomecánico
	Componentes de sujeción versátiles
	Dispositivo confiable en el funcionamiento.
FUNCIÓN	CONFIABILIDAD
	Facilidad al desplazarse con el dispositivo.
	Garantía en materiales y accesorios.
	VERSATILIDAD
	La versatilidad de usar en otros espacios.
	RESISTENCIA

Esfuerzos que soporte el dispositivo: Compresión, tensión y adherencia al suelo.

ACABADOS

Debe considerar los avances tecnológicos para la determinación de acabados.

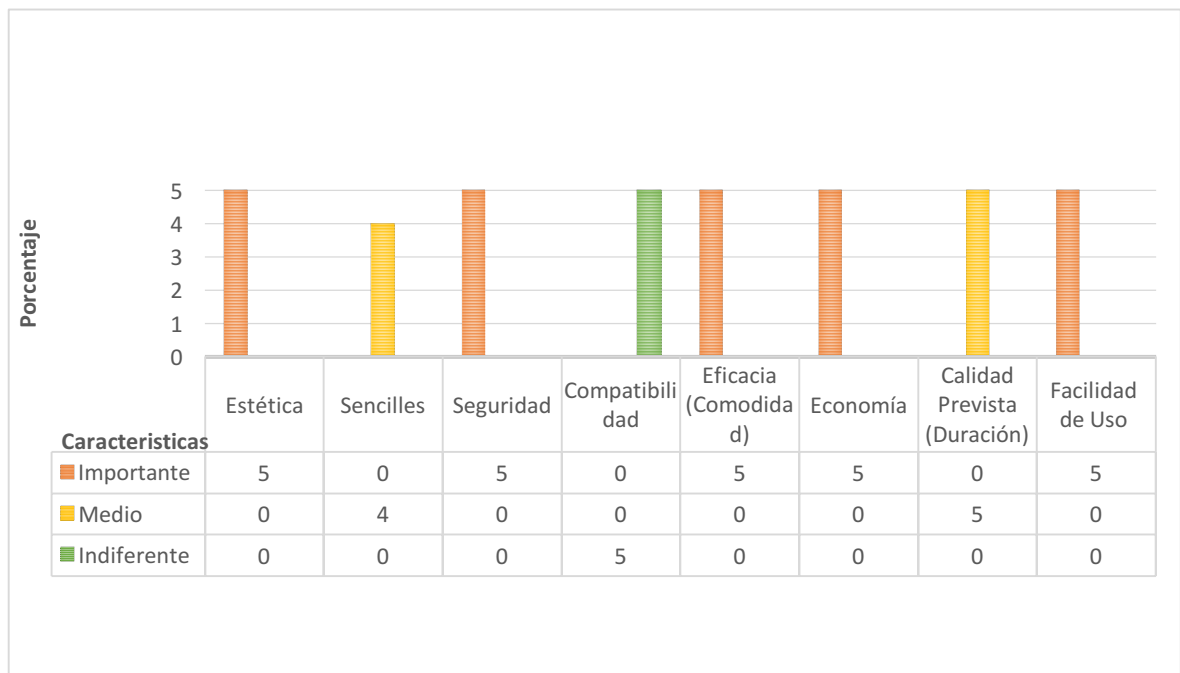
Pintura de alta densidad.

Alta calidad en el acabado final.

3.1.9 Características para el diseño del Exoesqueletos

Se establece a través de entrevistas a personas naturales quien aportan a la selección de características para el desarrollo del exoesqueleto, de tal manera se presenta en la siguiente (ver tabla 3.10) dichos aspectos.

Tabla8. Tabla de Porcentajes de Características



Nota: Resultados de encuestas con respecto a las características del dispositivo exoesqueleto.

De acuerdo al análisis de datos recogidos mediante entrevistas se estima valores de número 1 como el mínimo de porcentaje y al número de 5 al mayor porcentaje de importancia en cuanto a las características del dispositivo, cuyas personas naturales asocian a la estética, seguridad, eficacia (comodidad), economía y facilidad de uso como factor importante para el dispositivo, así también de menor importancia indican que los factores sencillez y calidad prevista (Duración) y finalmente determina indiferente el aspecto de compatibilidad.

3.1.10 Creatividad

Una serie de bocetos y de la mano de materiales didáctico como es la plastilina, fueron recursos idóneos en las primeras ideas inspiradoras, mostrando una serie de formas y figuras donde se iba tomando una muestra clara hacia el objetivo planteado, mirando formas de la naturaleza, combinando referentes y proponiendo una lluvia de ideas se comenzaba a generar una propuesta, con la ayuda de tecnología que permitió la visualización del producto final como es en este caso el dispersivo exoesqueleto para extremidades inferiores, mismo que aporta un gran apoyo adecuado a las personas que tienen una postura de pie.

Se procedió a la edición hasta encajar, lograr y obtener el concepto necesario para la propuesta de diseño, siendo este un esquema tomado de la naturaleza del reino animal, llegando a desarrollar una simplicidad del mismo, obteniendo una aceptación de diseño de vanguardia.

Del mismo modo se produjo un moldeado con material didáctico (plastilina) el cual aportó a una propuesta más elaborada a una escala pequeña, siendo un muñeco

infantil un objeto de experimentación cuyo esqueleto simula una persona real, de tal manera se obtienen varios resultados acordes al diseño.

3.1.11 Concepto de diseño

Como se ha explicado anteriormente, la propuesta para el diseño del dispositivo, se basa en un sistema biomecánico que permite una postura para el sedentarismo de una persona, este proyecto se inspira en líneas geométricas, y una composición que integre los requerimientos de usuario de tal manera que la estructura permita el descanso en jornadas largas de trabajo centrándose en la visualización de distintas formas regulares e irregulares que se presentan en la naturaleza, siendo esta parte fundamental en la construcción y creación de un diseño innovador que genere impacto en el desarrollo sostenible del país.

3.1.12 Alternativas de diseño

Mediante una ficha de bocetos en donde se plantearon elementos tales como referente, materialidad, paleta de color fueron indicativos para el desarrollo ideas de exoesqueletos, donde varias ideas permitieron la agrupación de datos informativos y detalles relevantes con la finalidad de facilitar la toma de decisiones seleccionando una propuesta donde cumpla todos los requerimientos, a la vez mostrando una manera plasmar y mejorar la comprensión de las ideas de cada una de las partes del dispositivo a desarrollarse. A continuación, se presenta varias alternativas de diseño.

<p>PUCE Sede Ibarra</p>	<p>REFERENTE :</p>
<p>DIBUJANTE:</p> <p>Francisco Aguilar</p>	<p>MUESTRA DE MATERIA PRIMA:</p> <p>Varillas de aluminio Ruedas de Naylon Pernos 1/4 Regatones</p>
<p>TÉCNICA:</p> <p>Acuarela y bolígrafo</p>	<p>HERRAMIENTAS A UTILIZAR:</p> <p>Suelda con aporte de Aluminio Taladro de pedestal Martillo</p>
<p>FECHA:</p>	<p>PALETA DE COLOR:</p>
<p>FICHA DE BOCETO</p>	
<p>OBSERVACIONES: Propone en la materialización en todo el producto platinas de aluminio, y un desplazamiento de una estructura inferior, haciendo un tipo de tripode, además tiene como principal característica en cuanto al asiento que es tomado como referencia un abanico.</p>	

Figura 20. Ficha de bocetos: Alternativa 1


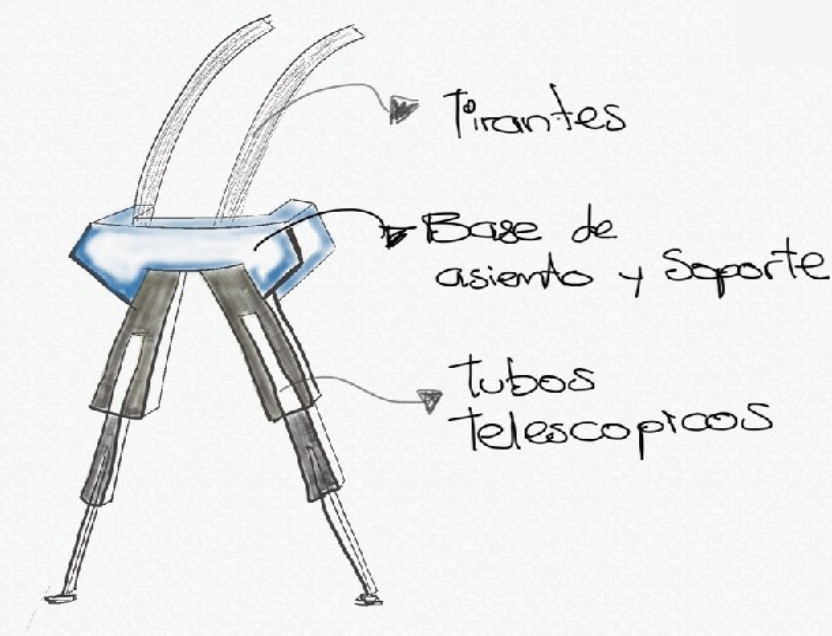

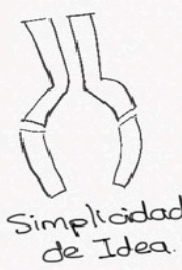
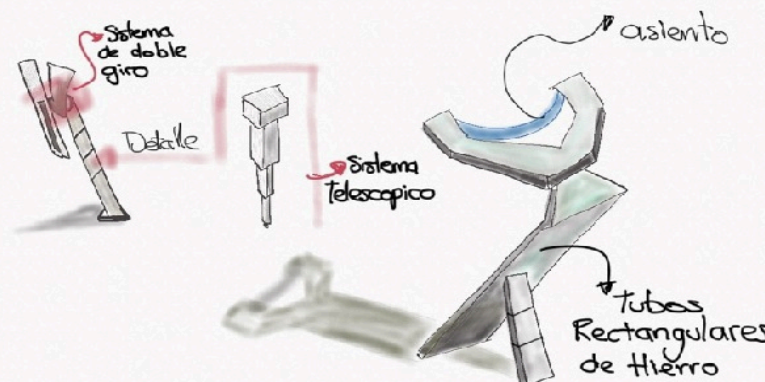
 <p>PUCE Sede Ibarra</p>	 <p>Tirantes</p> <p>Base de asiento y soporte</p> <p>tubos telescópicos</p>	<p>REFERENTE :</p>
<p>DIBUJANTE:</p> <p>Francisco Aguilar</p>		<p>MUESTRA DE MATERIA PRIMA:</p> <p>Tubos rectangulares Sistema de resortes Sistemas telescópicos Tirantes de mochila</p>
<p>TÉCNICA:</p> <p>Acuarela y bolígrafo</p>		<p>HERRAMIENTAS A UTILIZAR:</p> <p>Suelda con aporte de Aluminio Taladro de pedestal Martillo</p>
<p>FECHA:</p>		<p>PALETA DE COLOR:</p> 
<p>FICHA DE BOCETO</p>		<p>OBSERVACIONES: Propone en la materialización del producto materiales que comunes, tomando en cuenta el costo de fabricación.</p>

Figura 21. Ficha de boceto: Alternativa II




Simplicidad de Idea.



Visualización Final

REFERENTE :




MUESTRA DE MATERIA PRIMA:


Tubos Rectangulares de hierro negro
Pernos 1/4
Regatones

HERRAMIENTAS A UTILIZAR:

Suelda mic
Taladro de pedestal
taladro

PALETA DE COLOR:



 PUCE Sede Ibarra
DIBUJANTE: Francisco Aguilar
TÉCNICA: Acuarela y bolígrafo
FECHA:
FICHA DE BOCETO

OBSERVACIONES: Se propone en la materialización en todo el producto tubos rectangulares, y un desplazamiento de una estructura inferior, con un mecanismo telescópico además tiene como principal característica en cuanto al asiento que es tomado como referencia un abanico.

