

**INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE OCCIDENTE**

Departamento de Procesos Tecnológicos e Industriales

**Sustentabilidad y tecnología**

**PROYECTO DE APLICACIÓN PROFESIONAL (PAP)**

**Programa de desarrollo tecnológico para la sustentabilidad ambiental, energética y  
alimentaria I y II**



ITESO, Universidad  
Jesuita de Guadalajara

**4D08A Desarrollo Tecnológico para la Sustentabilidad**

**Desarrollo de exoesqueleto para apoyo a función de cuidadores de personas con  
problemas de movilidad y de parálisis cerebral.**

**PRESENTAN**

Programas educativos y Estudiantes

Lic. en ingeniería mecánica Marcelo Estrada Gómez

Lic. en ingeniería mecánica Víctor Hugo Zaldívar Sanromán

Lic. en ingeniería mecánica Erick Agustín Gutiérrez Pérez

Pprofesor PAP:

Dra. Ramona Beatriz Alemón Galindo

Tlaquepaque, Jalisco, 2 de febrero de 2024

# ÍNDICE

## Contenido

REPORTE PAP .....	2
Presentación Institucional de los Proyectos de Aplicación Profesional .....	2
Resumen .....	4
1. Ciclo participativo del Proyecto de Aplicación Profesional.....	4
1.1 Entendimiento del ámbito y del contexto .....	5
1.2 Caracterización de la organización.....	7
1.3 Identificación de la(s) problemática(s).....	7
1.4. Planeación de alternativa(s).....	8
1.5. Desarrollo de la propuesta de mejora .....	11
1.6. Valoración de productos, resultados e impactos .....	25
1.7. Bibliografía y otros recursos .....	25
1.8. Anexos generales .....	27
2. Productos .....	27
3. Reflexión crítica y ética de la experiencia.....	27
3.1 Sensibilización ante las realidades .....	28
3.2 Aprendizajes logrados .....	29

# REPORTE PAP

## Presentación Institucional de los Proyectos de Aplicación Profesional

*Los Proyectos de Aplicación Profesional (PAP) son experiencias socio-profesionales de los alumnos que desde el currículo de su formación universitaria- enfrentan retos, resuelven problemas o innovan una necesidad sociotécnica del entorno, en vinculación (colaboración) (coparticipación) con grupos, instituciones, organizaciones o comunidades, en escenarios reales donde comparten saberes.*

*El PAP, como espacio curricular de formación vinculada, ha logrado integrar el Servicio Social (acorde con las Orientaciones Fundamentales del ITESO (Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente)), los requisitos de dar cuenta de los saberes y del saber aplicar los mismos al culminar la formación profesional (Opción Terminal), mediante la realización de proyectos profesionales de cara a las necesidades y retos del entorno (Aplicación Profesional).*

*El PAP es un proceso acotado cuando estudiantes, beneficiarios externos y profesores se asocian colaborativamente y en red, en un proyecto, e incursionan en un mundo social, como actores con problemas y desafíos traducibles en demandas pertinentes y socialmente relevantes. Frente a éstas transfieren experiencia de sus saberes profesionales y demuestran que saben hacer, innovar, cocrear o transformar en distintos campos sociales.*

*El PAP trata de sembrar en los estudiantes una disposición permanente de encargarse de la realidad con una actitud comprometida y ética frente a las disimetrías sociales. En otras palabras, se trata del reto de “saber y aprender a transformar”.*

*El Reporte PAP consta de tres componentes:*

*El primer componente refiere al ciclo participativo del PAP, donde se documentan las diferentes fases del proyecto y las actividades del desarrollo y la valoración de las incidencias en el entorno.*

*El segundo componente presenta los productos elaborados de acuerdo con su tipología.*

*El tercer componente es la reflexión crítica y ética de la experiencia, el reconocimiento de las competencias y los aprendizajes profesionales que el estudiante desarrolló en el transcurso de su labor.*

## Resumen

El exoesqueleto para apoyo a función de cuidadores de personas con problemas de movilidad y parálisis cerebral es un proyecto en el que, durante la primavera 2024, se propuso desarrollar un exoesqueleto para reducir la fatiga y malestar de la zona lumbar de los trabajadores de Algarabía centro de día. Este proyecto implicó colaborar con fisioterapeutas y personas de apoyo en el centro ya mencionado para comprender mejor sus necesidades, poder tener un buen proceso de desarrollo y determinar de mejor manera los requerimientos funcionales y de diseño. Se priorizó investigar el estado del arte para determinar características especiales que debería tener un exoesqueleto partiendo de las necesidades de cuidadores y enfermeras para manejar personas con problemas de movilidad. Para esta investigación, se utilizó como referencia el artículo "A Review of Exoskeletons Considering Nurses", que enumera características especiales que debería tener un exoesqueleto para enfermeras o cuidadores. Para el periodo en el que se trabajó, el objetivo fue tener un entendimiento de la problemática, bocetos y un diseño CAD. Para esto se siguió una metodología iterativa de diseño en la que algunos pasos no se realizaron por falta de tiempo. Los resultados más significativos fueron los bocetos y un diseño CAD preliminar. Para este preliminar se tuvieron en cuenta algunas relaciones y proporciones corporales para tener medidas estandarizadas y poder adaptar este diseño a personas de distintas alturas.

## 1. Ciclo participativo del Proyecto de Aplicación Profesional

El PAP es una experiencia de aprendizaje y de contribución social integrada por estudiantes, profesores, actores sociales y responsables de las organizaciones, que de manera colaborativa integran sus conocimientos para dar respuestas a problemáticas de un contexto específico y en un tiempo delimitado. Por tanto, la experiencia PAP supone un proceso en lógica de proyecto, así como de un estilo de trabajo participativo y recíproco entre los involucrados.

Este PAP es una colaboración directa entre el Departamento de Procesos Tecnológicos e Industriales y el grupo Algarabía Centro de Día. Este departamento se centra en las ciencias aplicadas y la tecnología para la transformación de los recursos naturales en beneficio de la humanidad [1]

Para este primer PAP, el objetivo general es diseñar un exoesqueleto o dispositivo que facilite la acción de levantar/mover pesos que puedan poner en riesgo el físico del portador, como provocar lesiones, especialmente lumbares. Esto se enfoca para los cuidadores del centro Algarabía y se espera que este proyecto se escalara para otros, como los familiares de los jóvenes del centro. Se harán visitas a Algarabía para analizar las situaciones en las que los cuidadores puedan estar sujetos a posibles riesgos como lo son lesiones musculoesqueléticas. Se planea que este proyecto sea del tipo investigación-documental-diseño. Otro objetivo que buscamos, ya que es un proyecto nuevo, es dejar claros los requerimientos y todo lo que este necesita. Esto lo hacemos para que pueda tener una buena trazabilidad a lo largo de los semestres y se le dé un buen seguimiento para que el resultado sea acorde a lo que se planteó en el objetivo general.

### 1.1 Entendimiento del ámbito y del contexto

Al inicio del proyecto, se tocó el tema de desarrollar un exoesqueleto para la parte inferior del cuerpo que pudiera asistir el movimiento y proporcionar rigidez al portador. Entonces, se entendía que los jóvenes del centro de Algarabía no podían moverse por sí solos o requería un apoyo constante. Se hizo una investigación sobre el estado del arte y se encontró información no solo referente a personas afectadas por un accidente o enfermedad sino también se encontró información de las personas que realizan terapias físicas [5]. Con esto el equipo de trabajo PAP se dio cuenta de la gran importancia que tienen los fisioterapeutas en el proceso de recuperación o de cuidado de personas como son los jóvenes de Algarabía. Cabe mencionar que, según la Cruz Roja, las lesiones musculoesqueléticas son comunes en cuidadores y se dan principalmente en columna, hombros y codos. Precisamente estas lesiones se deben a movimientos repetitivos, forzados y/o una sobrecarga de trabajo en las zonas ya mencionadas [4].

En la visita a dicho centro, se expuso una propuesta basada en el estado del arte sobre exoesqueletos. Después de esta revisión, se definió mejor el proyecto y se tuvo más claridad, ya que en parte de la información encontrada se pudieron analizar normas de ergonomía para exoesqueletos [7] y posibles fallas o riesgos a los que se expone una persona al usar un exoesqueleto [8]. Esta propuesta consiste en la implementación de un exoesqueleto o dispositivo que ayude en la tarea de cargar y trasladar de los cuidadores/rehabilitadores de Algarabía. Esta propuesta fue del agrado de Arlette y Daniela (encargadas de la vinculación y coordinación académica, respectivamente). Con esta visita también nos percatamos que la mayoría de los jóvenes pueden moverse y caminar por sí mismos.

En este proyecto se colaborará con los fisioterapeutas y el personal de apoyo que se encuentra en Algarabía. Se tienen agendadas varias visitas al centro para estar en constante comunicación con las personas ya mencionadas y tener un mejor entendimiento de sus necesidades. Durante la investigación, se tomó como base el paper “A Review of Exoskeletons Considering Nurses” [6] donde se enlistan características especiales que debería cumplir un exoesqueleto para enfermeras.



Figura 1 Imagen recuperada del paper “A Review of Exoskeletons Considering Nurses” donde se muestra un exoesqueleto hidráulico que asiste y transfiere a pacientes.



Figura 2 Imagen recuperada del paper “A Review of Exoskeletons Considering Nurses” Se muestra un prototipo bio-mecánico de asistencia mediante bandas elásticas.

