

**EVALUACIÓN DE LA FACTIBILIDAD DE LA CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA “DOUBLE-DRUM FATIGUE TESTING” PARA PROBAR SILLAS DE RUEDAS BAJO NORMA ISO 7176 EN COLOMBIA**

**LUISA MARÍA MONTOYA VÁSQUEZ**

**Trabajo de grado para optar al título de Ingeniera Biomédica**

**Andrés Torres Velásquez, M.A  
Investigador del grupo GIBEC**



**UNIVERSIDAD EIA  
UNIVERSIDAD CES  
INGENIERÍA BIOMÉDICA  
ENVIGADO  
2017**

A mi familia que durante todos estos años de esfuerzo tomo mis sueños como si fueran suyos; a mis padres que estuvieron siempre enseñándome a volar a niveles más altos y a mi hermana que tomo mi mano en cada tropiezo para llenarme de vida. A ustedes que sin dudar me han dado su apoyo, paciencia, amor y dedicación en cada ciclo que he cerrado, el que hoy se cierra y aquellos que hoy se abrirán.

## **AGRADECIMIENTOS**

A las instituciones que participaron en este proyecto permitiendo su exitoso desarrollo y quienes estuvieron siempre atentas a colaborar en todos los aspectos durante este tiempo.

A los profesores Yesid Montoya Góez y Camilo Sylva Sánchez por su apoyo y dedicación en las diferentes actividades durante el desarrollo de este trabajo.

Por ultimo pero no menos importante un agradecimiento inmenso a todos los docentes que hicieron parte de mi formación académica y me dieron las bases suficientes para hoy llegar a este punto; de igual manera a todas las personas que de una u otra forma me acompañaron en este camino que hoy tiene resultados tan satisfactorios.

A todos mis más sinceros agradecimientos.

# CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	14,15
1. PRELIMINARES	16-24
1.1 Contexto y caracterización del problema	16,17
1.1.1 Planteamiento del problema	17
1.2 Objetivos del proyecto	17-18
1.2.1 Objetivo general	17
1.2.2 Objetivos específicos	17,18
1.3 Marco de referencia	18-24
1.3.1 Antecedentes	18,19
1.3.2 Marco teórico	19-24
1.3.2.1 Qué es un estudio de factibilidad	19
1.3.2.2 Contenido de un estudio de factibilidad	19
1.3.2.3 Historia de la silla de ruedas	20,21
1.3.2.4 Clasificación de la silla de ruedas	21
1.3.2.5 Test para evaluación de sillas de ruedas	21
1.3.2.6 Instituciones evaluadoras y certificadoras de sillas de ruedas	21,22
1.3.2.7 Sistemas para evaluación de sillas de ruedas	22,23
1.3.2.8 Normatividad	23,24
2. METODOLOGÍA	25,26

3. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	27-85
3.1 Resumen ejecutivo	27
3.2 Identificación de la norma ISO 7176-8	28-38
3.2.1 Requisitos	28,29
3.2.2 Aparato de prueba	29
3.2.2.1 Máquina de prueba de tambor múltiple	30,31
3.2.3 Preparación de la silla de ruedas a ensayo	31,32
3.2.4 Secuencia de la prueba	32
3.2.5 Prueba de fatiga	33-36
3.2.5.1 Preparación de la silla de ruedas para ensayo de fatiga	33
3.2.5.2 Prueba de tambor múltiple	33,34
3.2.5.2.1 Ajuste de la máquina de prueba	33,34
3.2.5.2.2 Ensayo a sillas de ruedas manuales	34
3.2.5.2.3 Medida preliminar de potencia para sillas de ruedas eléctricas	35
3.2.5.2.4 Ensayo a sillas de ruedas eléctricas	36
3.2.6 Evaluación de los resultados de la prueba	36,37
3.2.6.1 Evaluación y registro de las pruebas individuales	36,37
3.2.6.2 Evaluación al final de la prueba	37
3.2.7 Informe de prueba	37,38
3.3 Estudio de mercado	38-58
3.3.1 Estudio del producto	38-42