Figura 22. Ficha de boceto: Alternativa III




 <p>PUCE Sede Ibarra</p>	DIBUJANTE: Francisco Aguilar	TÉCNICA: Lápiz Acuarela Marcadores	FECHA: 16- agosto- 2021	FICHA DE BOCETO	<p>Transferir en Model</p> <p>Modelo</p> <p>Transferir de Modelo</p> <p>Figura 1ª (Diseño de la muestra)</p> <p>Simplidad de Referente</p> <p>Muestra</p> <p>Visualización de Materiales Fase 2ª</p> <p>Visualización en Isometría de Materiales</p> <p>REFERENTE :</p>  <p>MUESTRA DE MATERIA PRIMA:</p> <p>Mdf 9mm Esponjas Tela Pernos Regaton de Muleta Correas de Naylon</p> <p>HERRAMIENTAS A UTILIZAR:</p> <p>Cortadora de cinta Taladro de pedestal Atornilladores Máquina de coser</p> <p>PALETA DE COLOR:</p>  <p>OBSERVACIONES: Se identifica un diseño que se vincula directamente con las patas del cangrejo, donde su similitud estable una configuración que se adapta al funcionamiento del dispositivo, teniendo así un diseño innovador con formas organicas.</p>
--	--	--	-----------------------------------	------------------------	--

Figura 23. Ficha de boceto: Alternativa IV

CAPÍTULO IV

4.1 ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS


En este capítulo se analiza y evalúa las propuestas realizadas acorde a los bocetos, donde se considera elementos claves de: formas y mecanismos. Se utiliza programas computacionales para el desarrollo del dispositivo exoesqueleto.



De igual forma se presenta un análisis de estructura donde se muestra las diferentes variantes de esfuerzos que se genera en posición crítica, adicionalmente los datos obtenidos en peso estimados de piezas y accesorios de ensamblaje, para finalmente obtener toda la información correspondiente a la fabricación del dispositivo exoesqueleto.

4.1.1 Referentes de diseño

Se analizaron tres dispositivos comerciales, los cuales se detallan en la tabla 4.8

Tabla 4.8. Referentes analizados

Fabricado	Dirigido	Materiales	Funcionamiento	Contribución	Detalle	Precio	Fuente
ZÜHLKE	Diseñada especialmente para trabajadores de fábricas automovilísticas	Carbono	<ul style="list-style-type: none"> -Permite a los empleados trabajar en una posición cómoda. -Aumenta la productividad -Una posición sentada activa promueve la salud. 	<ul style="list-style-type: none"> Disminuye el estrés en piernas y espalda. -Reduce los costes derivados de los días de enfermedad 		2,890.00 Euros	Fuente especificada no válida.

LAEVO V2	Trabajadores de ensamblaje	Carbono	Da soporte a la espalda inclinada mientras se trabaja y durante los movimientos repetitivos de elevación.	La fuerza sobre el pecho es 10 veces menor que la que tienen que soportar la columna y los músculos de la espalda.		5221,05 Euros	(LAEVO, Sf)
<i>Hyundai Chair less Exoskeleton</i>	Ensambladores	Carbono	El usuario lo fija en su cuerpo usando correas en la cintura, muslo y rodilla.	Se centra en aliviar la presión en el cuerpo de una persona, pero por encima de las rodillas. Alivia el esfuerzo en la zona del cuello y espalda de un usuario.		Costo no definido	(sfmnews.com, 2019)

La silla Noonee cuyo valor referencial propone una guía de solución en cuanto a funcionalidad, siendo un producto que plantea características de vanguardia, simplificando riesgos ergonómicos y llevando así a que su éxito como producto ya se encuentre dando un soporte a empleados que trabajan en la línea automotriz, con posiciones más cómodas y mecanismos que se adaptan a cualquier tipo de persona.

Como ítem muy clave para la investigación se toma como referencia el aspecto funcional, determinando partes y accesorios útiles y significativos en el planteamiento de una propuesta, donde es predominante notar su valor que propone al hallar una solución de postura idónea la cual determine que la persona pueda sentarse, generando así un confort a la hora de realizar actividades de forma laboral. Sin duda existen varios aspectos para estudiar sin embargo estos nos limitan en cuanto al realizar una similitud del producto.

Otro aspecto que tiene concordancia con los tipos de exoesqueletos es de la empresa LAEVO, cuyo dispositivo refleja que está destinado para extremidades superiores, pero sin menospreciarlo se puede recalcar las partes donde se sujetan y como está compuesto el tipo de armazón de tal manera, se obtiene la particularidad la sujeción del exoesqueleto por la forma en la que están ubicadas las correas.

Para finalizar se puede mencionar a un dispositivo cuyas partes están fabricadas por hierro y su arnés se mantiene de forma que se estabiliza para tener la facilidad de optar por sentarse, es así que una empresa de automóviles proporciono la idea y se ha elaborado algunos ejemplares del dispositivo Hyundai chair, su sistema

simula a una raña cuyas patas se asemejan dando cabida a que a un exoesqueleto funcional, su mecanismo (H) de funcionamiento para el usuario, se fija mediante correas a las partes del cuerpo como es la cintura, muslos y rodilla, según su diseño se detalla un dispositivo básico pero que cumple con funciones de apoyo a las personas.

Selección de la propuesta de bocetos

Se considera los detalles de la propuesta donde se priorizará los factores determinantes e influyentes para elegir el exoesqueleto adecuado que brinde todas las comodidades y necesidades de las personas, favoreciendo el uso exclusivo para la bipedestación.

En la siguiente tabla se detalla el factor y valoración para cada uno de las propuestas, donde determina el valor de 1 con valoración a bajo impacto, 2 a valoración a medio impacto y de 3 para la valoración de alto impacto, donde se promueva a insertar varias variables tales como: material, manufactura, resistencia, fuerza, mecanismos, ergonomía, mantenimiento, portables, seguridad, y además el precio, siendo estos indicativos para una valoración más exacta de las propuestas anteriores.

Tabla9. Valoración de Propuestas

FACTOR / PROPUESTA	MATERIAL	MANUFACTURA	RESISTENCIA	FUERZA	MECANICA	ERGONOMICO	MANTENIMIENTO	PORTABLE	SEGURIDAD	PRECIO	TOTAL
PROPUESTA 1	3	1	3	2	1	1	2	2	1	1	17
PROPUESTA 2	1	1	3	3	2	1	1	2	1	1	16
PROPUESTA 3	2	2	2	1	1	2	1	2	2	2	17
PROPUESTA 4	2	3	2	1	1	3	1	3	3	3	22

En base a los resultados obtenidos de la (ver tabla 4.10) se determina que el diseño a analizar y pulir en los próximos capítulos es de la propuesta 4 figura 3.24, de manera se obtener un alto índice de propiedades y beneficios hacia el objetivo planteado.

Concepto de la Geometría.

- **Modelado del Prototipo**

Se logra obtener una volumetría del dispositivo a través de un modelado 3d donde se puede visualizar la forma un poco más estilizada, la materialidad que será fabricado y algunos aspectos de detalle, tomando en cuenta que es una imagen digitalizada que puede estar sujeta a cambios de formas y aspectos estéticos.



Figura 24. Modelado del Prototipo – Vista I



Figura 25. Modelado del Prototipo – Vista II



Figura 26. Modelado de Prototipo - despiece

- **Prototipo**

Se establece que el exoesqueleto es presentado con materiales de pino y MDF debido a su alta resistencia, flexibilidad de mecanizado y disposición del material con coste bajo en el mercado el cual se considera una madera semi ligera y tiene un mecanismo básico de posición. El dispositivo tiene una geometría fija en los cauchos debido a que se va a mantener rígido sobre la superficie y la fuerza aplicable es una fuerza distributiva de 880N (90 kg) sobre la base donde va a soportar todo el apoyo del usuario.

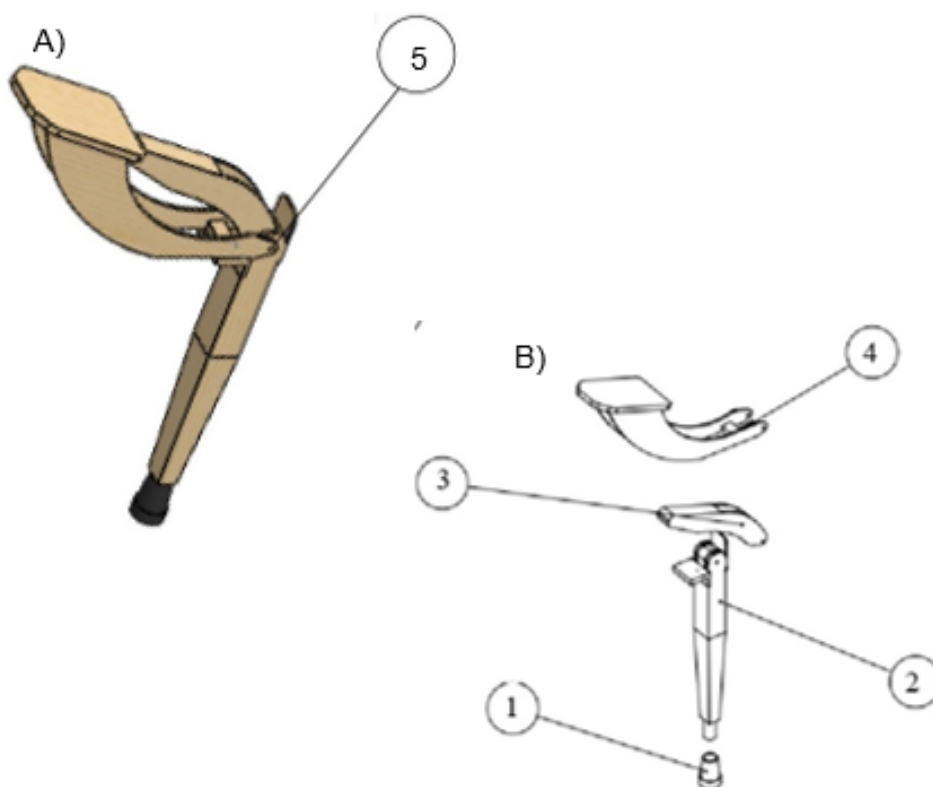


Figura 27. a) Prototipo terminado. b) Ensamblaje del prototipo.

Tabla10. Nomenclatura de los componentes del prototipo

N°	Nomenclatura
1	CAUCHO
2	BRAZO DE APOYO
3	BRAZO AUXILIAR
4	BRASO BASE
5	ARTICULACIÓN MECÁNICA

Nota: Materiales propuesto en uso.

- **Propiedades de estudio**

Mediante el programa computacional se despliega las propiedades de estudio, siendo estas las variables donde el programa define los escenarios basándose en todas las combinaciones posibles de las variables definidas, a continuación, se presenta algunas variables expuestas.

Tabla11. Propiedades de estudio

NOMBRE DE ESTUDIO	ANÁLISIS ESTÉTICO 1
TIPO DE ANÁLISIS	ANÁLISIS ESTÉTICO 1
TIPO DE MALLA	MALLA MIXTA
EFECTO TÉRMICO	ACTIVAR
OPCIÓN TÉRMICA	INCLUIRCARGAS TÉRMICAS
TEMPERATURA A TENSIÓN CERO	298KELVIN
INCLUIR EFECTOS DE PRESIÓN	DESACTIVAR
MUELLE BLANDO	DESACTIVAR
DESAHOGO INERCIAL	DESACTIVAR
OPCIONES DE UNIÓN RÍGIDA	AUTOMÁTICO
GRAN DESPLAZAMIENTO	ACTIVAR
CALCULAR FUERZAS DE CUERPO LIBRE	ACTIVAR
FRICCIÓN	DESACTIVAR

- **Peso del exoesqueleto (Estimado)**

Se realizó una valoración de peso estimado de cada una de las partes del exoesqueleto introduciendo datos y características como la masa, la densidad y el volumen, según la geometría del modelo y las propiedades del material, a continuación, se detalla cada una de las piezas dando como resultado el peso total del exoesqueleto.