## 1.2 Caracterización de la organización

Como ya se había mencionado, este PAP es una colaboración entre el PAP “Programa de Desarrollo Tecnológico para la Sustentabilidad Ambiental, Energética y Alimentaria” (4D08) y Algarabía Centro de Día. Este lugar se encuentra en la Calle Virgen #3462, colonia La Calma en Zapopan, Jalisco. Es un centro que se dedica a apoyar jóvenes con discapacidades intelectuales. Este grupo trabaja en conjunto con otras instituciones como lo son la secretaria de Desarrollo e Integración Social de Jalisco, SSAS, CEMEFI, UNIVA, UP, Sistema Universidad Virtual de la U de G, Universidad Lamar, Ateneo Metropolitano, Universidad Enrique Díaz de León y la Universidad Marista de Guadalajara [2]

Las horas de actividades en este centro son de 9:00 am a 5:00 pm, “El programa de trabajo está encaminado a desarrollar la autorrealización del usuario, trabajando en: su autodeterminación, la mejora de la calidad de su vida actual y futura, y su inclusión social. [3]

Los jóvenes realizan actividades a lo largo del día, empiezan su día en el centro con un desayuno a las 9:00 am para después tener una serie de actividades, juegos y dinámicas; a lo largo del día cada uno tiene un horario específico para que el fisioterapeuta les atienda y reciben terapia física.

Los fines de semana este centro funge de casa para los jóvenes en los que son libres de hacer lo que ellos quieran. En estos días no cuentan con actividades específicas, sino que deciden que hacer, donde comer, y normalmente van a una plaza a comer y al boliche, entre otras actividades.

## 1.3 Identificación de la(s) problemática(s)

Después de la visita a Algarabía se hizo el análisis de lo que se habló con las encargadas y se pudo detectar dos problemáticas:

La primera problemática es el riesgo que corren los cuidadores al levantar cargas que pueden comprometer su físico, para ser más específicos, la espalda baja de los cuidadores. La encargada del centro comentó que suelen tener situaciones todos los días en las que, debido

a las condiciones de los jóvenes, estos suelen tirarse al suelo cuando tienen un sobre estímulo externo y esto es algo muy riesgoso para los cuidadores en general ya que no son niños los que están levantando del suelo sino jóvenes/adultos grandes. Otras situaciones que no son de tanto riesgo, pero sí requieren un esfuerzo físico son los apoyos para levantar de los sillones y el aseo de los chicos. Esto llega a ser muy desgastante para los cuidadores ya que estas acciones son muy repetitivas.

La segunda problemática que se detectó es más una problemática cultural. Los cuidadores mencionan que todos cuentan con fajas de seguridad por la primera problemática, pero no les es suficiente con esto. El problema aquí es que no la suelen usar. Se cree que el problema, aunque no sea "técnica", se puede resolver con la propuesta mencionada, analizando esto podemos ver que no usan su faja por la baja efectividad o apoyo que da a los cuidadores. Entonces, si la propuesta resulta ser un éxito y una mejora considerable, se pudiera afirmar que los cuidadores usarían el exoesqueleto/dispositivo por el apoyo que puede brindar y no solo quedaría en "tenemos esto, pero no lo usamos", tema de preocupación cuando nos comentaron que no usan su faja.

#### 1.4. Planeación de alternativa(s)

Después de la observación de las posturas que toman los cuidadores de Algarabía normalmente al levantar a uno de los chicos del centro, se tuvo una discusión en la que se habló de las zonas donde presentan más molestias y se llegó al punto en el que la espalda baja es la parte más afectada para los cuidadores, así como se puede ver en las figuras 3 y 4



*Figura 3 Fisioterapeuta de Algarabía haciendo una demostración de las posturas que toma para hacer un levantamiento*



*Figura 4 Fisioterapeuta de Algarabía haciendo una demostración de las posturas que toma para hacer un levantamiento*

Los cuidadores de Algarabía cuentan con fajas lumbares, pero es bien sabido que, y según el Instituto Nacional para la Salud y Seguridad en el trabajo de EE. UU. (NIOSH), estas fajas no son útiles en cuanto a reducción de fatiga o aligeramiento de pesos. La NOISH hizo un estudio durante 1996 a 1998 a 9,377 trabajadores de 160 almacenes de EE. UU. y no se encontró evidencia que las fajas lumbares reduzcan las lesiones o el dolor de espalda en los

trabajadores que levantan o mueven cargas [9]. Otros dispositivos como grúas que apoyan en el levantamiento de cargas no son del todo fiables en este ámbito porque abarcan mucho espacio y tienen un precio elevado para la aplicación que se le va a dar. Estas dos opciones fueron descartadas. En un exoesqueleto se pensó que tuviera apoyo para las extremidades superiores como los brazos, pero al ser la zona lumbar la más afectada y con mayor molestia por parte de los cuidadores de algarabía, se optó por resolverla y, al estar satisfecha, implementar la parte superior como los hombros, brazos y cuello.

Otro tema que es importante mencionar sobre los exoesqueletos para el sector médico o para enfermeros y ayudadores, Es que no hay muchos en el mercado, ya que a diferencia de los exoesqueletos diseñados para rehabilitación estos son muy comunes y existen varias empresas dedicadas a la investigación de estas, sin embargo, son muy pocas las que se dedican a cubrir las necesidades de las personas asistentes de la salud. Aunque se podría utilizar en su lugar casi cualquier exoesqueleto de uso industrial, ya que varios potencializan las mismas extremidades del cuerpo, es importante mencionar que no estamos moviendo una carga cualquiera, ya que, al ser una persona, y que además cuenta con una discapacidad es importante que tanto la persona como el ayudador estén dentro de un ambiente cómodo y así evitar lesiones en ambos, para solucionar esto, se busca añadir una especie de soportes o “agarraderas” al exoesqueleto para que el paciente se pueda apoyar y así facilitar el trabajo del cuidador.

Cronograma																	
Tareas	15Ene-19Ene	22Ene-26Ene	29Ene-02Feb	05Feb-09Feb	12Feb-16Feb	19Feb-23Feb	26Feb-01Mar	04Mar-08Mar	11Mar-15Mar	18Mar-22Mar	25Mar-29Mar	01Abr-05Abr	08Abr-12Abr	15Abr-19Abr	22Abr-26Abr	29Abr-03May	06May-10May
Estudio previo	■	■	■	■	■	■	■	■									
Visitas a Algaravía centro de día				■				■	■		■						
Diseño de boceto									■	■	■	■	■				
Diseño de piezas y ensamblaje													■	■	■		
Prototipado																	
Reporte final															■		
Presentación final																■	■

### 1.5. Desarrollo de la propuesta de mejora

La investigación fue necesaria para adentrarnos a fondo, en la primera etapa se investigó el estado del arte de la tecnología disponible para apoyar a resolver el problema arriba mencionado, los productos desarrollados junto con las empresas que los fabrican, así como los tipos de mecanismos utilizados. Los más significativos que se encontraron para cumplir con el objetivo de este proyecto fueron los que se fabrican por la empresa Bosch [10], RB3D [11], Life Ward [12], Suitx [13] y Eksobionics [14].

En la segunda etapa se hicieron bocetos, para tener una noción de cómo queremos implementar el proyecto, cada integrante del equipo realizó un boceto representando sus ideas, luego se compararon y se eligieron las mejores características de cada uno, pero quedó pendiente la cuestión de qué mecanismo usar, poleas o resortes. Para estos bocetos tomamos como base los exoesqueletos con apoyo para la parte superior, los exoesqueletos de las empresas enlistadas en el párrafo anterior y algunas patentes [15], [16], [17], [18], [19], [20], [21], [22], [23] y [24].

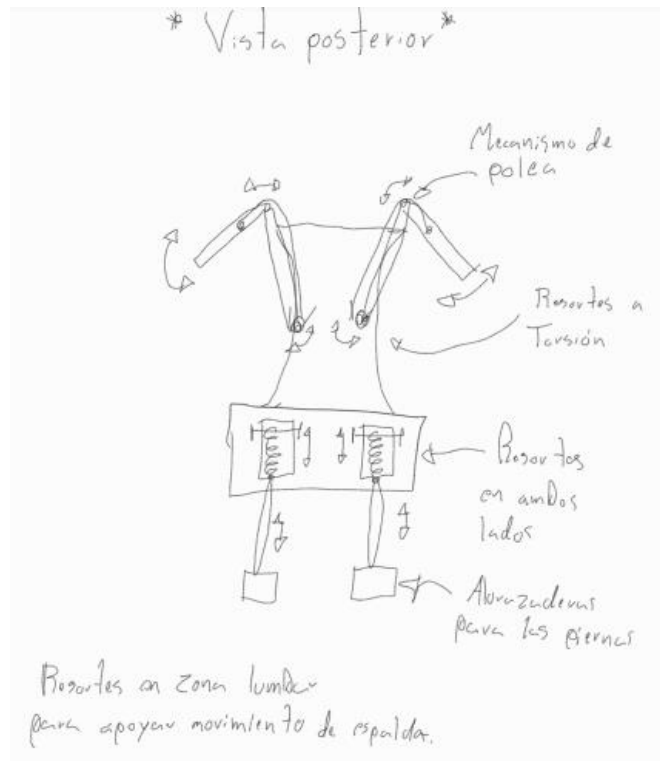


Figura 5 Primer boceto teniendo en cuenta soporte para zona lumbar, hombros y brazos. Principales elementos mecánicos son resortes a tensión, resortes a torsión y poleas. Vista posterior (Boceto de Agustín)