3.3.1.1 Identificación del producto (diseño)	38,39
3.3.1.2 Especificaciones técnicas	40
3.3.1.3 Durabilidad	40,41
3.3.1.4 Productos sustitutos y complementarios	41
3.3.1.5 Comercialización	41,42
3.3.2 Estudio de la demanda	42-49
3.3.2.1 Distribución y tipología de los consumidores	42,43
3.3.2.1.1 Discapacidad en Colombia	42,43
3.3.2.1.2 Potenciales consumidores	43,44,45
3.3.2.2 Determinación de la demanda actual y futura	46
3.3.2.3 Determinación de la fracción de demanda que atenderá el proyecto	47
3.3.2.4 Factores que condicionan la demanda actual y futura	47
3.3.3 Estudio de la oferta	48-56
3.3.3.1 Distribución y tipología de los oferentes	48-56
3.3.3.1.1 Oferentes en Colombia	48,49
3.3.3.1.2 Oferentes	49,50,51,52,53,54,55,56
3.4 Estudio técnico del proyecto	57-70
3.4.1 Estudio técnico financiero	57-65
3.4.1.1 Maquinaria	57,58
3.4.1.2 Herramientas	58,59,60,61
3.4.1.3 Requerimientos de insumo	61,62,63

3.4.1.4 Disponibilidad de insumos, maquinaria y herramientas	64
3.4.1.5 Insumos sustitutos	65
3.4.2 Estudio técnico del dispositivo	65-70
3.5 Estudio financiero	71-78
3.5.1 Necesidades totales de capital	71,72
3.5.2 Capital de trabajo	72,73,74
3.5.3 Modalidad de financiación de ser necesario	74
3.5.4 Relación beneficio costo	74,75,76,77
3.5.5 Costos y gastos de operación	77,78
3.6 Aspectos legales y ambientales	78-80
3.6.1 Estudio y definición de la norma constitucional y otras leyes que regulan el proyecto	78,79
3.6.2 Aspectos ambientales que corresponden a este proyecto	79
3.6.3 Aspectos legales que favorecen o limitan el desarrollo del proyecto	80
3.7 Aspectos de higiene y seguridad industrial	80-89
3.7.1 Normatividad colombiana para la higiene y seguridad industrial	80,81,82
3.7.2 Aspectos de higiene y seguridad industrial que corresponden a este proyecto	82-89
4. CONCLUSIONES Y CONSIDERACIONES FINALES	90
5. REFERENCIAS	91-98
ANEXO 1	99

ANEXO 2	100
ANEXO 3	101
ANEXO 4	102
ANEXO 5	103
ANEXO 6	104
ANEXO 7	105
ANEXO 8	106-109
ANEXO 9	110-112



## LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Fuerzas máximas de operación	32
Tabla 2. Ficha técnica del sistema double drum fatigue testing	40
Tabla 3. Censo DANE discapacidad motriz 2005	43
Tabla 4. Listado de los clientes potenciales para el proyecto	44
Tabla 5. Proyección de la demanda	46
Tabla 6. Listado de instituciones internacionales certificadoras	50
Tabla 7. Requerimientos de maquinaria para el proyecto	58
Tabla 8. Requerimientos de herramientas para el proyecto	58,59,60,61
Tabla 9. Requerimientos de insumos para el proyecto	61,63,63
Tabla 10. Maquinaria, herramientas e insumos disponibles en la Universidad EIA	64
Tabla 11. Necesidades totales de capital para el proyecto	71
Tabla 12. Ingresos por servicios	72
Tabla 13. Capital de trabajo del proyecto estimado a 5 años	73
Tabla 14. Flujo de caja del proyecto a 5 años de operación	75
Tabla 15. Determinación del costo Ke y WACC del proyecto	76
Tabla 16. Determinación del VPN y PRI del proyecto	77
Tabla 17. Niveles de ruido permitidos por zona receptora	83
Tabla 18. Máximo nivel de exposición diaria de los trabajadores al ruido	85