Tabla12. Distribución de peso estimado

Elemento	Nº de Piezas	Material	Peso por cada Pieza (kg)	Peso Estimado (kg)
Brazo Base	2	MDF 9mm	0,20kg	0,40kg
Brazo Auxiliar	2	MDF 9mm	0,15kg	0,30kg
Brazo de Apoyo	2	MADERA DE PINO	0,30kg	0,60kg
Regaton de Goma	2	CAUCHO	0,05kg	0,10kg
			TOTAL	1,4kg

4.1.2 Análisis estructural

- **Diagnóstico de la zona activa**

La herramienta de diagnóstico de la zona activa de tensión es la revela las zonas donde los gradientes de tensión entre elementos adyacentes son irregulares. En ciertos casos, estos gradientes de tensión alta irregulares se pueden atribuir a las singularidades de tensión. La funcionalidad Zona activa de tensión solo está disponible con estudios estáticos lineales que utilizan elementos de malla sólida y de vaciado.

Mediante los cálculos realizados en mecanismo da como resultante una zona activa que funciona correctamente, debido a que su esfuerzo constante es mayor al esfuerzo sometido, donde se establece una malla estándar de 13,8 mm donde se incorpora al dispositivo para poder tener un resultado de esfuerzo máximo y este a su vez produce el diagnóstico de la zona activa.

En la siguiente (ver figura 4.5) se observa donde está las zonas activas y la malla que se ejecutó en el dispositivo exoesqueleto.

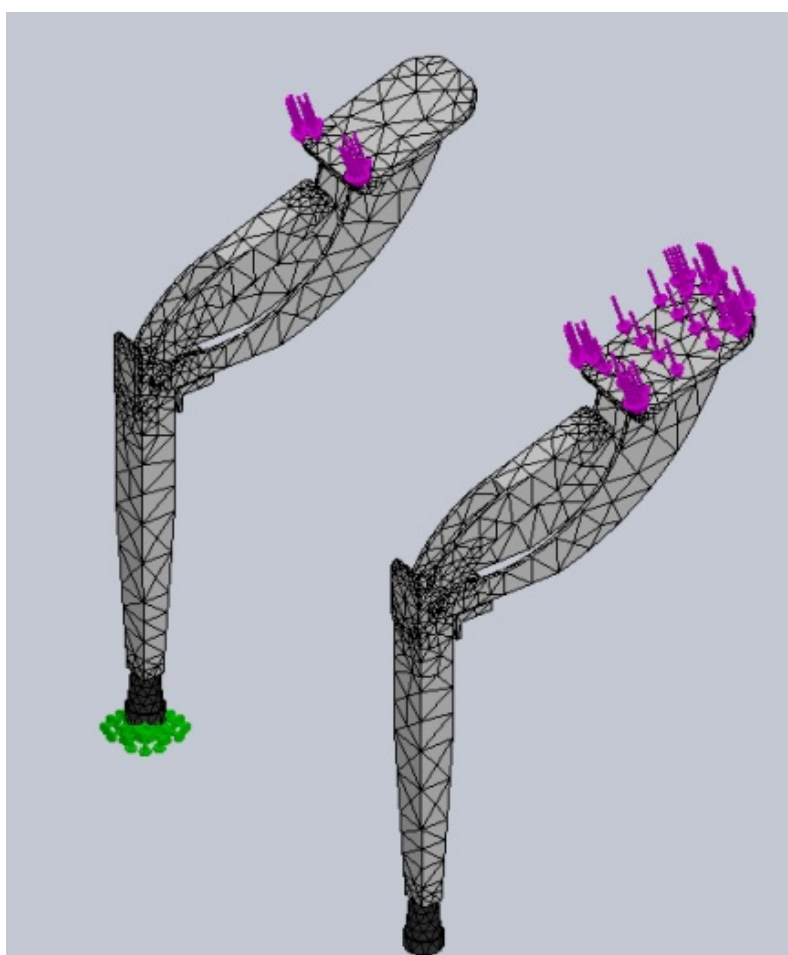


Figura 28. Malla y zonas activas

En este apartado se menciona que las fuerzas pueden ser aplicables a momentos o torsiones distribuidos de manera uniforme en caras, aristas, puntos de referencia,

vértices y vigas en cualquier dirección, para su uso en estudios estructurales. De esta forma en este software se detalla una condición de fuerzas distributivas en todo el exoesqueleto siendo esta fuerza aplicada a 880N (90 kg), para la simulación de producto, como se puede visualizar (ver figura 4.6) en la parte de los regatones de goma tiene una geometría fija donde determina un anclaje en la superficie.

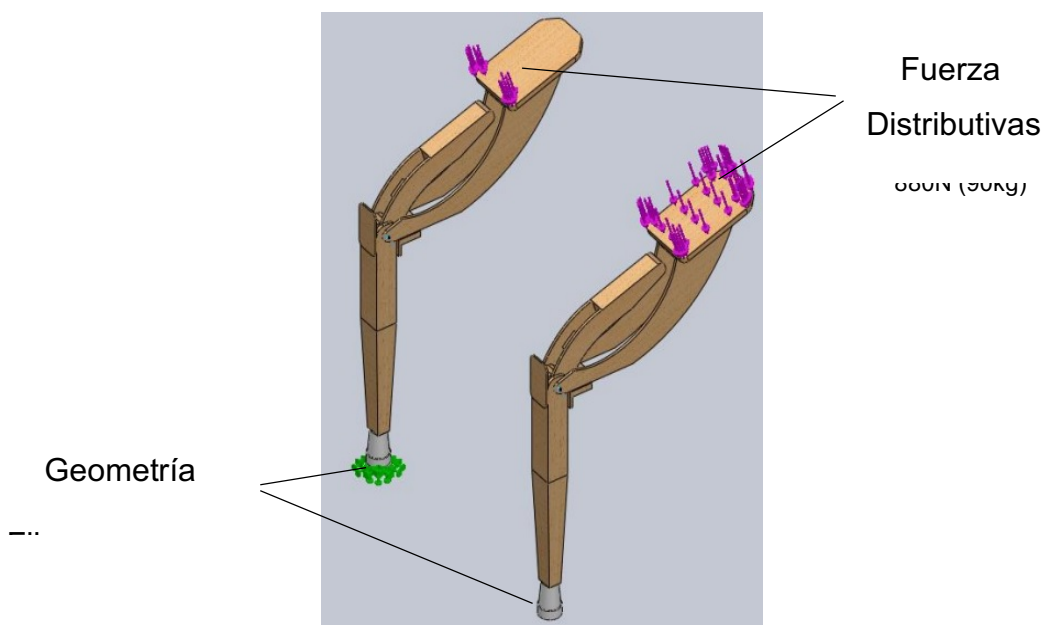


Figura 29. Fuerzas distributivas

Al obtener resultados satisfactorios que nos arroja el software se determina que la geometría fija como también las fuerzas distributivas para el exoesqueleto a través de cargas y sujeciones, son idóneas de tolerar sin deformarse el dispositivo y se toma en consideración positivamente para el diseño final.

El esfuerzo como concepto equivalente o efectivo denominado Von Mises actúa con una tensión multiaxial, se promovería de la energía de distorsión con la combinación de esfuerzos reales aplicados, en otras palabras, este esfuerzo permite sustituir esfuerzos combinados multiaxiales de tensión y cortantes por un único esfuerzo de tensión pura (Zamora, 2015).

La muestra que presenta el esfuerzo (ver figura 4.7) equivalente de Von Mises que se emplea en el refinamiento de malla y factor de seguridad estático, donde el dispositivo exoesqueleto tiene un desplazamiento máximo de 2,8 mm estando dentro de los parámetros normales para poder funcionar correctamente. Además, su esfuerzo máximo es de 156 Mpa el cual está de igual forma dentro del rango del esfuerzo del material.

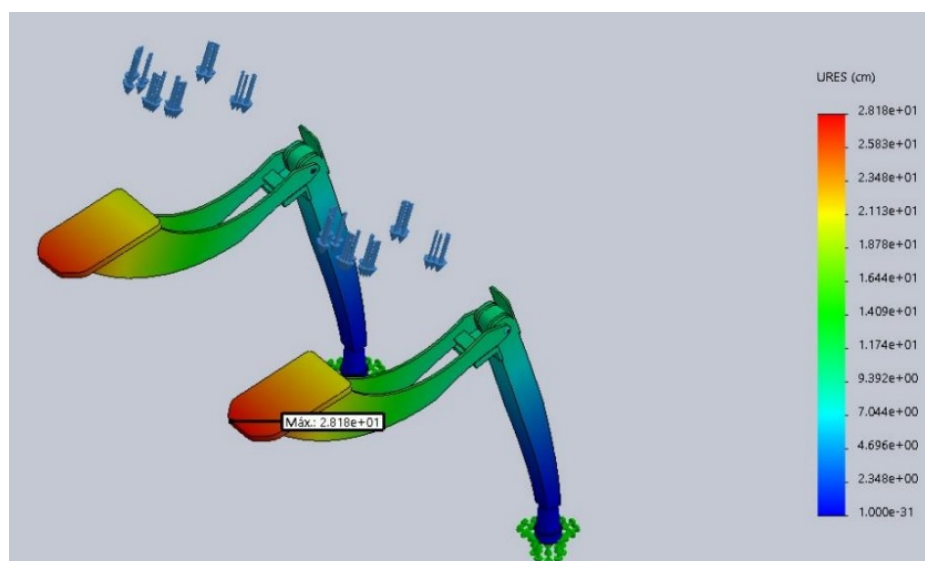


Figura 30. Factor de seguridad

La madera que se utilizó tiene como nombre común: tarqui, granizo o pino. Dicha madera tiene como propiedad de resistencia a ruptura de $462,81 \text{ kg/cm}^2$, siendo mayor a los esfuerzos previstos en la simulación.

4.2 Proceso de Fabricación

Se explica en esta parte el proceso por el cual se realizó la fabricación del prototipo del exoesqueleto, dando a conocer las distintas herramientas y los procedimientos en fase de proceso.

4.2.1 Fabricación del prototipo

La propuesta del prototipo exoesqueleto comprende a extremidades inferiores, con funciones para el descanso y está comprendido por elementos rígidos y un mecanismo de rotación. El diseño está compuesto por un concepto llevado desde los lineamientos naturales como el cangrejo, partiendo de esta, con una figura simplificada que denota la en toda su composición de dispositivo, llevando a un diseño innovador que aporte a usuario en sus necesidades.



Figura 31. Prototipo



Figura 32. Prototipo

4.2.2 Dimensiones Generales del exoesqueleto

En esta parte se detalla a breves rasgos las dimensiones generales del exoesqueleto, prescribiendo como se presentará en cuanto al dimensionamiento (ver figura 4.10) que este dispositivo tiene, las demás dimensiones y los detalles se presentará en el apartado de anexos.