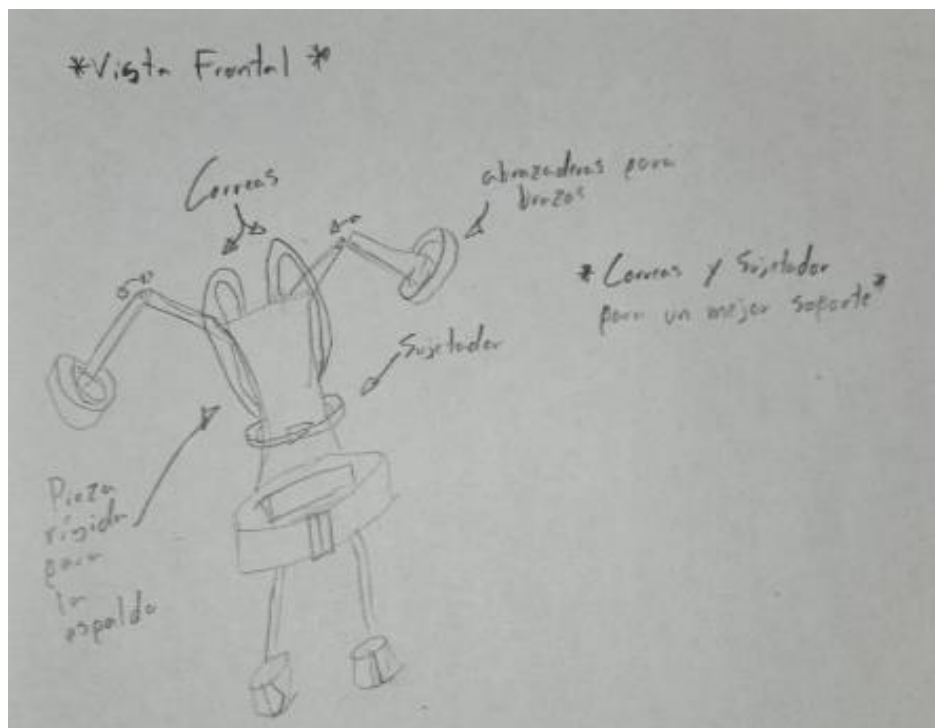


Figura 6 Primer boceto teniendo en cuenta soporte para zona lumbar, hombros y brazos. Principales elementos mecánicos son resortes a tensión, resortes a torsión y poleas. Vista frontal (Boceto de Agustín)

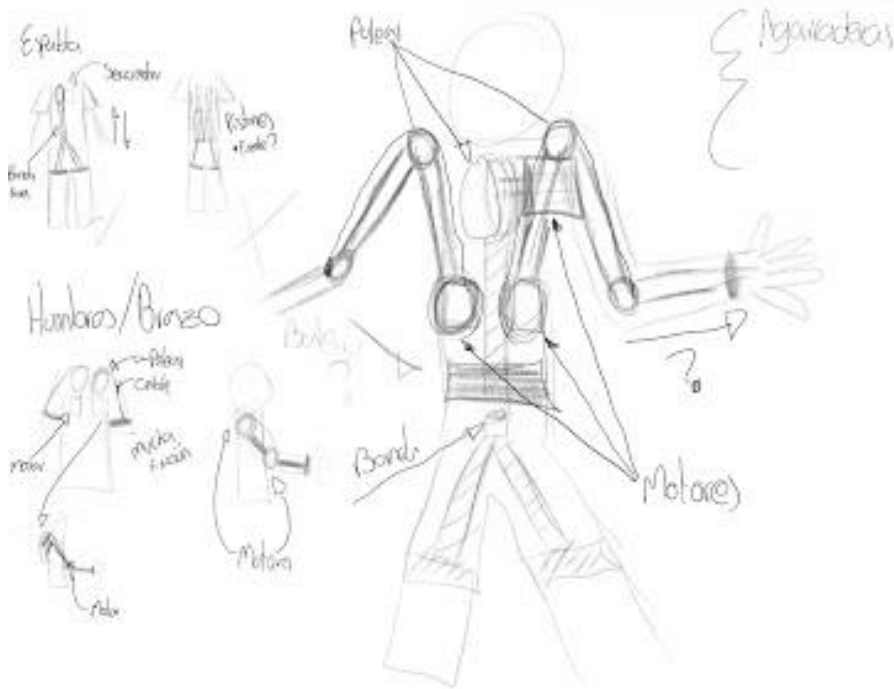


Figura 7 Primer boceto teniendo en cuenta soporte para zona lumbar, hombros y brazos. Principales elementos mecánicos son motores, poleas, pistones y cables. Vista Posterior (Boceto de Marcelo)

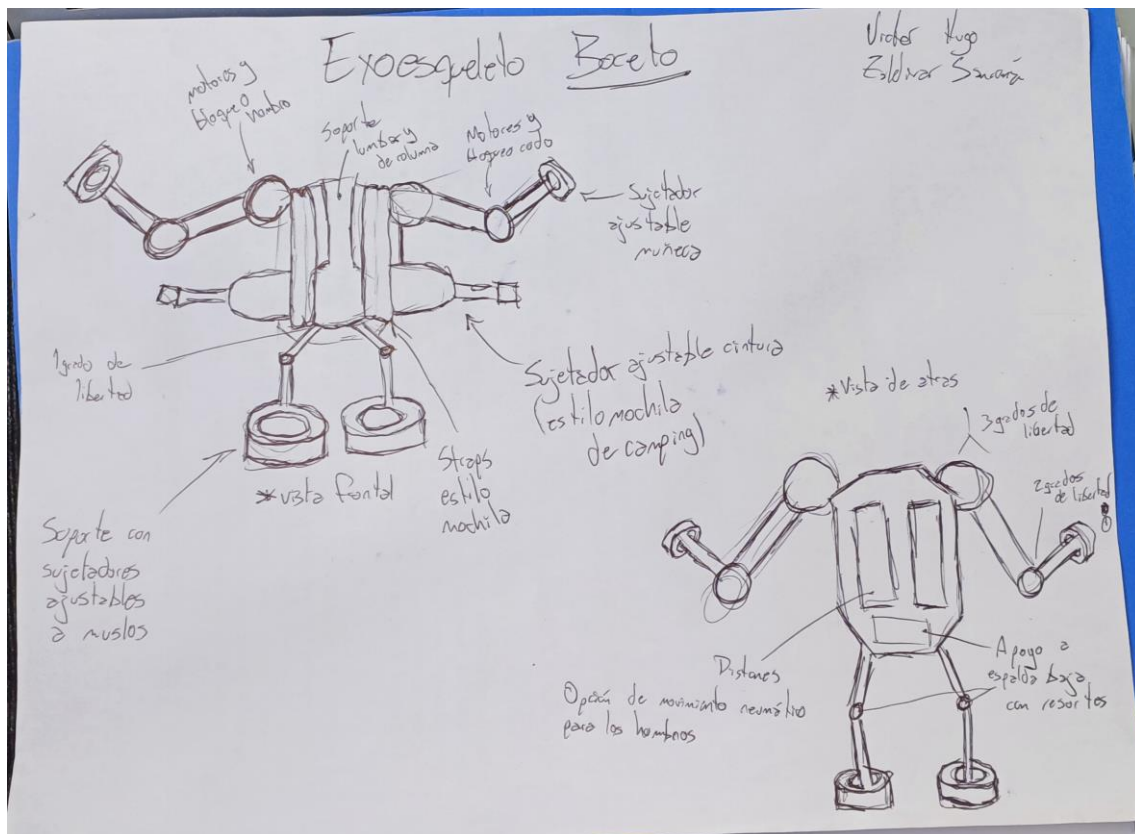


Figura 8 Primer boceto teniendo en cuenta soporte para zona lumbar, hombros y brazos. Principales elementos mecánicos son motores y pistones. Vista Posterior (Boceto de Víctor)

En la siguiente etapa nos adentramos más a fondo en la investigación, aquí cada uno de los integrantes del equipo investigó un tema diferente, como ergonomía, biomecánica, patentes y mecanismos. Después fue necesario actualizar los bocetos implementando las tecnologías y temas investigados, en esta última etapa, aunque las ideas están cada vez más claras seguimos debatiendo que mecanismo usar, por lo que se piensa combinar ambos diseños.

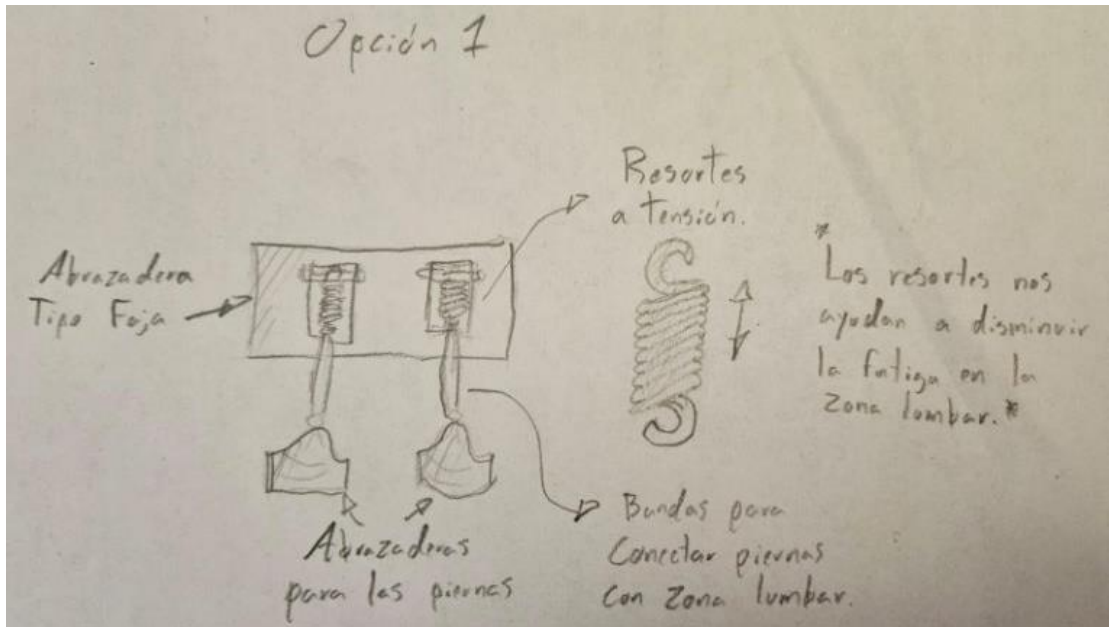


Figura 9 Segundo boceto solo teniendo en cuenta soporte para zona lumbar. Principales elementos mecánicos son resortes a torsión. Vista posterior (Boceto de Agustín)