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Double drum fatigue testing machine	22
Figura 2. Curb drop testing machine	23
Figura 3. Mapa de requisitos de resistencia	28
Figura 4. Mapa de requerimientos para el aparato de prueba “multi drum test”	30
Figura 5. Ubicación de las tablillas en los rodillos	31
Figura 6. Medidas de las tablillas	31
Figura 7. Mapa de preparación de la silla de ruedas para la prueba	31
Figura 8. Diagrama de flujo de la evaluación completa de la silla de ruedas	32
Figura 9. Mapa preparación de la silla para ensayo de fatiga	33
Figura 10. Mapa para ajuste de la máquina de prueba	33
Figura 11. Prueba a sillas de ruedas manuales	34
Figura 12. Mapa para la medida preliminar de potencia en sillas de ruedas eléctricas	35
Figura 13. Mapa para la prueba de sillas eléctricas	36
Figura 14. Diseño del sistema en Solid Edge. Vista alzado-derecha	38
Figura 15. Diseño del sistema en Solid Edge. Vista alzado-izquierda	39
Figura 16. Explosionado de diseño en Solid Edge	39
Figura 17. Porcentaje de discapacidades en Colombia	43
Figura 18. Encuesta de mercado	45
Figura 19. Esquema del Sistema Nacional de Calidad en Colombia	50

Figura 20. Esquema de acreditación y evaluación por ONAC	51
Figura 21. Tamaño del mercado penetrado por TUVRheinland	53
Figura 22. Información financiera de TUVRheinland en los 3 últimos años	53
Figura 23. Vista Iso, simulación FEA para 246.39N	66
Figura 24. Vista lateral, simulación FEA para 246.39N	67
Figura 25. Vista inferior con corte, simulación FEA para 246.39N	67
Figura 26. Marcador de máximo, simulación FEA para 246.39N	67
Figura 27. Esfuerzo máximo, simulación FEA para 236.39N	68
Figura 28. Desplazamiento, simulación FEA para 236.39N	68
Figura 29. Vista Iso, simulación FEA para 446.20N	69
Figura 30. Vista lateral, simulación FEA para 446.20N	69
Figura 31. Vista inferior con corte, simulación FEA para 446.20N	69
Figura 32. Marcador de máximo, simulación FEA para 446.20N	70
Figura 33. Esfuerzo máximo, simulación FEA para 446.20N	70
Figura 34. Desplazamiento, simulación FEA para 446.20N	70

## LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1: Cotización de instituto MET para la evaluación y certificación de una silla de ruedas	99
Anexo 2: Planos de barandas y base en Solid Edge	100
Anexo 3: Planos de rodillos en Solid Edge	101
Anexo 4: Plano de tablilla en Solid Edge	102
Anexo 5: Planos acople y correa en Solid Edge	103
Anexo 6: Planos poleas en Solid Edge	104
Anexo 7: Plano chumacera en Solid Edge	105
Anexo 8: Modelo para el reglamento de higiene y seguridad industrial	106-109
Anexo 9: Plan de negocios con la disponibilidad de maquinaria, herramientas e insumos dentro de la institución	110-112

## RESUMEN

Crear dispositivos de rehabilitación no es solo el ensamble de sus partes, sino también poner a prueba cada uno de los componentes que darán como resultado final un vehículo de transporte conducido por alguien que lo necesita para su subsistencia, y donde la mala calidad de uno u otro componente, originan el desajuste que representa desde un accidente sin consecuencias, hasta la misma muerte de quien lo utiliza. La falta de evaluación y certificación en Colombia, así como los limitados recursos para acceder a una certificación extranjera por sus altos costos, han impulsado la idea de desarrollar un sistema para la evaluación de sillas de ruedas dentro del país; dicho sistema permite realizar una evaluación a los dispositivos simulando una variedad de terrenos y un uso a largo plazo bajo estándares internacionales.

Con el fin de determinar la viabilidad de dicho proyecto mediante la relación beneficio-costos, se desarrolló un estudio de factibilidad basado principalmente en la demanda analizada del interés del mercado y los beneficios que consideran las empresas que este puede traerle; de igual manera en el estudio de la norma ISO 7176-8 y los requerimientos que esta tiene para la creación del sistema “double-drum fatigue testing”. A partir de los resultados, se realizó el diseño del sistema en Solid Edge y con esto se desarrolló el estudio técnico para la identificación de las necesidades en la construcción; con lo obtenido por el estudio de mercado se realizó una determinación de la demanda actual y futura, y a su vez la demanda que atenderá el proyecto. La viabilidad financiera del proyecto se determinó a partir del flujo de caja y el costo de capital (VPN). Los demás factores importantes como el análisis de la oferta y la reglamentación Colombiana que afecta el proyecto se desarrolló mediante una búsqueda bibliográfica.