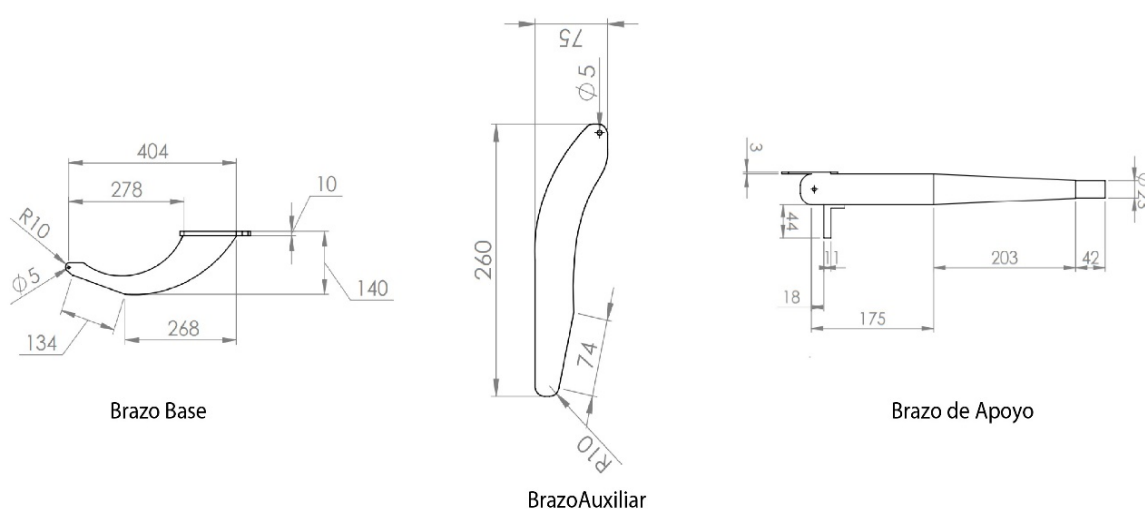


Figura 33. Dimensión general.

4.2.3 Etapa Analítica

En este apartado se redacta todo aquel dispuesto a la fase de inicio en el proceso de fabricación del prototipo, siendo parte fundamental la recolección de materia prima, donde el objetivo principal para el desarrollo del dispositivo se centra en tener materiales de bajo costo pero de alta durabilidad de tal manera que se obtenga un producto que garantice el funcionamiento óptimo del mismo, es así que se considera la madera de pino como material resistente y liviano, cuyo material se obtiene de la zona, de igual forma se establece partes de las piezas tengan MDF

9mm, tornillos de presión, amarras de mochila regatones de goma, tuercas tee, esponjas tapizados son los materiales son idóneas para la construcción del prototipo.

4.2.4 Producción

Se denomina como la segunda etapa para la elaboración del producto, donde se emplea todas las materias primas obtenidas para determinar los estándares de calidad y los procesos constructivos que tendrá en el dispositivo conjuntamente con herramientas que lleven a los procesos de ejecución de acuerdo a los parámetros de medida dispuestos, las herramientas utilizadas colectivamente con la materia prima son herramientas industriales que se hallan dentro del espacio de un carpintero para así facilitar la producción del dispositivo.



Figura 34. Dispositivo Exoesqueleto



Figura 35. Dispositivo Exoesqueleto (vista Isometrica)



Figura 36. Dispositivo Exoesqueleto (Vista atrás isométrico)



Figura 37. Dispositivo Exoesqueleto (vista Lateralizquierda)

4.2.5 Costo

Una vez que finaliza con los parámetros de cómputo se dispone un presupuesto de costo de fabricación, donde se toman en consideración el valor de cada material y su traslado dando, así como resultado la siguiente tabla

Tabla13. Costos

Ca nt.	Descripción	Valor		Costo	
		Unitario (USD)	Can t.		
2	Regaton de Goma	1,50	2,0 0	Pza .	3,00
2	Listones de 4cm de pino (50cm largo)	1,50	2,0 0	Pza .	3,00
2	Tornillos de ¼ cabeza hexagonal	0,15	2,0 0	Pza .	0,30
2	Pieza de angulo de 1x1/18 de 4cm	2	2,0 0	Pza .	4,00
6	Tornillos Negros	0,02	6,0 0	pza .	0,12
4	Tuercas tee	0,25	4,0 0	pza	1,00
4	Broches de plástico giratorios	0,65	4,00	Pza.	2,60
2	Correa de mochila	1,10	2,00	Mtr	2,20
1	Espanja de 20cmx 20cm	0,55	1,0 0	Mtr.	1,10
1	MDF9mm 50cmx30	1,00	1,0 0	Pza .	1,00
1	Triplex de 12mm de 15cmx 30cm	1,85	1,0 0	Pza	1,85
1	Belcro	2,50	1,0 0	Pza .	2,50
½	Litro de pintura Negra sintetica	2,00	1,0	Ltr	2,00

			0		
1	Cinturon	22,00	1	Pza	22,00
				.	
4	Broches de plásticos fijos	0,75	4,0 0	Pza	3,00
				.	
1/2	Sellador catalizado	2,00	1,0 0	Ltr	2,00
1	Lija 120	0,75	1,0 0	Pza	0,75
				.	
½	Elastico textil	1,00	1,0 0	Pza	1,00
				.	
1	Corrosil negro	2,00	1,0 0	mtr.	2,00
			Tot	US	53,42
			al	D	

4.2.6 Validación

Con los resultados finales obtenidos en el transcurso de la investigación, con el desarrollo del prototipo a escala real, se verifica el rol fundamental del diseño a la hora de ser presentado a profesionales en diferentes ámbitos, como es el caso de personas que dedican horas de trabajo en cocinas, mismos que otorgaron su punto de vista del dispositivo, considerando como una excelente opción para jornadas largas de trabajo en la cuales se dedican a la preparación de alimentos, a su vez pudieron dar a conocer varios factores como el espacio físico, el cual no es suficiente para desempeñar sus actividades. Una de las grandes ventajas del uso del exoesqueleto en el área de restauración es la disminución de problemas lumbares y promueve una correcta postura.

Así también dieron a conocer algunos profesionales torneros, donde mostraron gran interés para el uso del dispositivo al momento en el que fabrican piezas, siendo su herramienta de trabajo un torno mecánico, donde detallaron específicamente que, después de un largo tiempo de estar una posición estática hace que los músculos del cuerpo estén en tensión constante, generando dolencias y molestias en lugares como tronco, zona lumbar y extremidades inferiores; otro de los factores que se evidencio que la altura de sus maquinarias es reducida y no se encuentra acorde a las medidas antropométricas del profesional causando posturas forzadas. Al colocarse el dispositivo se percibió que el profesional se muestra cómodo y ratificó que es un dispositivo práctico, le ayuda a mantenerse pie-sentado, logrando así que su trabajo no necesite de una silla o un taburete, menciono que estos dos objetos anteriores son innecesarios y dificulta el desplazarse en un reducido espacio de trabajo. Se determina que su postura pie-sentado le permite alternar posiciones que no ejerzan presión en sus extremidades.

4.2.1 Etapa final

Dentro de esta última etapa se presenta de manera más acorde a los lineamientos y requerimientos previstos del usuario, en primera instancia se desarrolló la marca del dispositivo donde enfatizo el concepto y la idea permitiendo que el producto tenga un impacto deseado, mismos que se han planteado dentro de los objetivos en el ámbito de los exoesqueletos, mediante un diseño moderno se envuelve las características de los materiales y se simplifica por medio de un color neutro la distinción de dispositivo.

Se valoriza la funcionalidad y se propone un exoesqueleto de calidad con materiales que se encuentran en el Ecuador, siendo este un preámbulo para obtener un dispositivo de bajo costo y de alta durabilidad, que mejore la calidad y el desempeño de personas en su campo laboral.

CONCLUSIONES

El material del estado del arte y los términos conceptuales permiten al lector tener una visión clara sobre la redacción de la presente investigación y sus objetos de estudios.

El desarrollo de esta investigación en cuanto a los requerimientos del diseño represento un desafío grande debido a la falta de un grupo de apoyo en diversas áreas de la ingeniería como así también en medicina que aporten conceptos base, sin embargo, el autor se vio en la obligación de investigar terminologías de biomecánica, patologías relacionadas con problemas en extremidades inferiores, también la anatomía y fisiología para poder indagar y resolver la problemática presentada. A través de todo lo expuesto se logró diseñar un exoesqueleto de partes inferiores dando como resultado satisfactoriamente un producto de calidad y de bajo costo siendo este último uno de los factores determinantes para la elaboración del dispositivo.

El aporte de este trabajo significa dejar una de investigación que sirva de conocimientos o referente a futuros estudiantes de licenciatura o maestría que consideren factible esta información al momento de analizar y estudiar exoesqueletos.

Se puede concluir de manera general que se cumplió con los objetivos trazados.

RECOMENDACIONES

Reconocer los términos que se describen para tener una visión amplia y clara sobre lo que trata el documento de esta manera poder comprender los objetivos de la investigación y como estos se interrelacionan.

Plantear dentro de las empresas un modelo de desarrollo que permita incluir dispositivos con aspectos robóticos para la mejora de procesos y garantizar la salud de los operarios lo cual es imprescindible en la actualidad y en las generaciones futuras.

Para futuras operaciones se recomienda una mejoría de materiales.

Se debe tomar en cuenta las superficies con un grado de porosidad o superficies antideslizantes, mejoraría estabilidad y eficacia del dispositivo.

Se sugiere adaptar y regular la medida de la persona antes de ser utilizado el dispositivo.

Por su seguridad ajustar arnés y correas para una mejor comodidad a la hora de utilizar el dispositivo.

BIBLIOGRAFIA

Bibliografía

Fern, N. O. (2014). *Generalidades de los Parásitos*.
http://cvonline.uaeh.edu.mx/Cursos/Bach_Virt/CE101/Materiales_Unidad_1/A ct.1.7_Lectura_Generalidades_de_los_Parasitos.pdf

Zacatenco, U., Yu Liu Sergio Salzar Cruz México, W., & de México, C. (2016). Centro De Investigaci´Oninvestigaci´ Investigaci´on Y De Estudios Avanzados Del Instituto Politécnico polit´Politécnico Nacional. *Centro De Investigacion Y De Estudios Avanzados Del Instituto Politecnico Nacional*.

Angulo Carrere, M. T., & Álvarez Méndez, A. (2009). Biomecánica de la extremidad inferior. *Reduca*, 1(3), 12–25.

Dali, N. (2013). Las articulaciones. Pagina Web, 1.
http://www.edvillajunco.es/doc/2_Articulaciones.pdf

Dora, P. A., César, M., José, C., Rogelio, P., & Gibran, E. (2018). “Análisis cinemático y simulación de una silla/exoesqueleto.”

Duani, L., Lengua, I., Peris, G., & Defes, B. (2019). Diseño de un exoesqueleto de extremidades inferiores. *Dyna Ingenieria E Industria*, 94(1), 297–303.
<https://riunet.upv.es/handle/10251/123255>

Gorrotxategi, A. (2020). El movimiento humano: bases anatomo-fisiológicas. 222.

Guajardo, M. (n.d.). La Antropometría.

República del Ecuador. (2008). Derechos del buen vivir. Constitución Del Ecuador, 132.

Vargas Farias, C. J., & Velasquez Figueroa, V. P. (2013). ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción. 13. <https://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/19134>

Vázquez, S. C. (2002). Analisis de la marcha humana con plataformas dinamometricas. influencia del transporte de carga. (U. C. de Madrid (ed.); Vol. 40, Issue 4).

Vega Gana, E., & Alvarez Ruf, J. (2016). Análisis Guía Teórico Práctica de Análisis Biomecánico del Movimiento.

Winter, D. A. (2009). Biomechanics and Motor Control of Human Movement: Fourth Edition. In Biomechanics and Motor Control of Human Movement: Fourth Edition. <https://doi.org/10.1002/9780470549148>

Zacatenco, U., Yu Liu Sergio Salzar Cruz México, W., & de México, C. (2016). Centro De Investigaci´Oninvestigaci´ Investigaci´on Y De Estudios Avanzados Del Instituto PolitécnicoPolitécnico Nacional. Centro De Investigacion Y De Estudios Avanzados Del Instituto Politecnico Nacional.