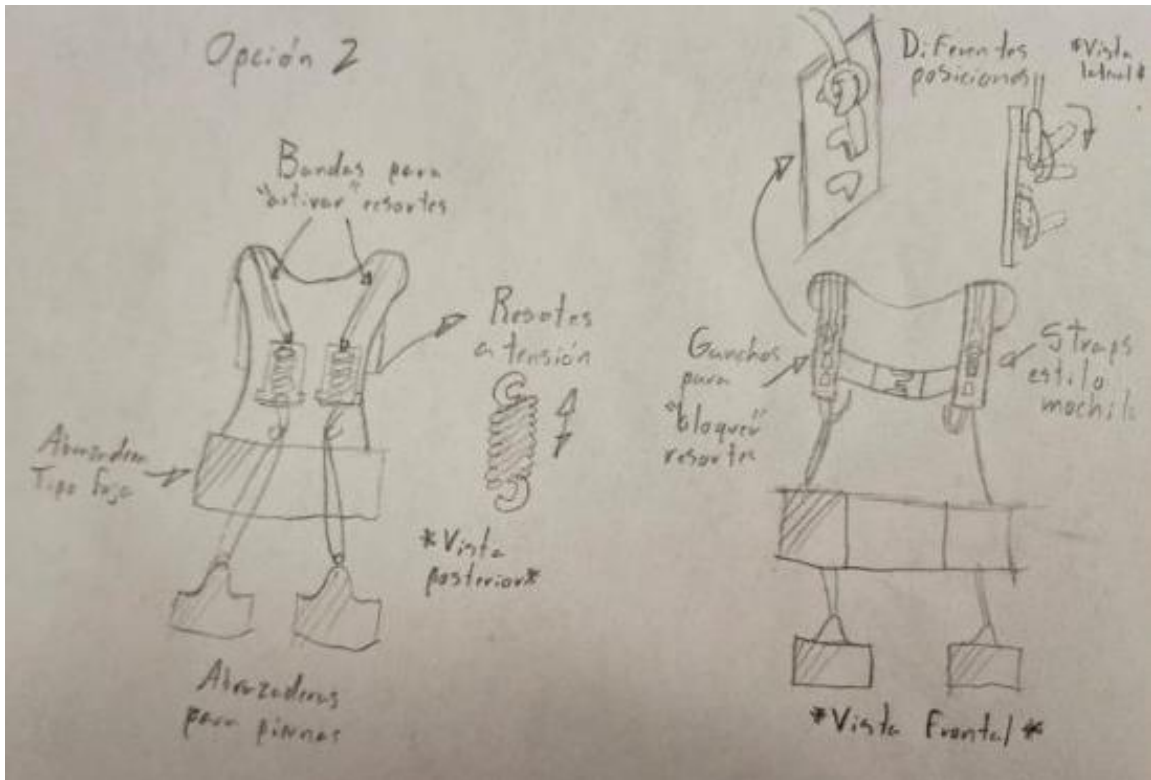


Figura 10 Segundo boceto solo teniendo en cuenta soporte para zona lumbar. Principales elementos mecánicos son resortes a torsión. Vista Frontal (Boceto de Agustín)

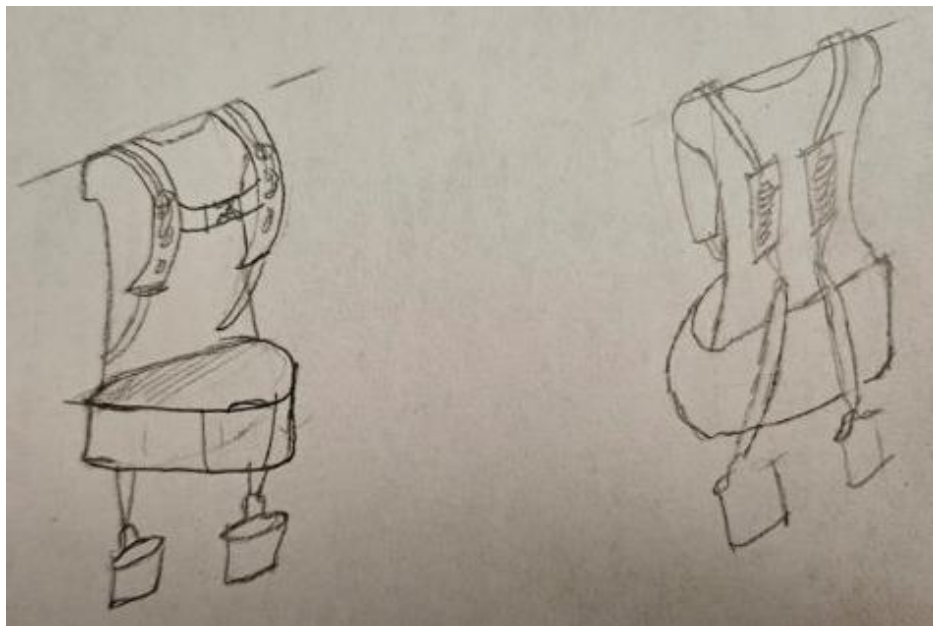


Figura 11 Segundo boceto solo teniendo en cuenta soporte para zona lumbar. Principales elementos mecánicos son resortes a torsión. Vista isométrica (Boceto de Agustín)

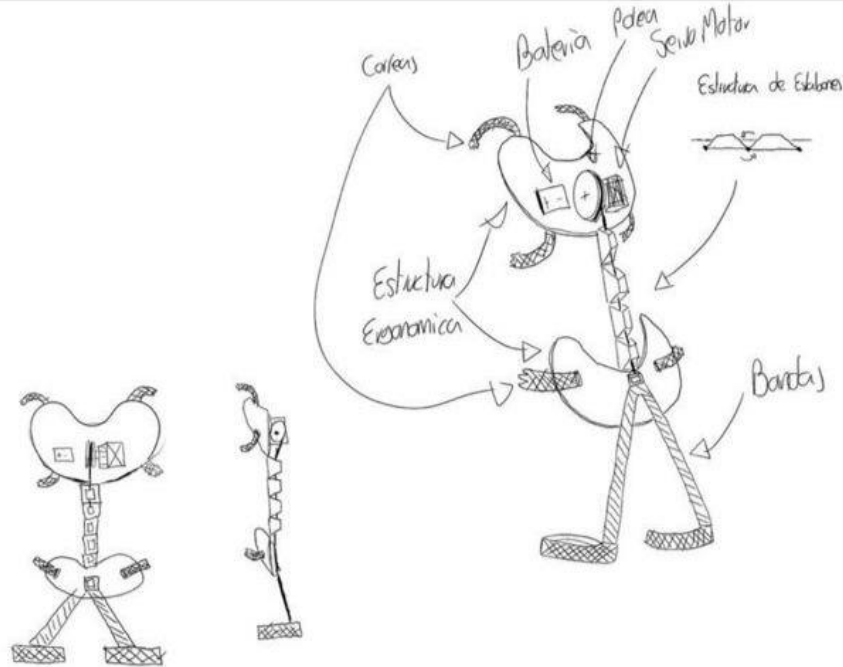


Figura 12 Segundo boceto teniendo en cuenta solo soporte para zona lumbar. Principales elementos mecánicos son poleas, motores y cables. Vista Posterior, lateral e isométrica (Boceto de Marcelo)

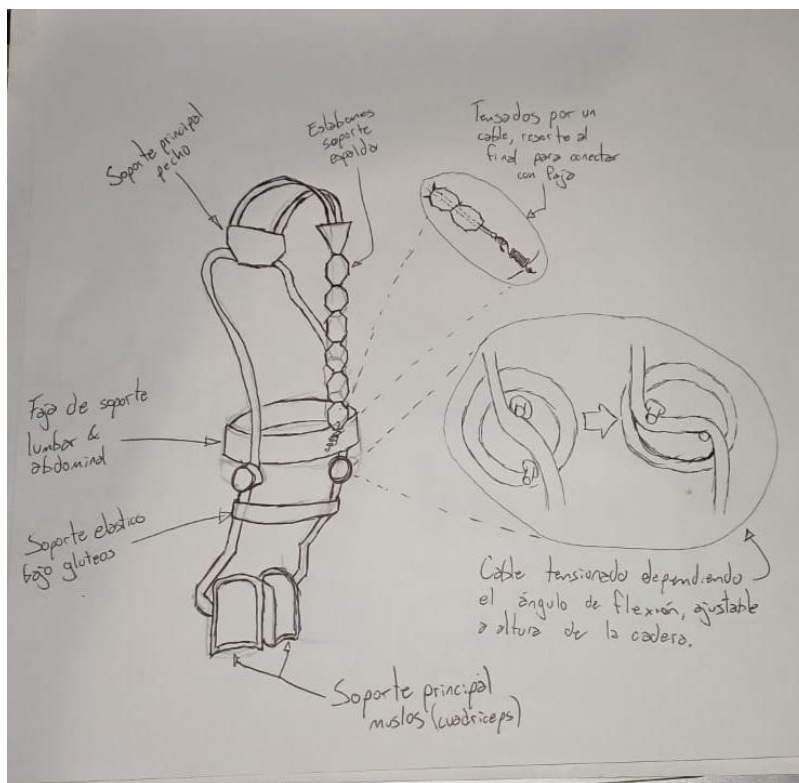


Figura 13 Boceto final en el que los principales elementos mecánicos son resortes y barras en tensión