De esta manera, se concluyó el nivel de la relación beneficio-costos en la construcción de un sistema como este dentro del país; el cual puede aportar no solo asegurando a los usuarios una mejor calidad, sino también mejorando la competitividad de los productos de empresas Colombianas a nivel nacional e internacional.

Palabras claves: ISO 7176-8, diseño, demanda, financiero, legales, industrial.

## ABSTRACT

Creating rehabilitation devices is not just about joining part together, but it also is to put to test every single one of the components that will make up a transportation vehicle for someone that will need it for subsistence and where bad quality in one or many of the components, can mean bad adjustments for the vehicle; that could potentially create accidents without consequences or even cause death to the vehicle's user. The lack of testing and certification of devices in Colombia, and also the lack of monetary resources to obtain even a foreign certification have driven the idea to develop a system to test wheel chairs in Colombia; the system will allow to test the devices by simulating a different a variety of land, and it will also allow to test durability for long term use of the device under international standards.

The goal was to determine the viability of the project through a cost-benefit relation, and so, a study of feasibility was developed. It based mainly on the analyzed demand of the market's interest and the benefit this can bring to the companies in the market; in the same manner, the study was also based on the rule ISO 7176-8 taking into account its requirements for the creation of the "Double Drum Fatigue Test". Starting from the results, a design for the testing system was developed using the program Solid Edge; and from there a technical study was made to identify what is being needed for the construction of the testing system. With the results of the market study, a determination on the present and future demand of the testing system was made. The actual cash flow and capital costs (VPN) for the construction of the testing system were used to determine the financial viability. All other results from important factors like offer analysis and the Colombian regulations that affect this project directly or indirectly were obtained by a bibliographic search.

With all of these results in hand, the level of the cost-benefit relation in the construction of the testing system in Colombia was pinpointed. The system will not only contribute to the better quality of devices for the users, but it will improve the competitiveness of the products from Colombian companies at the national and international levels.

Key Words: ISO 7176-8, design, demand, financial, legal, industrial.

## INTRODUCCIÓN

Los estándares son documentos creados con el fin de establecer un nivel mínimo de rendimiento y estandarizar elementos como métodos de prueba, especificaciones, propiedades, definiciones o prácticas (University of Vermont, 2015); su uso es importante por la generación de diversas condiciones como accesibilidad, uso intuitivo, interconectividad y por su puesto como aplica en este proyecto, los estándares de desempeño aseguran que las características operan de una manera segura y suficiente para satisfacer las necesidades de los usuarios (Constantine, 2009).

Lamentablemente, la aplicación de un standard es un acto voluntario que junto al costo y el proceso que conlleva una certificación, hace que las compañías accedan a utilizar el standard solo en respuesta a la presión de la competencia o la demanda en el mercado; cuestión por la que por ejemplo en Colombia no se ha creado la necesidad de instituciones certificadoras o fabricantes con productos certificados bajo esta norma hasta el momento. Sin embargo, en su esfuerzo por generar superioridad de productos, International Organization for Standardization (ISO) sigue contribuyendo con el planteamiento de estándares internacionales que traen beneficios reales y medibles en cuanto a calidad y confiabilidad en casi todos los sectores con el fin de garantizar que los materiales, productos, procesos y servicios son aptos para su propósito (ISO, 2017).

Dentro de los 21.554 estándares diseñados hasta el momento y destacando el sector de la rehabilitación, ha sobresalido la norma ISO 7176 con enfoque a la población usuaria de sillas de ruedas, considerando el aumento de los registros de discapacidad en los últimos años dentro y fuera del País. Su funcionamiento se apoya básicamente en la medición de la resistencia a la fatiga para determinar la durabilidad de las sillas de ruedas y sus componentes expuestos a un largo periodo de bajos niveles de estrés que simulan un estrés acumulativo de entre 3 a 5 años (Rory A. Cooper, 1995); gracias a su exigencia, eficacia y precisión, la norma aplicada a través del sistema double drum fatigue testing ha predominado en diversos países y entidades con una alta confiabilidad en los resultados.