LG. (27 de 11 de 2018). *Ig*. Obtenido de <https://www.lg.com/es/acerca-de-lg/comunicados-de-prensa/cloi-suitbot>

Barrera, D. V. (julio de 2013). Obtenido de <https://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/2631/1/107724.pdf>

Byrne, N. (5 de Diciembre de 2018). *placetech.net*. Obtenido de <https://placetech.net/es/analysis/whats-next-for-construction-tech/>

Calderón, F. (20 de FEBRERO de 2019). *portalamlar*. Obtenido de <https://www.portalamlar.org/2019/02/20/sistema-de-biofeedback-para-rehabilitacion-de-marcha-asistida-por-un-exoesqueleto/exoesqueleto/>

Castellano, E. d. (13 de Octubre de 2021). Obtenido de <http://etimologias.dechile.net/?biomeca.nica>

Concepto.de. (5 de agosto de 2021). (E. Etecé, Editor) Obtenido de <https://concepto.de/disenos/>

cyberdyne. (15 de mayo de 2019). *cyberdyne*. Obtenido de <https://www.cyberdyne.jp/english/company/index.html>

Echeverria, M. (01 de febrero de 2016). Obtenido de <https://www.xataka.com.co/medicina-y-salud/archelis-es-una-revolucionaria-silla-que-puedes-llevar-puesta>

Ecured. (25 de Enero de 2015). *Ecured la Habana*. Obtenido de https://www.ecured.cu/Articulaci%C3%B3n_mec%C3%A1nica

El Comercio. (1 de Agosto de 2021). *el comercio* . Obtenido de Tendencias y tecnología :

<https://www.elcomercio.com/tendencias/tecnologia/exoesqueleto-ecuador-universidad-ciencia-tecnologia.html>

El Universal . (2018 de Agosto de 2018). Los uniformes del futuro, exoesqueletos.

Los uniformes del futuro, exoesqueletos.

Fisiactiva. (24 de Abril de 2017). Obtenido de <https://fisiactiva.com/biomecanica/>

Fuentes, V. (1 de abril de 2020). *Motorpasion* . Obtenido de

<https://www.motorpasion.com/hyundai/nuevo-exoesqueleto-hyundai-dara-fuerza-a-operarios-futuro-pesa-2-8-kg-no-usa-baterias>

Gobiernoelectronico. (3 de Agosto de 2017). *gobiernoelectronico.gob.ec*. Obtenido

de <https://www.gobiernoelectronico.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/09/Plan-Nacional-para-el-Buen-Vivir-2017-2021.pdf>

González, E. (23 de julio de 2021). *esdesignbarcelona*. Obtenido de

<https://www.esdesignbarcelona.com/actualidad/disenio-producto/aspectos-basicos-tener-en-cuenta-en-el-disenio-de-producto>

Gutman, P. (11 de Noviembre de 2016). *efesalud* . Obtenido de

<https://www.efesalud.com/exoesqueleto-para-ninos/>

Hernández, B. (4 de diciembre de 2020). Obtenido de

<https://todoenmarketing.com/c-marketing-digital/tipos-de-disenio/>

INEC. (2021). Obtenido de https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/EMPLEO/2021/Agosto-2021/202108_Boletin_empleo.pdf

Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social. (20 de junio de 2020). *Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social*. Obtenido de https://www.iess.gob.ec/es/noticias?p_p_id=101_INSTANCE_4DHq&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-1&p_p_col_pos=1&p_p_col_count=2&_101_INSTANCE_4DHq_delta=6&_101_INSTANCE_4DHq_keywords=&_101_INSTANCE_4DHq_advancedSearch=false&_

Jimenez, J. (2019 de octubre de 2019). *xataka*. Obtenido de <https://www.xataka.com/medicina-y-salud/exoesqueleto-robotico-controlado-mente-permite-moverse-a-joven-frances-cuatro-anos>

Kapandji. (2012). Obtenido de <https://www.medicapanamericana.com/mx/libro/fisiologia-articular-tomo-1>

LAEVO. (Sf). *.laevo-exoskeletons*. Obtenido de <https://www.laevo-exoskeletons.com/en/laevo-v2>

MARROQUIN, C. (4 de septiembre de 2018). Obtenido de <https://republica.gt/2018/09/04/lex-silla-portable/>

Noonee. (2021). Obtenido de <https://www.noonee.com>

Quirónprevención. (22 de Mayo de 2018). Obtenido de <https://www.quironprevencion.com/blogs/es/prevenidos/trabajar-pie-riesgos-consejos-medidas-preventivas>

Quirónprevención. (22 de Mayo de 2018). *Quiron*. Obtenido de <https://www.quironprevencion.com/blogs/es/prevenidos/trabajar-pie-riesgos-consejos-medidas-preventivas>

Rehabilitacion-bio. (2 de Diciembre de 2010). Obtenido de <http://articulos.sld.cu/rehabilitacion-bio/category/postural/>

Rewalk. (12 de enero de 2021). *rewalk*. Obtenido de <https://rewalk.com/rewalk-personal-3/>

Rodriguez, A. (19 de sept de 2015). Obtenido de <http://fisioterapia.blogspot.com/2015/09/todo-sobre-el-centro-de-gravedad-en-el.html>

Rosalío Ávila Chaurand, L. R. (2007). *Dimensiones antropométricas de la población*. Obtenido de <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/14486/2018sergioboh%C3%B3rquez4.pdf?sequence=6&isAllowed=y>

Ruiz, A. (28 de Mayo de 2018). Obtenido de <https://www.esdesignbarcelona.com/actualidad/disenio/cuantos-tipos-de-disenio-existen-actualmente>

Ruiz, A. (28 de Mayo de 2018). *esdesignbarcelona*. Obtenido de <https://www.esdesignbarcelona.com/actualidad/diseno/cuantos-tipos-de-diseno-existen-actualmente>

sfmnews.com. (15 de abril de 2019). *sfmnews*. Obtenido de <http://www.sfmnews.com/2018/11/hyundai-ha-desarrollado-un-exoesqueleto.html?m=0>

Solidworks. (2018). Obtenido de http://help.solidworks.com/2018/spanish/SolidWorks/Cworks/c_Properties_Design_Scenario.htm

Strohbach, O. (2015). *hyunday*. Obtenido de https://press.kia.com/eu/en/home/corporate/awards/2020/Hyundai_Motor_Groups_Wins_Red_Dot_Design_Award_for_Innovative_Product.html

WEIMAR, T. (26 de ENERO de 2017). Obtenido de <https://lopezdoriga.com/vida-y-estilo/donde-esta-el-centro-de-gravedad-del-cuerpo-core/>

Zamora, E. U. (25 de junio de 2015). Obtenido de <https://es.linkedin.com/pulse/esfuerzo-equivalente-de-von-mises-david-hern%C3%A1ez-moret%C3%B3n>

Anexos

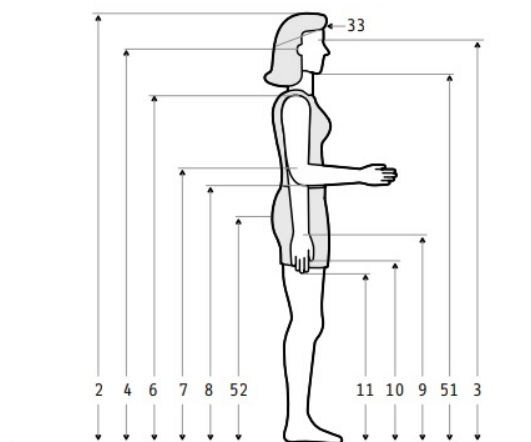


Figura 38. Medidas antropométricas (Rosalío Ávila Chaurand, 2007)

Dimensiones	18 - 65 años (n=204)				
	\bar{x}	D.E.	Percentiles		
			5	50	95
1 Peso (Kg)	64.0	12.45	48.0	60.5	88.0
2 Estatura	1567	52.92	1471	1570	1658
3 Altura de ojos	1449	52.42	1351	1450	1540
4 Altura oído	1434	52.50	1333	1433	1517
6 Altura hombro	1291	49.17	1209	1290	1380
7 Altura codo	1004	38.89	941	1004	1080
8 Altura codo flexionado	969	39.52	906	969	1044
9 Altura muñeca	778	33.77	727	776	840
10 Altura nudillo	708	32.01	663	704	769
11 Altura dedo medio	612	31.55	565	611	663
33 Diámetro a-p cabeza	186	7.22	175	187	199
51 Altura mentón	1339	51.15	1248	1340	1424
52 Altura trocánter may.	826	41.30	759	826	896

Figura 39. Medidas antropométricas Elaborado por: Francisco Aguilar L. Fuente: (Rosalío Ávila Chaurand, 2007)




No.	Medidas Antropométricas de Hombres Mestizos	5°	50°	95°
1	Altura Normal	162.25	172.39	182.52
2	Altura posición sentado normal	84.72	89.91	94.90
3	Altura posición sentado relajado	83.12	88.09	93.07
4	Altura de la rodilla	47.43	52.39	57.35
5	Altura a la poplítea	36.45	41.45	46.45
6	Altura del codo en posición sentado	18.36	23.22	28.09
7	Grosor del muslo	9.95	13.20	16.44
8	Longitud Glúteo - Rodilla	51.19	57.11	63.02
9	Longitud Glúteo – Poplítea	40.01	46.36	52.71
10	Longitud Codo a Codo posición sentado	38.02	44.70	51.38
11	Ancho de caderas posición sentado	31.50	35.62	39.75
12	Longitud Hombro – Codo	33.53	36.32	39.12
13	Longitud Codo - Mano	42.15	46.08	50.00

Figura 40. Tablas de medidas antropométricas Hombres mestizos del Ecuador (Barrera, 2013)

Tendencias / **TECNOLOGÍA**

31 de agosto de 2021 12:54

Exoesqueleto realizado en el Ecuador


El exoesqueleto fue construido con aluminio y sus piezas están armadas en forma de lego, lo que permite que sea usado fácilmente a todo tipo de cuerpos, ya sea niños o adultos. Cortesía: UPS

Luzetta Abril - Redactora (0)

El acceso a un exoesqueleto podría cambiar la calidad de vida de muchas personas con discapacidad. Sin embargo, acceder a uno podría costar miles de dólares en el extranjero. Su función es dar a las personas el soporte que en condiciones normales proporcionan las piernas biológicas.

En el país, integrantes del Grupo de Investigación en Simulación, Optimización y Toma de Decisiones (GID-STD) de la Universidad Politécnica Salesiana, sede Cuenca, elaboraron uno que busca cumplir el deseo de cientos de personas de volver a caminar.

El grupo, liderado por los ingenieros Marco Amaya y Luis Calle, docentes de las carreras de Ingeniería Mecánica e Ingeniería Electrónica, respectivamente, diseñaron un exoesqueleto que sería accesible para la población promedio, con un costo de al menos 90% menos de lo que este robot podría costar fuera del país.

Calle comenta que una de las principales motivaciones fue ayudar a que las personas con paraplejía o discapacidad en las extremidades inferiores no solo utilicen sillas de ruedas, sino que puedan caminar y estimular sus músculos a través de la caminata, ayudadas por el artefacto.

Este exoesqueleto tiene características bioinspiradas, es decir, lo más apegadas a la forma ósea del cuerpo humano. De esta manera se garantizaría su correcto funcionamiento en las personas con discapacidad en las piernas.

La construcción del exoesqueleto, cuenta Amaya, se inició hace dos años con el diseño de las piezas y su estructura. Una de las características principales de este robot es que, por el tipo de piezas removibles y en forma de 'lego', puede ser usado tanto en niños como en adultos.

Según los expertos, para la construcción del exoesqueleto se utilizó tecnología de última generación en laboratorios especializados que cuentan con máquinas de control numérico computarizado, que ayudaron a dar las formas exactas del cuerpo e impresoras 3D. La construcción se hizo también con el apoyo de los estudiantes de los últimos niveles de ingeniería.

La máquina, que recientemente obtuvo una patente en el país, está hecha de aluminio y cuenta con un sistema modular que le permite ajustar la altura para cada paciente y ayuda a una adecuada alineación entre las articulaciones. También posee actuadores con capacidades similares, en términos de torque, a la que puede realizar el músculo humano.