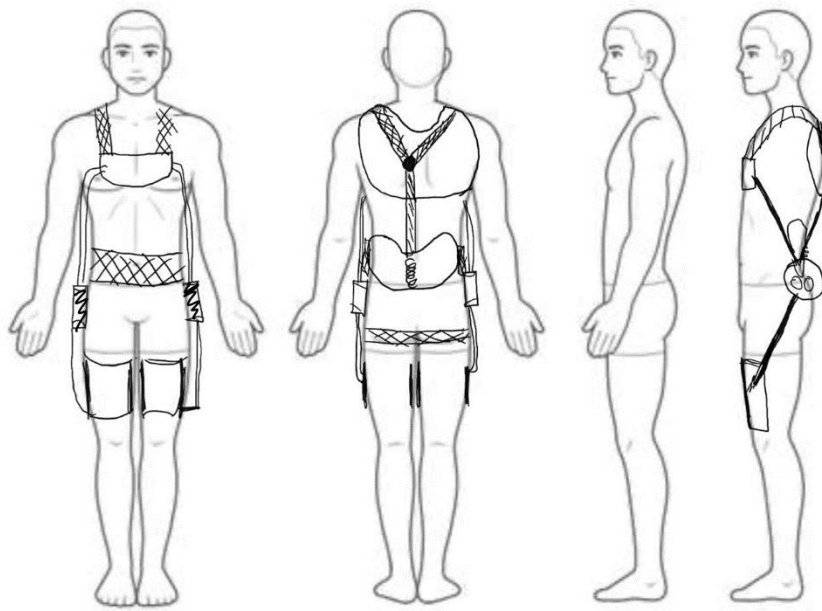


Figura 14 Rediseño de boceto final, aplicado en un cuerpo para una mejor representación

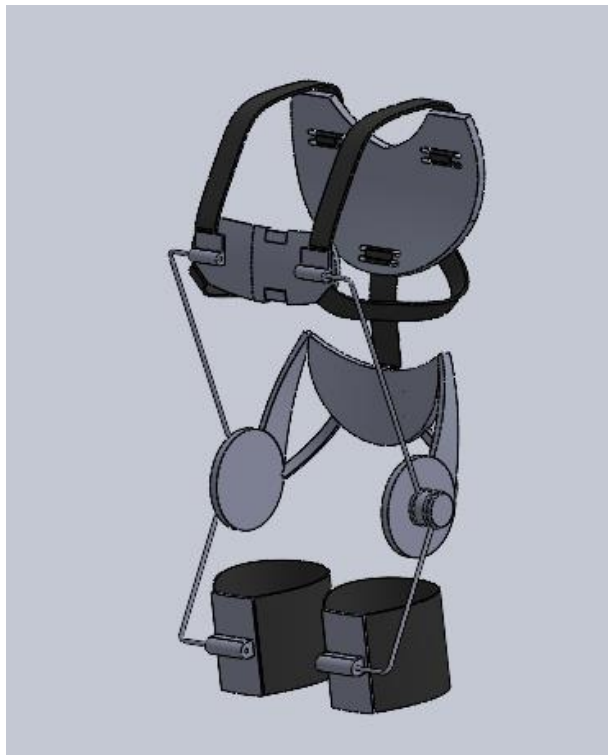


Figura 15 Modelo CAD **PRELIMINAR**, vista isométrica

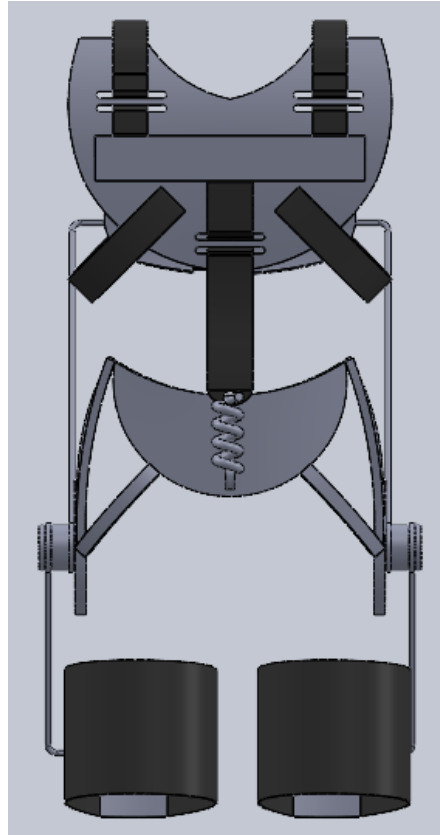


Figura 16 Modelo CAD PRELIMINAR, vista Posterior

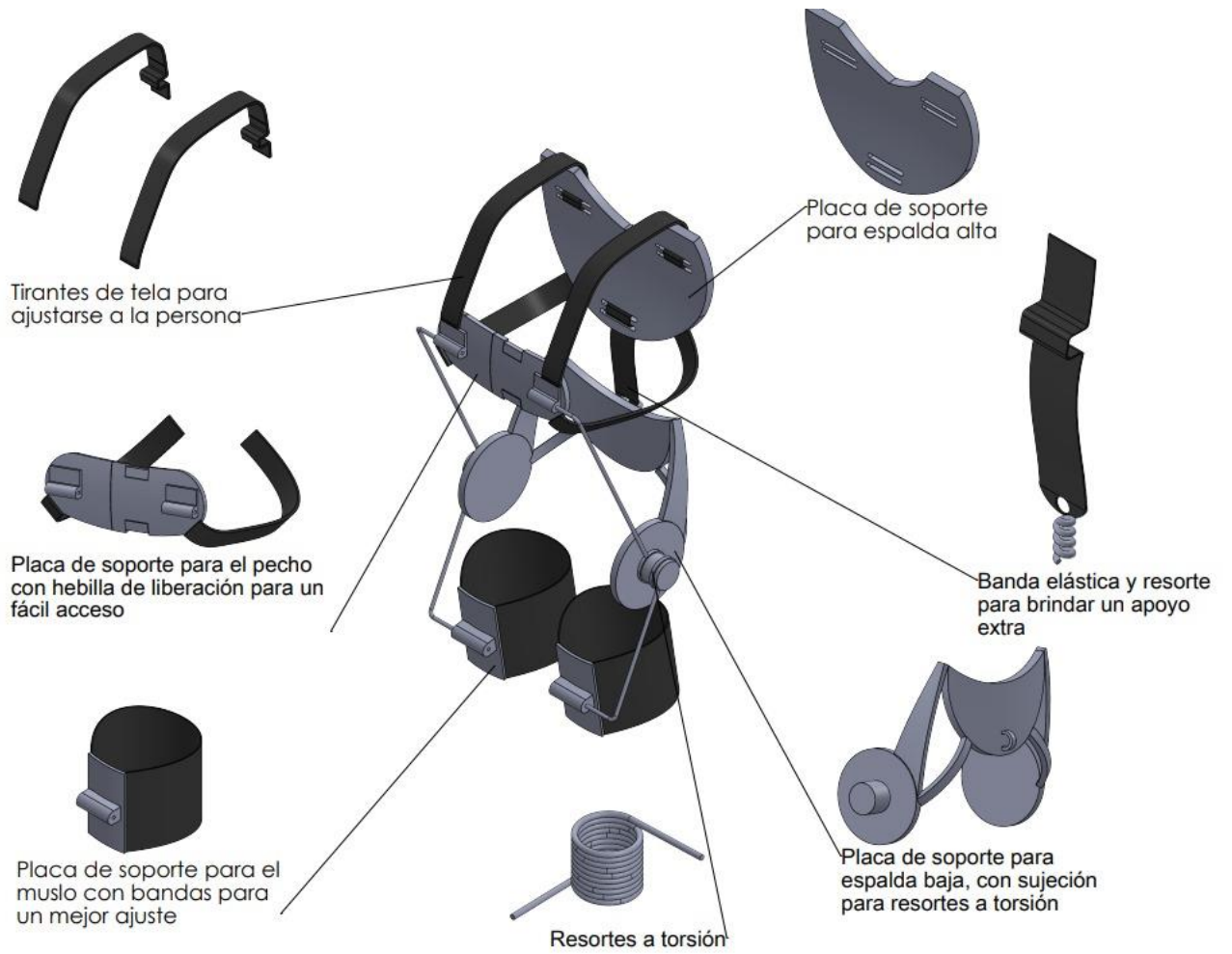


Figura 17 Descripción de modelo CAD PRELIMINAR

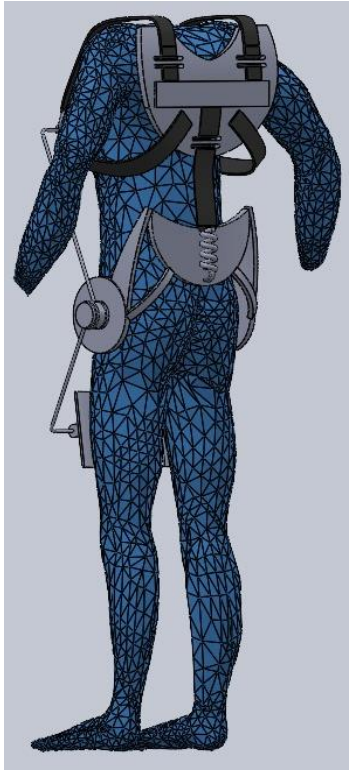


Figura 18 Modelo CAD PRELIMINAR, modelo aplicado en un cuerpo para una mejor representación



Figura 19 Modelo CAD PRELIMINAR, modelo aplicado en un cuerpo para una mejor representación