Siendo conscientes de que la seguridad de quien utiliza un medio de transporte cualquiera, es directamente proporcional al tiempo y empeño que pongan los creadores o diseñadores de ese vehículo en cada uno de los aspectos necesarios para que este se convierta en un utensilio adaptado al entorno por el cual va a desplazarse; el presente trabajo de grado plantea la importancia de la aplicación de un sistema para certificar sillas de ruedas en Colombia basados en los requerimientos de la norma internacional ISO 7176, con el fin de medir y mejorar la calidad en los productos nacionales y así ofrecer productos competitivos no solo

dentro del país sino también al nivel de productores internacionales; al mismo tiempo que estudia la respuesta del mercado manufacturero Colombiano según el interés y la demanda proyectada adquirida a través del estudio de factibilidad que determina el grado de viabilidad de poner en marcha un proyecto de gran alcance como este.

El primer capítulo expone el problema a solucionar, así como una derivación del mismo en subcapítulos claves para hacer la sustentación más clara y detallada. Seguido, en el segundo capítulo, se expone la metodología utilizada por cada objetivo planteado, cuyos resultados se muestran en el capítulo siguiente. Para el tercer capítulo, igualmente dividido en subcapítulos, se desarrolla el proyecto mostrando los resultados obtenidos por cada paso en la metodología; incluye en general una identificación detallada de la norma, estudio de mercado, estudio técnico del producto, estudio financiero, aspectos legales y ambientales así como aspectos de higiene y seguridad industrial. Por último, para dar por terminado este proyecto se determinaron las conclusiones y consideraciones a tener en cuenta para la interpretación de los resultados finales de este trabajo y trabajos relacionados a futuro.



# 1. PRELIMINARES

## 1.1 CONTEXTO Y CARACTERIZACIÓN DEL PROBLEMA

La silla de ruedas es un vehículo de uso individual que permite el traslado o movilidad de personas en situación de discapacidad; ya sea total o parcial, permanente o temporal y que se adapta a su grado de discapacidad y las necesidades que ella genera. Anteriormente, más o menos 50 años atrás, las sillas de ruedas podían encontrarse en un solo estilo y color. Ahora hay gran variedad de ellas; tantas, que pueden separarse en dos grandes grupos importantes: manuales y de motor. Este gran avance ha permitido que las sillas de ruedas ya no sean solo la unión de una silla y ruedas sino la concepción de un dispositivo ortésico capaz de satisfacer las necesidades de movilidad de todo tipo de usuario (Cooper, 1995).

Al mismo tiempo en que desarrollaron las sillas de ruedas, los estándares para evaluarlas no se hicieron esperar. La creación de normas de evaluación se referencia desde la mitad de 1960, American National Standards Institute (ANSI) junto con International Standards Organization (ISO) han estado trabajando en conjunto con un multidisciplinario comité de Rehabilitation Engineering and Assistive Technology Society of North America (RESNA) en el desarrollo de los estándares para sillas de ruedas (Cooper, 1995). Los primeros estándares para evaluación estuvieron basados en simples test para determinar la resistencia estática, fiabilidad, capacidad de control y el consumo de energía (Cooper, 1995).

Los usuarios de sillas de ruedas necesitan que su dispositivo sea cómodo, durable, económico y seguro. Una silla de ruedas de baja calidad y que no es durable resultará más onerosa para el usuario, por la necesidad de reparaciones frecuentes y en caso extremo reemplazo final de la silla; además sus fallas podrían causar problemas e su vida cotidiana. Gran cantidad de la población usuaria es de bajos recursos, vive en casas pequeñas situadas en lugares inaccesibles; lugares donde los sistemas viales son malos, los pavimentos escasean y el clima y el terreno son a menudo extremos (Organización Mundial de la Salud, 2008). Estas características agilizan el deterioro o daño del dispositivo, y ayudan a que fácilmente se presenten fallas sino está diseñado y probado de una manera adecuada. Dichas barreras físicas agregan exigencias a la resistencia y durabilidad de las mismas (Organización Mundial de la Salud, 2008); haciendo necesario la evaluación de los dispositivos, para asegurar que independientemente de las condiciones locales en donde se use, será resistente a ellas.

Diversos países cuentan con entidades evaluadoras y certificadoras de alta calidad reconocidas a nivel mundial; entre ellos se encuentra Estados Unidos, donde para 1959 se fundó la primera entidad certificadora, actualmente conocida como MET. Dicha entidad estableció entre 1999 y 2012 sus servicios en 5 nuevas localidades del mundo entero; Union City y Santa Clara, ambas en California; Shenzhen, china; Austin, Texas y Milán, Italia (MET, 2015). Adicionalmente, China cuenta con otra institución certificadora conocida como TUV Rheinland (TUV Rheinland, 2016) y Estados Unidos con la Universidad de Pittsburg (Pittsburgh, 2016). En Inglaterra se pueden evaluar y certificar los dispositivos, el servicio se puede conseguir a través de páginas web como Disabledgear.com (Disablegear, 2016).