Según Calle, el exoesqueleto está enfocado también para el ámbito de la rehabilitación, ya que se puede usar en los pacientes con un ciclo de la marcha predeterminado para estimular sus extremidades inferiores. De ese modo, el terapeuta físico, a través de telemetría, puede conocer datos de velocidades, aceleraciones, posiciones angulares torques y consumo energético en cada articulación movida.

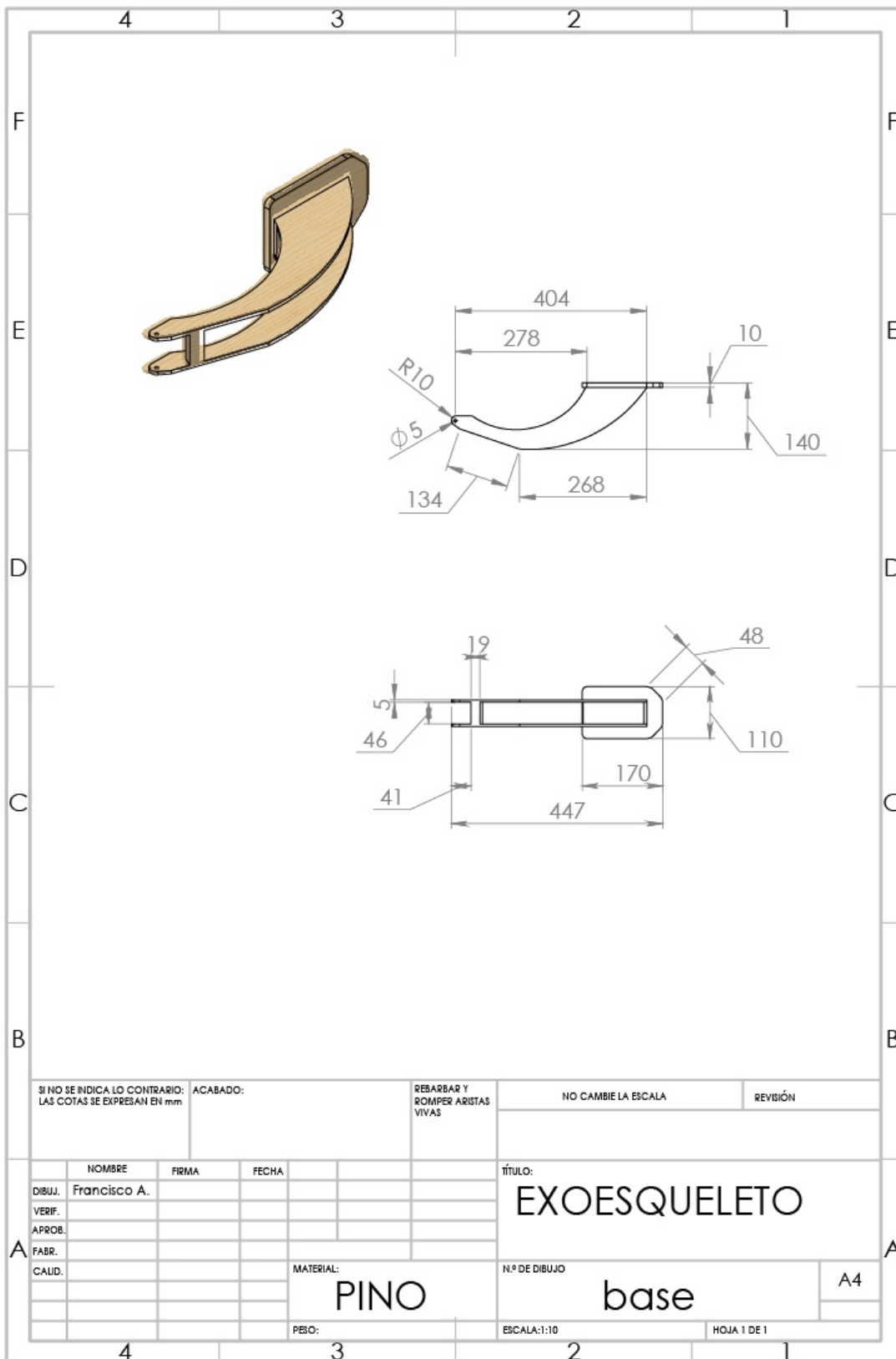
Los expertos explican que el robot integra la parte mecánica y electrónica desde el inicio para un mejor resultado final. La máquina, dice Calle, está diseñada en función de la realidad social y económica del país y podría ser utilizada tanto a nivel personal como en los hospitales o en los centros de rehabilitación física.

El exoesqueleto se utiliza de forma paralela a la persona y ayuda a simular el ciclo de la marcha humana, lo que permite estimular y rehabilitar al paciente. Los motores inteligentes con los que cuenta ayudan a medir los datos de velocidad a la que se mueve la persona.

Están diseñados para funcionar al menos 24 horas con una sola carga. Actualmente, el exoesqueleto está en una fase de pruebas con pacientes para comprobar su funcionamiento real. Luego, ambos investigadores esperan hacer un proceso de transferencia tecnológica a través de la empresa privada para que se reproduzcan más modelos a escala nacional y a bajo costo de fabricación.

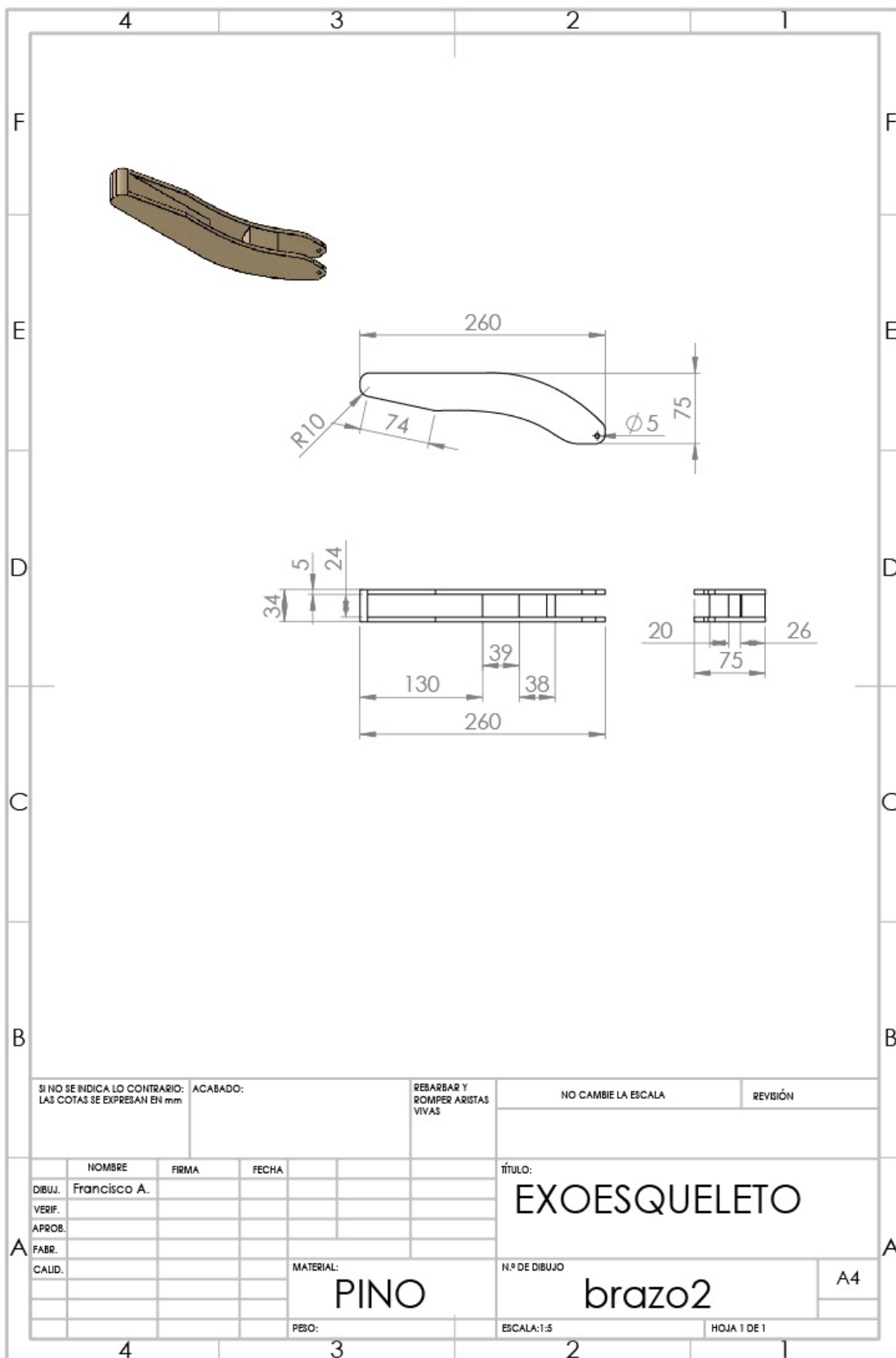
Figura 41. Noticia del comercio

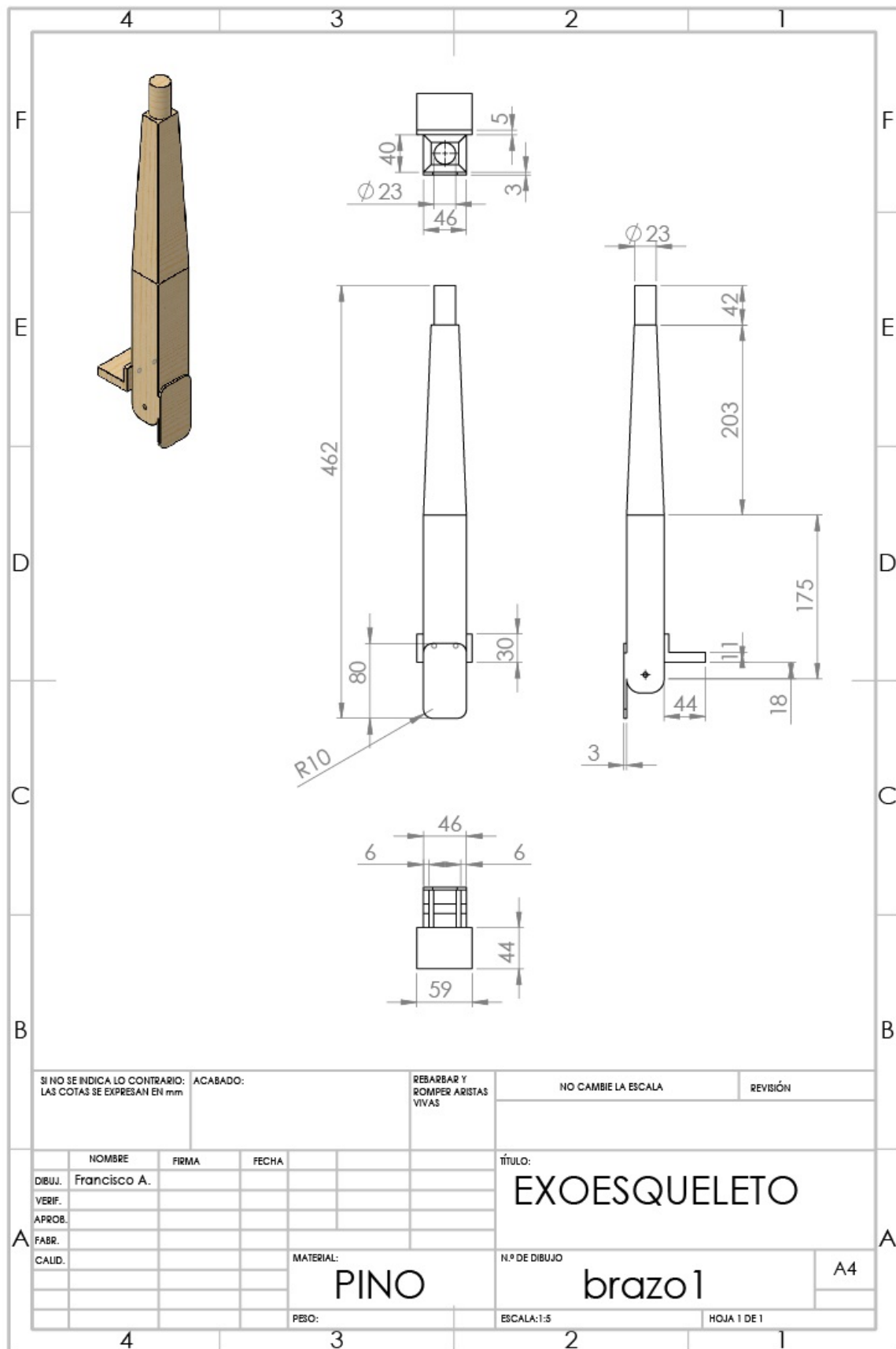
Planos constructivos



N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	OBSERVACIONES	CANTIDAD
1	caucho	DE FABRICA	1
2	brazo1		1
3	espaldar	DE FABRICA	1
4	base		1
5	brazo2		1