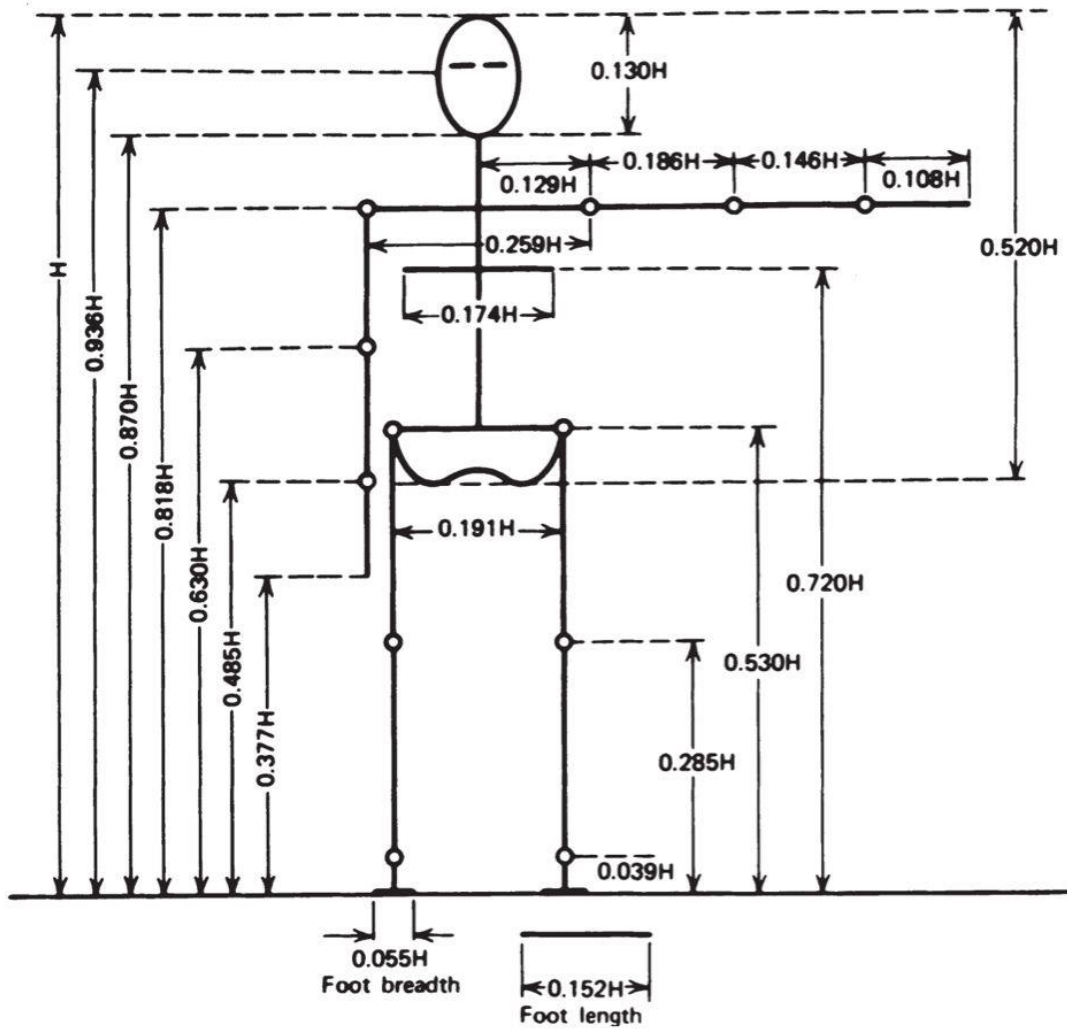
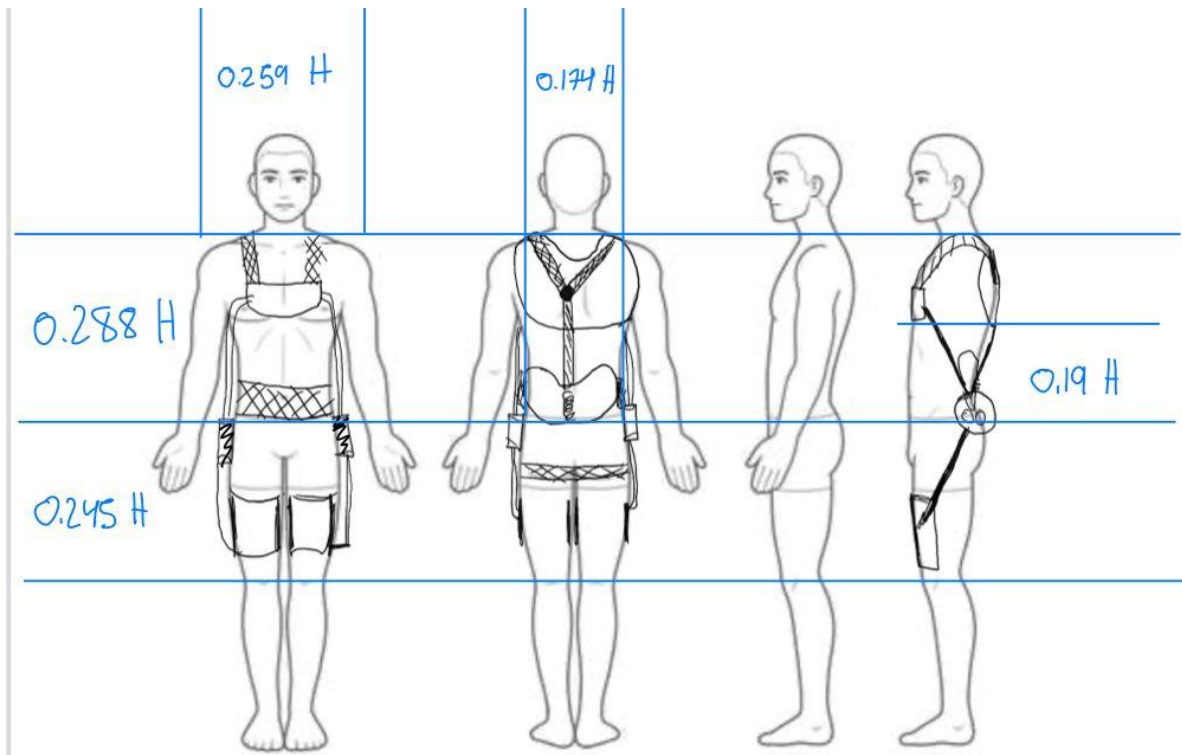


Figura 20 Longitud de segmentos del cuerpo expresados como una fracción de la altura total del cuerpo "H". (Tomado de referencia para las medidas ergonómicas del diseño. Winter, D. A. (2009). *Biomechanics and motor control of human movement*. John Wiley & Sons)



$$\text{Espalda: } 0.818H - 0.530H = \underline{0.288H}$$

$$\text{Muslo: } 0.530H - 0.285H = \underline{0.245H}$$

$$\text{Pecho: } 0.720H - 0.530H = \underline{0.19H}$$

Figura 21 Longitud de segmentos del cuerpo tomados en cuenta para exoesqueleto expresados como una fracción de la altura total del cuerpo "H tomado de: **Winter, D. A. (2009). Biomechanics and motor control of human movement. John Wiley & Sons**

Para determinar las medidas del exo-esqueleto se tomó el promedio de la población mexicana. Siendo 1.63m mujeres y 1.67m en hombres, por lo tanto, la altura aproximada se tomó de 1.65m.

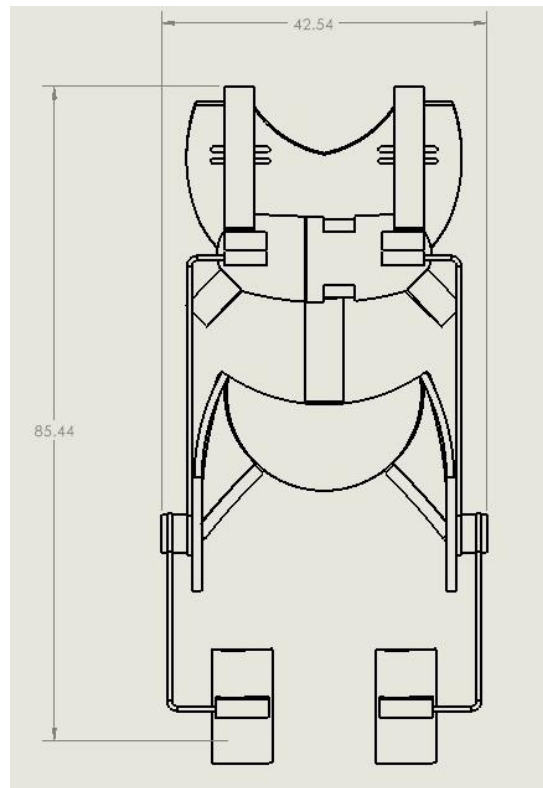


Figura 22 Size dimensions del modelo PRELIMINAR. \*Ensamble adjunto a la entrega para consultar más dimensiones\*