Después de haber consultado con la entidad certificadora MET el precio de este proceso de evaluación, se obtuvo como resultado un costo de 20.000 USD para el 2016, alrededor de 61'104.800 pesos Colombianos que varía con el precio del dólar y sin contar con los gastos de envío de la silla. Por tal motivo, se hace necesario estudiar la factibilidad de construir un dispositivo para evaluación de sillas de ruedas en Colombia, que permita disminuir el costo de evaluación y asegurar la excelencia del vehículo. Todo esto, mediante pruebas que muestren la buena escogencia del material, diseño y construcción; con el fin de que todas las sillas importadas y construidas en Colombia sean evaluadas con rigurosidad y aprobadas bajo la norma ISO 7176; y que mediante esta se asegure al usuario, un dispositivo durable que le ayudara en la mejora de sus condiciones de vida sin traerle riesgos o accidentes futuros.

### **1.1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Se requiere evaluar la factibilidad de la construcción del sistema “double-drum fatigue testing” para evaluar sillas de ruedas bajo la norma ISO 7176; que permita a las instituciones productoras o distribuidoras de sillas de ruedas y los usuarios tener la certificación en sus productos.

## **1.2 OBJETIVOS DEL PROYECTO**

### **1.2.1 Objetivo General**

Evaluar la factibilidad de la construcción del sistema “double-drum fatigue testing” para probar sillas de ruedas bajo norma ISO 7176 en Colombia.

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

- ➔ Identificar los aspectos más relevantes de la norma ISO 7176, que se deberán tener en cuenta en la construcción de un sistema para probar sillas de ruedas.

- Realizar el estudio de mercado, técnico, financiero y definir los aspectos legales y ambientales.
- Definir los aspectos de higiene y seguridad industrial, para la identificación, evaluación y análisis de posibles riesgos; así como las recomendaciones específicas para el uso y control del dispositivo.

### 1.3 MARCO DE REFERENCIA

#### 1.3.1 Antecedentes

Instituciones que se han cuestionado por la seguridad del uso de estos dispositivos, han desarrollado estudios años atrás que se han convertido en los pioneros tanto de la mejora en las sillas de ruedas, como en el avance de los estándares que ayudan a regularlas. Roy A. Cooper, el más importante de los contribuyentes al tema en cuestión, fue precursor de las técnicas para probar sillas de ruedas y participe en todos los experimentos que guardan relación con el objetivo de la presente investigación.

**- Power wheelchair range testing and energy consumption during fatigue testing:** El propósito principal de este estudio fue evaluar la factibilidad de tres métodos en la estimación de la gama de sillas de ruedas eléctricas. Otro objetivo importante fue comparar el consumo de corriente en el pavimento con el consumo de corriente en un probador de la Organización Internacional de Normalización (ISO) de doble tambor. Las pruebas se realizaron en siete sillas de ruedas eléctricas diferentes descargadas, y cargadas con un maniquí de prueba ISO de 100 kg. El consumo de energía se midió a una distancia de 1500 m para cada uno de las tres condiciones de prueba (pista, esfuerzo y doble tambor). Los estudios revelaron que entre las pruebas de pista y esfuerzo no hay diferencia en el consumo de energía; mientras que el consumo en las pruebas de doble tambor es significativamente diferente ( $p \leq 0.05$ ) a las dos anteriores (Rory A. Cooper, David P. VanSickle, Steven J. Albright, Ken J. Stewart, Margaret Flannery, 1995).

**- Evaluation of lightweight wheelchairs using ANSI/RESNA testing standards:** Las sillas de ruedas ligeras se caracterizan por su bajo coste y gama limitada de ajuste. En este estudio evaluaron tres diferentes modelos de sillas de ruedas ligeras utilizando los estándares de American National Standards Institute/Rehabilitation Engineering Society of North America (ANSI/RESNA) para ver si la calidad ha mejorado desde que ellos mismos informaron en estudios anteriores. Se realizaron pruebas de estabilidad estática, impacto y resistencia a la fatiga. Todas las sillas en estudio pasaron las pruebas de estabilidad e impacto pero no las de fatiga en varias partes de la estructura (Benjamin Gebrosky, Jonathan Pearlman, Rory A. Cooper, Rosemarie Cooper, 2013).