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN mm.		ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
NOMBRE	FIRMA	FECHA	TÍTULO:		
DIBUJ.	FRANCISCO A.		EXOESQUELETO		
VERIF.					
APROS.					
FABR.					
CAUID.			MATERIAL:	N.º DE DIBUJO	
			PINO	ENSAMBLAJE	A4
			PESO:	ESCALA:1:10	HOJA 1 DE 1





SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: ACABADO: REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS NO CAMBIE LA ESCALA REVISIÓN

LAS COTAS SE EXPRESAN EN mm

	NOMBRE	FIRMA	FECHA
DIBUJ.	Francisco A.		
VERIF.			
APROB.			
FABR.			
CAUID.			

TÍTULO:
EXOESQUELETO

N.º DE DIBUJO
brazo 1

ESCALA: 1:5

HOJA 1 DE 1

A4

MATERIAL:
PINO

PESO:

Resultados de las encuestas

P1. ¿CONSIDERA USTED IMPORTANTE TENER UN DESCANSO DENTRO DE SU HORARIO DE TRABAJO?

Análisis:

En su totalidad, los entrevistados consideran importante el descanso en horas de trabajo, considerando que la entrevista fue realizada a personas que desarrollan sus labores de manera autónoma y muchos de ellos salen a trabajar con sus propios medios no cuentan con espacios u horarios fijos para poder realizar una pausa y poder continuar con su labor. En el Ecuador la mayor parte de los comerciantes se han trasladado a las calles, sobre todo se puede observar que este último año a raíz de la pandemia del COVID-19 muchas familias se quedaron sin medios de trabajo que respalden sus derechos en su totalidad y al ser autónomos han tenido que enfrentar varias formas de salir a delante. En La Constitución de la República del Ecuador en el Art. 325 (República del Ecuador, 2008) menciona que el estado garantizará el derecho al trabajo en todas sus modalidades, ya sea de dependencia o autónomas. Es por eso que a pesar de los medios en los que se desarrolle un trabajo es imprescindible que el trabajador cuente con los medios necesarios para tener una forma de tomar un descanso, sin embargo, dentro de los

trabajadores que realizan su actividad de forma informal es muy difícil que se lleve a cabo este tipo de derechos, convirtiéndose las calles y aceras medios de apoyo para estas personas o en muchos de los casos ninguno, donde por obligación permanecen de pie por muchas horas.

P2. ¿SUFRE ALGUNA DOLENCIA EN SUS PARTES INFERIORES AL MANTENERSE LA MAYOR PARTE DE PIE?

Análisis:

En esta pregunta la mayor parte de las personas entrevistadas concuerdan en tener algún tipo de patología al cumplir con su horario laboral ya que se hace mención a estar de pie durante toda su jornada, la mayor parte de los problemas que se presentan son: dolor de pies, dolor de espalda, ardor en planta de los pies. Estos problemas se dan a raíz de varios factores, en primer lugar, como se menciona al inicio de este análisis es la posición en la que permanecen, en segundo lugar, tenemos que recalcar que muchos de estos comerciantes cargan mercancía, ya sea en su espalda o en sus hombros provocando dolencias que a largo plazo podrían traer complicaciones aún más graves.

P3. ¿CAMBIA USTED DE POSICIÓN CUANDO SE ENCUENTRA DE PIE POR LARGOS PERIODOS DE TIEMPO?

Análisis:

De acuerdo a las respuestas recopiladas en esta sección encontramos que todos los comerciantes cambian de posición cada cierto tiempo, por ejemplo, para el E1 (entrevistado numero 1) cambia de posición cada media hora, facilitando de esta manera continuar de forma progresiva su trabajo. Mientras que el E2 prefiere arrimar su cuerpo en su medio de trabajo que en este caso vendría a ser un coche, o a su vez prefiere sentarse en la acera. Para el Entrevistado E3 no puede realizar ningún cambio de posición durante sus 6 horas de trabajo, ya que su mercancía está prácticamente sobre su cuerpo y al tratarse de productos textiles corre el riesgo de que puedan ensuciarse. El cuerpo humano no puede mantener sobre si cargas excesivas de peso o actividades mecánicas que demanden fuerza durante largos periodos de tiempo, debido a que pueden comenzar a tener cambios dentro de su fisiología, dando paso a molestias que pueden llevar a desarrollar varios tipos de enfermedades, al ser un grupo de personas que realizan sus actividades de forma aislada debería ser optimo el poder contar con un artefacto que permita realizar cambios de postura para el descanso óptimo del cuerpo humano, con el fin de evitar molestias a mediano y largo plazo en la salud de los comerciantes, con el desarrollo de este proyecto lo que se propone es mejorar la calidad de vida, el mejoramiento

de procesos en condiciones óptimas de trabajo, precautelar la salud ocupacional de todas aquellas personas que no cuenten con el respaldo suficiente para laborar en condiciones recomendables que deben considerarse como un derecho básico de la sociedad.

P4. ¿CONOCE ALGUN DISPOSITIVO QUE LE AYUDE AL DESCANSO CUANDO ESTÁ TODO EL TIEMPO DE PIE?

Análisis:

En esta pregunta los encuestados en su totalidad no conocen de ningún dispositivo que pueda facilitar el descanso, lo único que conocen en común es la silla, si bien es cierto la silla es uno de los artefactos que se han creado en la humanidad con el fin de poder brindarle al cuerpo comodidad en ciertos tipos de actividades, entre ellos tenemos diferentes tipos de oficios, también como parte de ocio, o realizar actividades para satisfacer necesidades básicas de los seres humanos como es la alimentación. Es de suma importancia poder contar con un artefacto que pueda estar a la mano y sea de fácil transportación para todos estos tipos de comerciantes que muchas veces no cuentan con espacios suficientes para

poder trasladarlos, es por eso que se ha planteado dentro de este proyecto la elaboración de un prototipo de exoesqueleto que permite la bipedestación.

P5 ¿CONSIDERA USTED FACTIBLE EL COLOCARSE UN DISPOSITIVO PARA DESCANSO CUANDO ESTÁ TODO EL TIEMPO DE PIE?

Análisis:

Para los entrevistados como se mencionó en el análisis de la pregunta anterior no conocen de ningún tipo de dispositivo que les permita realizar descansos en lapsos cortos de tiempo, sin embargo, se concuerda en la totalidad de personas que sería muy bueno contar con una herramienta que les ayude en sus actividades laborales, por lo cual permite analizar y receptar muy buenas expectativas de aceptación en la idea y favoreciendo de esta forma a la viabilidad del proyecto en desarrollo.

P6. ¿CREE USTED QUE MEJORARÍA SU DESEMPEÑO LABORAL SI CONTARÍA CON UN DISPOSITIVO QUE LE PERMITA DESCANSAR?

Análisis:

En definitiva, el total de las personas entrevistadas concuerdan en que si contaran con un dispositivo para descansar en sus periodos de trabajo podrían mejorar su desempeño laboral, e inclusive poder alargar sus jornadas de trabajo durante el día, al ser un sector de trabajadores a los cuales no se brinda el total apoyo de autoridades, sobre todo municipales, por lo cual deben trasladarse de un punto a otro para así poder cumplir con sus metas de ventas diarias.

P7. ¿EN SU AREA DE TRABAJO CUENTA CON UN ESPACIO ADECUADO PARA TOMAR BREVES LAPSOS DE DESCANSO?**Análisis:**

Los entrevistados concluyen en un alto índice de porcentaje que no posee ningún tipo de soporte, aparato, o dispositivo que le permita realizar en un corto descanso en dichos espacios, sitios o lugares que se encuentran, de acuerdo a las distintas mercancías que son producto de venta al público transeúnte.

P8. ¿CONOCE USTED O HA ESCUCHADO HABLAR SOBRE EL EXOESQUELETO?

Análisis:

Se pone en consideración el tema específico de exoesqueletos que de acuerdo a la entrevista es un punto determinante en cuanto a la investigación, teniendo como justo escuchar opiniones sobre este, es por ello que las personas catalogan los exoesqueletos como objeto de ciencia ficción, como resultado final desconocen del tema y lo omiten.

P9. ¿Adicional a su mercancía cuenta usted con alguna herramienta donde pueda sentarse a descansar?

Análisis:

Algunas personas mencionan que es importante tener un banco o silla y que a pesar de tener grandes cantidades de mercancías hacen algún lugar para que lo lleven ya que es molesto y a la vez imprudente estar descansar en espacios privados, por otra parte un porcentaje mayoritario al anterior considera que no es tiene y es incómodo llevar sillas y mejor se arriman o se sientan en veredas cuando hacen descansos cortos.

Anexo de entrevista

Ficha de observación N°1



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
SEDE IBARRA
ESCUELA DE DISEÑO DE PRODUCTOS Y CONTROL DE
PROCESOS

FICHA DE OBSERVACIÓN

N° 1

TEMA "DISEÑO DE UN DISPOSITIVO EXOESQUELETO DE BAJO COSTO, PARA FAVORECER EN LA BIPEDESTACIÓN DE UNA PERSONA"

FECHA: 4 AGOSTO 2021

HORA: 9:15AM

DATOS

OBSERVADO: FRANCISCO AGUILAR

DOCENTE / ASESOR: Msc. JOSE SEGNINI

UBICACION

PROVINCIA
IMBABURA

CANTÓN:
OTAVALO

CIUDAD: OTAVALO

SECTOR: PARQUE BOLIVAR (CENTRO DE OTAVALO)

CALLES: BOLIVAR Y JUAN MONTALVO

INDICADOR	GRUPO ÉTNICO	MESTIZO			
	RECURSOS DE APOYO	SI	NO	X	
	MERCANCIA DE VENTA ESTA SUJETA A:	EXTREMIDADES INFERIORES			
		EXTREMIDADES SUPERIORES			
		TODAS LAS ANTERIORES			
	MANEJO DE COCHES CON RUEDAS				
	DISPONE DE SOPORTE DE DESCANSO	SI	NO	X	
	BUSCA ALGUN LUGAR DONDE SENTARSE, BUSCO SENTARSE EN SOPORTE DE SEGURIDAD.				
	MOVIMIENTOS ARTICULARES				
	SE MANTIENE DE PIE Y OPTA VARIAS VECES PONER EL PIE DELANTE DEL OTRO PARA SIMULAR DESCANSAR.				
OBSERVACIONES	SE PUEDE OBSERVAR QUÉ EL COMERCIANTE PROLONGA SU STANCIA EN EL LUGAR DE IE, CON MOVIMIENTOS REPETITIVOS EN CUANTO A SOPORTAR SU PESO CORPORAL.				