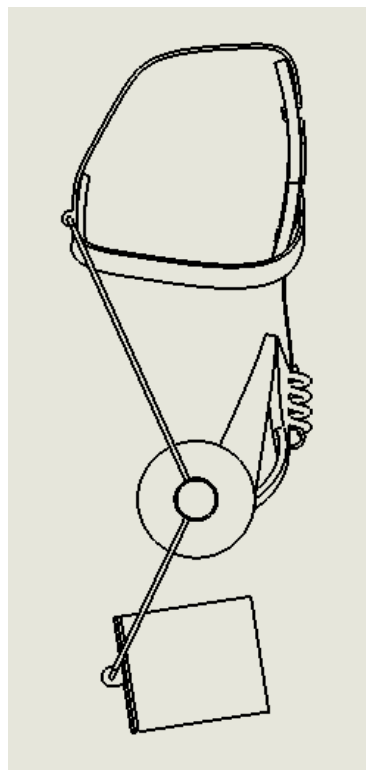


Figura 23 Modelo CAD PRELIMINAR, Vista lateral

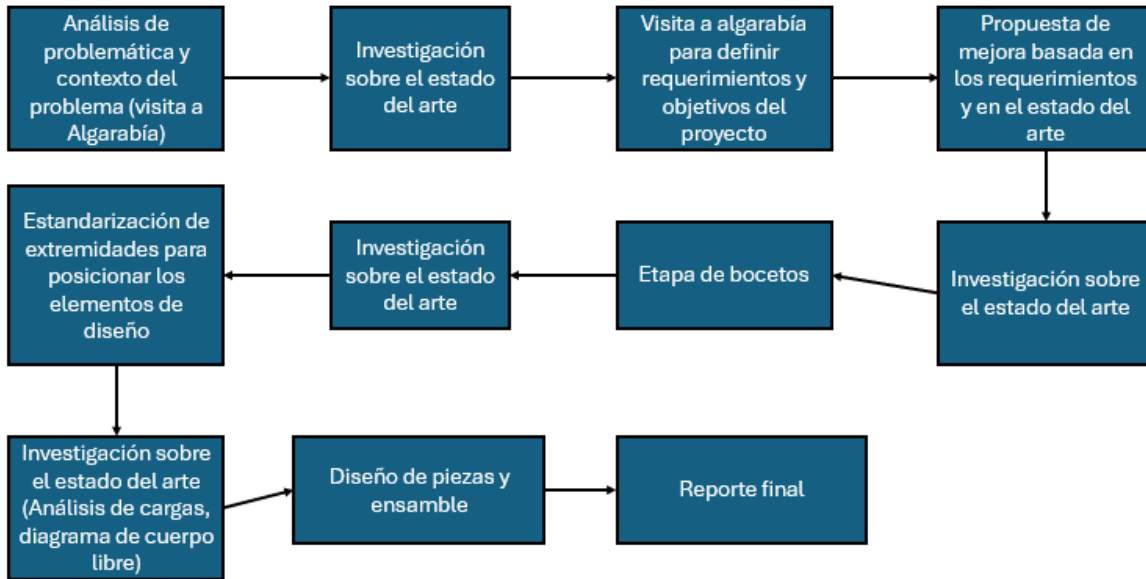


Figura 24 Descripción gráfica de la metodología que se siguió a lo largo del semestre para llegar al diseño preliminar.

El trabajo que sigue es el cálculo de las fuerzas para poder hacer la determinación de los materiales y dimensiones más precisas de las piezas ya modeladas. Se hizo una nueva investigación sobre este análisis y se encontró un paper en el que ya se había hecho este análisis, pero para una carga que se encuentra en la espalda del individuo, para ser más específicos, la persona está cargando una mochila. [25]. Este análisis nos sirve ya que lo podemos tomar como base, sólo se tendría que adaptar al caso de carga del proyecto, ya que en vez de ser una carga situada en la espalda (el análisis de carga con una mochila), sería una carga situada a la altura de la cadera aproximadamente (análisis de carga con un joven de algarabía).

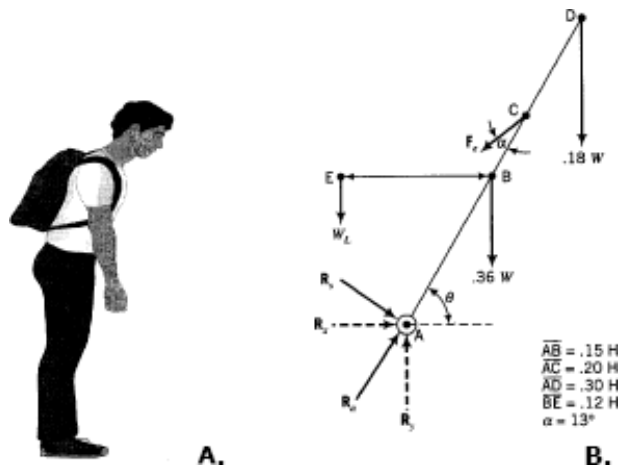


Figura 25 Imagen recuperada del paper "Análisis biomecánico de espalda y brazos para el desarrollo de herramientas portátiles, en el que se muestra el diagrama de cuerpo libre para una carga soportada en la espalda.

## 1.6. Valoración de productos, resultados e impactos

Se logró terminar un diseño **PRELIMINAR** en el que se tiene claro que la principal zona de apoyo es la zona lumbar. A lo largo del diseño se tomó en cuenta la información recabada durante la investigación del estado del arte para su correcto dimensionamiento y apego a las normas de ergonomía. Cabe mencionar que también se tomaron en cuenta los posibles movimientos que el usuario del exoesqueleto pudiera hacer. El diseño también cumple con lo acordado y hablado con los trabajadores de algarabía.

Como es un diseño **PRELIMINAR**, aún queda trabajo por hacer. Una optimización de diseño es posible, análisis de cargas, se necesita hacer selección de materiales, valores reales para calcular el resorte a tensión de la espalda baja y los dos resortes a torsión que van en la zona de la cadera, ver cómo y con quién hacer las bandas ya que es de material textil, se visualizó la posibilidad de que algunas piezas fueran impresas en 3D pero debido al tamaño y a la fuerza que van a actuar en ellas, es necesario que estas piezas sean manufacturadas por Soft Tooling Injection Molding (para este proceso hay algunos proveedores que se encuentran localizados en GDL). También se necesitará tener más visitas a Algarabía para mostrar éste y los siguientes diseños a los trabajadores para tener nuevos acuerdos y feedback sobre las decisiones tomadas en el diseño.

## 1.7. Bibliografía y otros recursos

### Bibliografía

- [1] Algarabía Centro de Día , «Algarabía Centro de Día,» 2024. [En línea]. Available: <https://wordpress.algarabiacentrodedia.org.mx/index.php/quienes-somos/>. [Último acceso: 25 Febrero 2024].
- [2] Algarabía Centro de Día, «Algarabía Centro de Día,» 2024. [En línea]. Available: <https://wordpress.algarabiacentrodedia.org.mx/index.php/centro-de-desarrollo-integral/>. [Último acceso: 25 Febrero 2024].
- [3] «ITESO, Universidad Jesuita de Guadalajara,» 2024. [En línea]. Available: <https://dpti.iteso.mx/>. [Último acceso: 26 Febrero 2024].
- [4] Cruz Roja, «Cruz Roja,» 2024. [En línea]. Available: <https://www2.cruzroja.es/-/como-evitar-algunas-de-las-lesiones-mas-frecuentes-al-cuidar-#:~:text=%C2%BFCu%C3%A1les%20son%20las%20lesiones%20m%C3%A1s>,

- columna%20lumbar%20y%20los%20codos. [Último acceso: 20 Febrero 2024].
- [5] P. A. N.-. S. O. F. A. -S. F. V. J. D. R. GUTIERREZ\*, «EXOESQUELETO MECATRÓNICO PARA REHABILITACIÓN MOTORA,» 23 a 25 Octubre 2007. [En línea]. Available: [https://www.researchgate.net/profile/OscarAviles/publication/228090530\\_Disenoy\\_control\\_de\\_un\\_exoesqueleto\\_de\\_rehabilitacion\\_motora/links/55e5d9c308aec74dbe74dc2f/Diseno-y-control-de-un-exoesqueleto-de-rehabilitacion-motora.pdf](https://www.researchgate.net/profile/OscarAviles/publication/228090530_Disenoy_control_de_un_exoesqueleto_de_rehabilitacion_motora/links/55e5d9c308aec74dbe74dc2f/Diseno-y-control-de-un-exoesqueleto-de-rehabilitacion-motora.pdf). [Último acceso: Enero 2024].
- [6] E. R. a. M. S. Erden, «MDPI,» 17 Septiembre 2022. [En línea]. Available: <https://www.mdpi.com/1424-8220/22/18/7035#metrics>. [Último acceso: 12 Febrero 2024].
- [7] Y. R. Y. Torres-Medina, «Revista UIS Ingenierías,» 4 Abril 2023. [En línea]. Available: Torres-Medina, Y., & Rodríguez, Y. . (2023). Exoesqueletos industriales: siete principios para su implementación desde la perspectiva de la ergonomía . Revista UIS Ingenierías, 22(2), 73–84. <https://doi.org/10.18273/revuin.v22n2-2023007>.
- [8] S. P.-F. D. B. Massardi, «BMC Part of Springer Nature,» 2023. [En línea]. Available: <https://jneuroengrehab.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12984-023-01191-y>.
- [9] «Workplace Use of Back Belts: Review and Recommendations,» 1994. [En línea]. Available: <http://ergoweb.com/pub/info/std/backbelt.html>. [Último acceso: 2024].
- [10] Bosch, «Industry 4.0: The Merging of Man and Machine,» [En línea]. Available: <https://www.bosch.com/stories/industry-4-0-merging-man-and-machine/>. [Último acceso: 2024].
- [11] RB3D, «Exosquelette de manutention,» [En línea]. Available: <https://www.rb3d.com/fr/exosquelettes>. [Último acceso: 2024].
- [12] Life Ward, «Innovation in Motion,» [En línea]. Available: <https://golifeward.com/products/>. [Último acceso: 2024].
- [13] Suitx, «The perfect solution for over-shoulder work,» [En línea]. Available: <https://www.suitx.com/en/products/ix-shoulder-air-exoskeleton>. [Último acceso: 2024].
- [14] EksoBionics, «Lower the number of workers injured on the job with EksoWorks,» [En línea]. Available: <https://eksobionics.com/eksoworks/>. [Último acceso: 2024].
- [15] G. E. J. A. M. E. A. C. y. W. B. M. RADAELLI, «Estructura de soporte ponible y método de soporte del torso». España Patente 2 732 661, 25 11 2019.
- [16] Z. T. Huang He, «Hip Exoskeleton». Estados Unidos Patente WO 2019/060791 A1, 28 3 2019.
- [17] M. M. y. G. M. F. DI PARDO, «APPARATUS WEARABLE BY A SUBJECT FOR ASSISTING FORWARD RECLINING». Italia Patente EP 3 878 602 B1, 12 04 2022.
- [18] D. N. C. y. P. Tommaso, «Exoskeleton for supporting the back of a user». Italia Patente WO2024062364A1, 18 09 2023.
- [19] Denis Burke Drennan, «DYNAMIC HIPSTABILIZER». Estados Unidos Patente US 7,758.481 B2, 20 09 2006.
- [20] H. O. y. K. OHTSUBO, «ASSIST DEVICE». Estados Unidos Patente US 2019/0358807 A1, 24 05 2019.
- [21] M. A. Babcock, «PERSONAL UPPER BODY SUPPORT DEVICE FOR LOWER BACK

MUCLES ASSIST». Estados Unidos Patente US 7,744.552 B1, 29 06 2010.