Según (Cooper, 1995) las pruebas regidas por normas estándar que se realizan a sillas de ruedas son: prueba de resistencia al impacto y prueba de resistencia a la fatiga. A su vez, la primera de ellas se divide en prueba de esfuerzo estático, prueba de impacto y estabilidad de impacto hacia adelante; y la segunda se divide en pruebas de fatiga de doble tambor y prueba de caída.

### **1.3.2 Marco teórico**

#### **1.3.2.1 ¿Qué es un estudio de factibilidad?**

Por factibilidad se entiende a la disponibilidad de recursos necesarios para llevar a cabo los objetivos o metas señaladas, apoyándose en tres aspectos principales: operativo, técnico y económico. (Productos, 2009)

Ahora, cuando se realiza un estudio de factibilidad se usa como herramienta para recopilar los datos relevantes sobre el desarrollo de un proyecto y en base a ellos tomar la mejor decisión, si procede su estudio, desarrollo o implementación. El estudio de factibilidad tiene dos objetivos principales a) Auxiliar a una organización o proyecto a lograr sus objetivos, b) cubrir las metas con los recursos actuales en las áreas técnicas, económicas y operativas (Productos, 2009).

#### **1.3.2.2 Contenido de un estudio de factibilidad**

Según (Productos, 2009).

1. Introducción.
2. Resumen ejecutivo.
3. Situación actual.
4. Estudio de factibilidad.
  - 4.1 Objetivo del estudio.
  - 4.2 Características del proyecto.
  - 4.3 Políticas económicas e industriales que favorecen o limitan el desarrollo del proyecto.
  - 4.4 Estudio del mercado.
  - 4.5 Estudio técnico.
  - 4.6 Estudio financiero.
  - 4.7 Cronograma de ejecución.
  - 4.8 Aspectos legales.
  - 4.9 Aspectos ambientales.
  - 4.10 Aspectos de higiene y seguridad industrial.
  - 4.11 Conclusiones y recomendaciones.

#### **1.3.2.3 Historia de la silla de ruedas**

El primer vehículo de ruedas fue desarrollado hace más de 20.000 años atrás aproximadamente (Cook & Miller Polgar, 2008); pero solo hasta 1588 en Europa se registra la existencia de una silla de ruedas en la literatura (Trujillo, circa 1960), cuya estructura era de madera con ruedas de madera maciza.

En 1700 King Phillip V de España, utilizó una silla de ruedas cuyo diseño fue usado por más de 200 años. Este diseño constaba de ruedas y radios de madera, espaldar reclinable y un reposapiernas regulable (Cook & Miller Polgar, 2008). Países como Estados Unidos, empezaron a usar este dispositivo solo hasta la guerra civil; para finales de la guerra, las sillas tenían asiento y espaldar de mimbre y llantas de metal en las ruedas. A finales de 1870 las ruedas de radio se empezaron a usar dominando la industria hasta 1930. (Cook & Miller Polgar, 2008).

En 1932 Mr. H. A. Everest, un ingeniero de minas quien sufrió una lesión en la médula espinal, trabajó en conjunto con Mr. H. C. Jennings, un ingeniero mecánico. Desarrollaron la primera silla de ruedas plegable usando la construcción X-brace; este diseño era de peso ligero y al plegarse medía solo 10 pulgadas. Everest and Jennings crearon la compañía E & J Wheelchairs, que dominó la industria por un tiempo con su diseño y unas modificaciones en materiales y accesorios (Cook & Miller Polgar, 2008).

Después de la segunda guerra mundial, las sillas de ruedas deportivas comenzaron a ser parte del programa de rehabilitación en el hospital Stoke Mandeville de Reino Unido. El propósito fue incentivar el ejercicio al mismo tiempo que se proporcionaba una forma de recreación para las personas que habían sido heridas durante la guerra. La idea fue todo un éxito y se extendió a otros países; finalmente, condujo a la primera competición internacional de silla de ruedas deportiva, que se celebró en 1952 (Cook & Miller Polgar, 2008). Atletas en situación de discapacidad compitieron en 1960, en el mismo lugar que los atletas olímpicos (Copper, 1998).