Ficha de observación N°2



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
SEDE IBARRA

ESCUELA DE DISEÑO DE PRODUCTOS Y CONTROL DE PROCESOS

FICHA DE OBSERVACIÓN N° 2

TEMA "DISEÑO DE UN DISPOSITIVO EXOSQUELETO DE BAJO COSTO, PARA FAVORECER EN LA BIPEDESTACIÓN DE UNA PERSONA"

FECHA: 4 AGOSTO 2021

HORA: 9:25 AM

DATOS

OBSERVADO: FRANCISCO AGUILAR

DOCENTE / ASESOR: Msc. JOSE SEGNINI

UBICACION


PROVINCIA
IMBABURA

CANTÓN:
OTAVALO

CIUDAD: OTAVALO

SECTOR: PLAZA DE PONCHOS

CALLES: SUCRE Y QUIROGA

INDICADOR	GRUPO ÉTNICO	MESTIZO			FOTOGRAFÍAS 
	RECURSOS DE APOYO	SI	NO	X	
	MERCANCIA DE VENTA ESTA SUJETA A:	EXTREMIDADES INFERIORES			
		EXTREMIDADES SUPERIORES			
		TODAS LAS ANTERIORES			
	CARRITO DE JUGOS DE COCO				
	DISPONE DE SOPORTE DE DESCANSO	SI	NO	X	
OBSERVACION	SE APOYA EN SU COCHE PARA SENTARSE.				
	MOVIMIENTOS ARTICULARES				
	UTILIZA SUS MANOS PARA EMPUJARA SU COCHE Y SE DESPLAZA				
PERSONA EN CONSTANTE MOVIMIENTO AL CAMBIO DE POSICIONES Y POSTURAS.					

Ficha de observación N°3



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÒLICA DEL ECUADOR
SEDE IBARRA

ESCUELA DE DISEÑO DE PRODUCTOS Y CONTROL DE PROCESOS

FICHA DE OBSERVACIÓN

N° 3

TEMA "DISEÑO DE UN DISPOSITIVO EXOSQUELETO DE BAJO COSTO, PARA FAVORECER EN LA BIPEDESTACIÓN DE UNA PERSONA"

FECHA: 4 AGOSTO 2021

HORA: 9:50 AM

DATOS

OBSERVADO: FRANCISCO AGUILAR

DOCENTE / ASESOR: Msc. JOSE SEGNINI

UBICACION

PROVINCIA

IMBABURA

CANTÓN:

OTAVALO

CIUDAD: OTAVALO

SECTOR: PLAZA DE PONCHOS

CALLES: SUCRE Y QUIROGA

INDICADOR	GRUPO ÉTNICO	MESTIZO				
	RECURSOS DE APOYO	SI	NO	X		
	MERCANCIA DE VENTA ESTA SUJETA A:	EXTREMIDADES INFERIORES				X
		EXTREMIDADES SUPERIORES				
		TODAS LAS ANTERIORES				
	SOPORTE CON AMARRAS PARA EXIBIR GORRAS					
	DISPONE DE SOPORTE DE DESCANSO	SI	NO	X		
	NO DISPONES DE ASIENTO					
	MOVIMIENTOS ARTICULARES SE DESPLAZA EN VARIOS EJES					
	ACCIONES	OPTA POR POSICIONES DE AGACHARSE Y COGER SU MERCANCIA (GORRAS).				

Ficha de observación N°4



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
SEDE IBARRA

ESCUELA DE DISEÑO DE PRODUCTOS Y CONTROL DE PROCESOS

FICHA DE OBSERVACIÓN

N° 4

TEMA "DISEÑO DE UN DISPOSITIVO EXOSQUELETO DE BAJO COSTO, PARA FAVORECER EN LA BIPEDESTACIÓN DE UNA PERSONA"

FECHA: 4 AGOSTO 2021

HORA: 12:00 PM

DATOS

OBSERVADO: FRANCISCO AGUILAR

DOCENTE / ASESOR: Msc. JOSE SEGNINI

UBICACION

PROVINCIA

IMBABURA

CANTÓN:

OTAVALO

CIUDAD: OTAVALO

SECTOR: MERCADO (31 DE OCTUBRE)

CALLES: 31 DE OCTUBRE Y COLÓN

INDICADOR	GRUPO ÉTNICO		MESTIZO			FOTOGRAFIAS 	
	RECURSOS DE APOYO		SI	NO	X		
	MERCANCIA DE VENTA ESTA SUJETA A:		EXTREMIDADES INFERIORES		X		
			EXTREMIDADES SUPERIORES				
			TODAS LAS ANTERIORES				
	MUEVE CARRETILLA CON LAS MANOS						
	DISPONE DE SOPORTE DE DESCANSO		SI	NO	X		
	NO CUENTA CON NINGUN BANCO O ARTEFACTO PARA SENTARSE.						
	MOVIMIENTOS ARTICULARES						
	ES	SE DESPLAZA COSNTAMENTE POR EL TEMA DE VENTA EN SU MERCANCIA.					

Ficha de observación N°5



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
SEDE IBARRA

ESCUELA DE DISEÑO DE PRODUCTOS Y CONTROL DE PROCESOS

FICHA DE OBSERVACIÓN

N° 5

TEMA "DISEÑO DE UN DISPOSITIVO EXOSQUELETO DE BAJO COSTO, PARA FAVORECER EN LA BIPEDESTACIÓN DE UNA PERSONA"

FECHA: 4 AGOSTO 2021

HORA: 13:00 PM

DATOS

OBSERVADO: FRANCISCO AGUILAR

DOCENTE / ASESOR: Msc. JOSE SEGNINI

UBICACION

PROVINCIA

CANTÓN:


IMBABURA

OTAVALO

CIUDAD: OTAVALO

SECTOR: PLAZA DE PONCHOS

CALLES: MODESTO Y QUIROGA

INDICADOR	GRUPO ÉTNICO		MESTIZO			FOTOGRAFIAS 	
	RECURSOS DE APOYO	SI	X	NO			
	BALDE PARA DESCANSAR.						
	MERCANCIA DE VENTA ESTA SUJETA A:	EXTREMIDADES INFERIORES					
		EXTREMIDADES SUPERIORES					
		TODAS LAS ANTERIORES					
NO							
DISPONE DE SOPORTE DE DESCANSO	SI		X	NO			
UTILIZA UN BALDE PARA SENTARSE.							
MOVIMIENTOS ARTICULARES							
NO, SE MANTIENE EN DOS POSICIONES SENTADO Y DE PIE.							
OBSERVACION	AL PARECER TERMINO EL PRODUCTO QUE VENDIA Y UTILIZO EL RECIPIENTE PARA PODER SENTARSE.						

Ficha de observación N°6



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
SEDE IBARRA

ESCUELA DE DISEÑO DE PRODUCTOS Y CONTROL DE PROCESOS

FICHA DE OBSERVACIÓN

N° 6

TEMA "DISEÑO DE UN DISPOSITIVO EXOSQUELETO DE BAJO COSTO, PARA FAVORECER EN LA BIPEDESTACIÓN DE UNA PERSONA"

FECHA: 4 AGOSTO 2021

HORA: 13:30 PM

DATOS

OBSERVADO: FRANCISCO AGUILAR

DOCENTE / ASESOR: Msc. JOSE SEGNINI

UBICACION

PROVINCIA

IMBABURA

CANTÓN:

OTAVALO

CIUDAD: OTAVALO

SECTOR: TERMINAL TERRESTRES

CALLES: ATAHULAPA Y SUCRE

INDICADOR	GRUPO ÉTNICO	MESTIZO			FOTOGRAFIAS
	RECURSOS DE APOYO	SI	NO	X	
	MERCANCIA DE VENTA ESTA SUJETA A:	EXTREMIDADES INFERIORES			
		EXTREMIDADES SUPERIORES		X	
		TODAS LAS ANTERIORES			
	COCHE DE CELULARES				
	DISPONE DE SOPORTE DE DESCANSO	SI	NO	X	
	SE ARRIMA A LA PARED PARA DESCANSAR.				
	MOVIMIENTOS ARTICULARES				
	UTILIZA SUS MANOS PARA EMPUJARA SU COCHE Y SE DESPLAZA				
OBSERVACIONES	PERSONA EN CONSTANTE MOVIMIENTO AL CAMBIO DE POSICIONES Y POSTURAS.				

Ficha de observación N°7



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
SEDE IBARRA

ESCUELA DE DISEÑO DE PRODUCTOS Y CONTROL DE PROCESOS

FICHA DE OBSERVACIÓN

N° 7

TEMA "DISEÑO DE UN DISPOSITIVO EXOSQUELETO DE BAJO COSTO, PARA FAVORECER EN LA BIPEDESTACIÓN DE UNA PERSONA"

FECHA: 4 AGOSTO 2021

HORA: 13:30PM

DATOS

OBSERVADO: FRANCISCO AGUILAR

DOCENTE / ASESOR: Msc. JOSE SEGNINI

UBICACION

PROVINCIA

IMBABURA


CANTÓN:

OTAVALO

CIUDAD: OTAVALO

SECTOR: PLAZA DE PONCHOS

CALLES: SUCRE Y MORALES

INDICADOR	GRUPO ÉTNICO		INDIGENA			FOTOGRAFIAS 	
	RECURSOS DE APOYO		SI	NO	X		
	MERCANCIA DE VENTA ESTA SUJETA A:		EXTREMIDADES INFERIORES				
			EXTREMIDADES SUPERIORES		X		
			TODAS LAS ANTERIORES				
	VENTA DE MANDARINAS EN CARRETILLA						
	DISPONE DE SOPORTE DE DESCANSO		SI	NO	X		
	NINGUNO						
	MOVIMIENTOS ARTICULARES						
	SE TRASLADA DE UN LUGAR A OTRO.						
OBSERVACIONES	ESTA EN COSNTANTEMENTE EN MOVIMIENTO.						

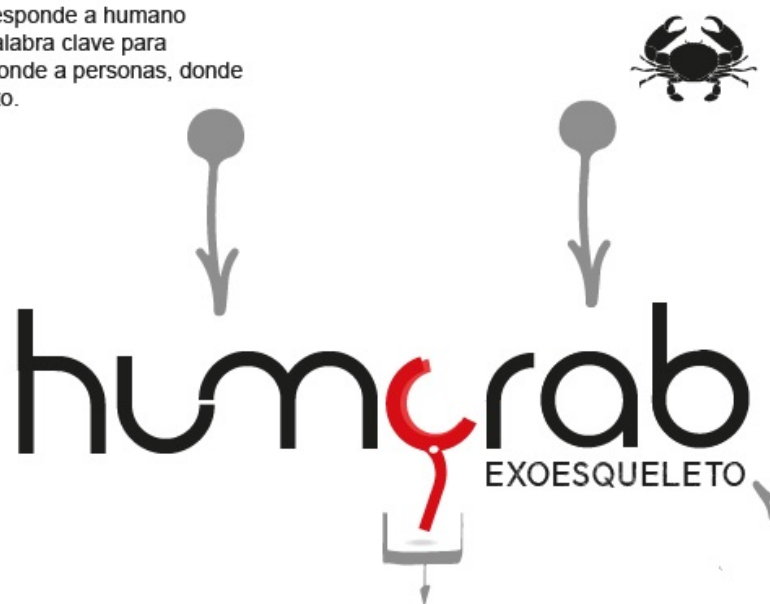
Marca

humano
EXOE

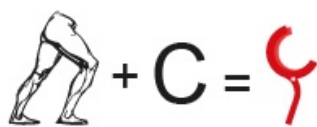


Descripción del logotipo

"Hum" como su letras lo dice corresponde a humano siendo el inicio de la marca y la palabra clave para identificar un aspecto que corresponde a personas, donde hace énfasis la marca y el producto.



ISOTIPO



Es la fusión de la pierna humana con la letra C la imagen que simula la estructura del exoesqueleto simboliza la creatividad y la innovación. Su diseño es original y sencillo.