[22] B. J. Glisan, «BACK SUPPORT SYSTEM». Estados Unidos Patente 5,816,251 , 17 08 1997.

[23] «SHOULDER BRACE.». Estados Unidos Patente 654,173. , 24 07 1900.

[24] «R. E. KELLY.». Estados Unidos Patente 1,371,690., 15 03 1921.

[25] J. R. S. U. F. Á. M. Hugo Andrés López Fisco, «ANÁLISIS BIOMECÁNICO DE ESPALDA Y BRAZOS PARA EL DESARROLLO DE HERRAMIENTAS PORTÁTILES,» SciElo, 12 2008.

[En línea]. Available: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0304-28472008000200022](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0304-28472008000200022). [Último acceso: 04 2024].

## 1.8. Anexos generales

### . Productos

Nombre y código del PAP	Desarrollo Tecnológico para la sustentabilidad ambiental, energética y alimentaria 4D08.
Nombre del proyecto	Desarrollo de exoesqueleto para apoyo a función de cuidadores de personas con problemas de movilidad y de parálisis cerebral.
Descripción (qué es, para quién se realizó y para qué es):	Diseño PRELIMINAR de un exoesqueleto para los trabajadores de Algarabía Centro de día.
Autores:	<ul style="list-style-type: none"><li>• Marcelo Estrada Gómez</li><li>• Erick Agustín Gutiérrez Pérez</li><li>• Víctor Hugo Zaldívar Sanromán</li></ul>

## 3. Reflexión crítica y ética de la experiencia

El objetivo del RPAP es documentar la reflexión sobre los aprendizajes en sus múltiples dimensiones, las implicaciones éticas y los aportes sociales del proyecto para compartir una comprensión crítica y amplia de las problemáticas en las que se intervino.

### 3.1 Sensibilización ante las realidades

#### **Erick Agustín Gutiérrez Pérez**

En mi vida nunca había tenido la oportunidad de interactuar con personas que enfrentan diversos desafíos relacionados los trastornos de aprendizaje. Esta experiencia me ha enseñado mucho y ha impactado mi perspectiva sobre el tema, a parte de que fue por completo algo muy diferente a lo que estoy acostumbrado de la carrera.

Una de las lecciones más importantes que he aprendido es la importancia de la empatía. Al interactuar con los chicos de Algarabía, me he dado cuenta de que cada individuo es único y que sus necesidades son igualmente únicas. Esta empatía me ha permitido reconocer sus esfuerzos. Parte de esta empatía me he hecho darme cuenta de la tan importante labor que tiene los cuidadores de los chicos de Algarabía, ya que el progreso y bienestar de los chicos dependen de ellos. Fue una buena experiencia haber estado con los cuidadores de Algarabía porque de cierta forma fue como ponerse en sus zapatos y ver las situaciones que tiene que lidiar todos los días, como lo es el ayudar a los chicos a levantarse de los sillones, a ayudarlos a asearse, a levantarlos del suelo cuando se necesita y otras labores que son muy desgastantes físicamente. Al final uno como ingeniero debe de entender muy bien las necesidades del “cliente” para poder hacer un producto que cumpla con eso.

#### **Marcelo Estrada Gómez**

Elegí este pap porque siempre me había llamado la atención poder ayudar a las personas desde el ámbito de la ingeniería, y el hecho de utilizar tecnologías como exo-esqueletos para ayudar a rehabilitar personas me emocionaba mucho. Yo en lo personal ya había trabajado un poco con personas con capacidades diferentes, por lo que sabía a donde me estaba adentrando, y además me emocionaba poder ayudar a las personas. Durante un largo tiempo yo cuidaba a mi abuelo ayudándolo a moverse, cambiarse e incluso cargarlo. Ya sabía que los ayudadores o las personas de apoyo también se cansan al asistir a este tipo de personas, física y mentalmente, también convivía mucho con un tío que sufrió un infarto cerebral y termino con lesiones motoras, por lo que a veces me tocaba asistirlo en sus terapias. El hecho de poder diseñar un exo-esqueleto de apoyo para este tipo de personas, me emocionó mucho, ya que sabía perfectamente sobre el problema al que tratábamos de darle una solución, y sabía que sería de gran ayuda. Participar con los integrantes de Algarabía también me hizo

reflexionar bastante, ya que, aunque sabía a lo que me estaba adentrando, nos explicaron que cada una de las personas presenta cualidades diferentes, mismas que se tienen que tratar de una manera en específica, por lo que no puedes usar los mismos métodos de ayuda o rehabilitación con todas las personas, cosa que me dio un panorama más extenso a la hora de buscar este tipo de soluciones.

### **Víctor Hugo Zaldívar Sanromán**

Desde el inicio iba muy motivado a ayudar en lo que se pudiera sin conocer mucho de lo que se vive en Algarabía Centro de Día, al llegar y convivir con las personas que asisten día a día (cuidadores, fisioterapeutas, personas con discapacidad, etc.) me di cuenta de que todo era mucho más profundo de lo que me esperaba, nunca había convivido realmente con personas con ese tipo de discapacidad y aprendí mucho de la forma en que perciben y se comunican con el mundo. También los problemas y dinámicas que lleva día a día los y las cuidadores y fisioterapeutas, se me hizo muy interesante que desde el inicio nos demostraron su interés por la individualidad de cada persona y nos platicaron que cada uno tiene su caso especial, y todos los artículos “generales” realmente no ayudaban para nada por lo específico y único que es cada caso, ahí surgió la idea de en lugar de diseñar un exoesqueleto general de rehabilitación para las personas con discapacidad, más bien ayudar a las personas que los cuidan todos los días. Entendí que cada vez hay menos gente dedicada a esta noble labor y que esto hace que las personas que siguen tengan más trabajo y más posibilidad de alguna lesión, lo que dejaría desatendidas a las personas que los necesitan.

Los principales sentimientos que se despertaron en mí gracias a esta experiencia fueron responsabilidad y empatía, me di cuenta de que tener la oportunidad de ayudar significa que estamos llamados a hacerlo; y ver que hay personas que lo implementan en su vida diaria me lleno de esperanza. Se abrió para mí un nuevo panorama de la carrera en el que puedo hacer lo que me gusta a la vez que ayudo a las personas y pongo mi granito de arena para que el mundo sea un lugar mejor.

### **3.2 Aprendizajes logrados**

### **Erick Agustín Gutiérrez Pérez**

Fuera de los resultados obtenidos en este proyecto, creo que un gran aprendizaje logrado fue en el ámbito social, yo en lo personal soy muy introvertido y el estar conviviendo con las personas de Algarabía me ayudó a tener que romper con eso para poder realizar de forma satisfactoria este proyecto. En el ámbito universitario, una vez más aprendí a poder hacer acuerdos con mis compañeros en cuanto a decisiones porque los 3 teníamos ideas distintas, pero al final se pudo consolidar una sola idea que integraba todo. También me pude adaptar a la forma de trabajo que tienen mis compañeros ya que no había colaborado con ellos durante la carrera hasta este proyecto. Otro aspecto que mejoré y considero que fue donde entró el reto fue en el aspecto disciplinar, ya que sólo le pude dedicar 4 horas diarias al proyecto por cuestiones de trabajo. No siempre terminaba con ganas, pero se tenían que cumplir los entregables.

### **Marcelo Estrada Gómez**

Además de convivir con las personas de algarabía, y aprender a interactuar con personas con diferentes capacidades, mi mayor aprendizaje fue el de investigación, ya que aprendimos a buscar varios tipos de papers y artículos en diferentes bases de datos, al adentrarme cada vez más en el tema, me permitió entusiasarme más, y tomarlo como un pasatiempo, esto me permitió desarrollar más el hábito de la lectura, ya que disfrutaba mucho aprender más sobre el tema de exo-esqueletos y la biomecánica, también aprendí a trabajar en equipo en proyectos más complejos, ya que cada integrante investigaba de un tema y transmitíamos el conocimiento al resto del equipo, de esta manera podíamos ampliar más nuestras búsquedas y no perder tanto el tiempo.

### **Víctor Hugo Zaldívar Sanromán**

Logré desarrollar mis habilidades de investigación, gracias a este PAP entendí la importancia de buscar información en diferentes fuentes, aprender de las áreas de oportunidad de personas que ya se habían metido a investigar y reportar temas que nos sirvieron. Aprendí a organizarme mejor ya que, tener más responsabilidades tanto en casa como en la escuela y trabajo hace que sea necesario medir bien ms tiempos, si no todo se junta y es difícil cumplir con algo de calidad.

Me gustó como colaboramos en equipo esta dinámica de investigar de diferentes temas o encargarnos de diferentes cosas y luego explicarlo de forma resumida al equipo ayudó mucho con los tiempos, también como mis compañeros se involucraban no solo en el proyecto, sino con las personas, aprendimos como comunicarnos a través de dibujos e imágenes con las personas con discapacidad mental.

Creo que el mayor reto fue encontrar como integrar y hacer sinergia con las ideas del equipo, y empezar con un objetivo nada específico para desarrollar un proyecto completo, a la vez esta libertad creativa nos permitió explayarnos y luego combinar las habilidades de cada uno para tener un producto del que nos sentimos orgullosos.