Personas con impedimentos en la movilidad empezaron a modificar sus propias sillas para que se adaptaran a su necesidad (Copper, 1998). Esas necesidades permitieron desarrollar a finales de 1970 sillas de ruedas más maniobrables y ligeras que podían ser usadas en carreras, basketball, tenis y otros deportes; también permitieron desarrollar una silla más rígida y más fuerte que proporcionaba un mejor viaje (Cook & Miller Polgar, 2008).

Los avances en deportes y sillas ultraligeras permitieron que las sillas de ruedas terminaran convirtiéndose en sillas de uso diario. Las sillas de motor son las más recientemente desarrolladas; aunque se emitió una patente en 1940, ese sistema no se volvió común hasta 1957. El primer modelo fue una silla plegable con motor de automóvil y baterías adicionales que funcionaba a una sola velocidad; gradualmente los ingenieros comenzaron a desarrollar nuevos diseños

especialmente en sillas de motor, el desarrollo de electrónica y tecnología computacional también influenciaron en los sistemas de movilidad (Cook & Miller Polgar, 2008).

Los cambios en la tecnología de la silla de ruedas, durante el último siglo hicieron de las personas con limitaciones en movilidad, persona más independientes y participativas en la sociedad. Hoy se encuentran sillas basadas en los primeros diseños pero con avances en materiales, controladores electrónicos y diversidad de estilos tanto manuales como de motor.

#### **1.3.2.4 Clasificación de la silla de ruedas**

Según (Cooper R. A., 1995) las sillas de ruedas se dividen en dos categorías principales, que a su vez pueden dividirse de acuerdo a las características o necesidades.

##### **1. Manual**

- a) Ligera: Para usos exigentes y físicos. Incluye ultraligera y deporte.
- b) normal: Para uso diario moderado.
- c) Institucionales: Para uso temporal, a corto plazo o en interiores.

##### **2. Motor**

- a) Para uso activo en interiores o exteriores.
- b) Uso activo en interiores con algún uso en exteriores.
- c) Solo uso en interiores.

#### **1.3.2.5 Test para evaluación de sillas de ruedas**

De acuerdo con (Cooper R. A., 1995) todas las sillas manuales y de motor son evaluadas; sin embargo los test varían acorde al tipo de producto que va a ser estudiado. En general, los test para sillas de ruedas se pueden agrupar en tres categorías:

- 1. Test de estabilidad (dinámica y estática).
- 2. Test de resistencia (estática, impacto y fatiga).
- 3. Test de consumo de energía.

#### **1.3.2.6 Instituciones evaluadoras y certificadoras de sillas de ruedas**

A nivel mundial, existen instituciones en diversos países que realizan la evaluación y certificación de sus dispositivos de acuerdo a la normatividad que rige en cada país.

Las organizaciones más reconocidas se encuentran en Estados Unidos y China; cuyas instituciones ofrecen sus servicios en otros países.

- Instituto MET en Estados Unidos. Ofrece sus servicios en 5 localidades; Union City y Santa Clara, ambas en California; Shenzhen, china; Austin, Texas y Milán, Italia (MET, 2015).
- TUV Rheinland en China (TUV Rheinland, 2016).
- Universidad de Pittsburgh en Estados Unidos (Pittsburgh, 2016).

### 1.3.2.7 Sistemas para evaluación de sillas de ruedas

#### → Double-drum fatigue testing

Las fallas en las sillas de ruedas y sus componentes pueden ocurrir debido a una gran cantidad de estrés (Cooper R. A., 1995).

El doble tambor ISO fue diseñado para evaluar la durabilidad de las sillas de ruedas manuales bajo cargas dinámicas, este test requiere que la silla sea puesta sobre dos rodillos. Como se puede ver en la figura 1, las ruedas frontales deben ir en el primer rodillo y las traseras en el segundo. Se atornillan correas al laminado para simular golpes y los rodillos se giran a una velocidad de 1 m/s. Tanto el rodillo para las ruedas delanteras como traseras comparten un eje común; las ruedas delanteras giran 5% más rápido que las ruedas traseras, de manera que el golpe nunca va a ser recibido al mismo tiempo por las 4 llantas durante la prueba (Cooper R. A., 1995).

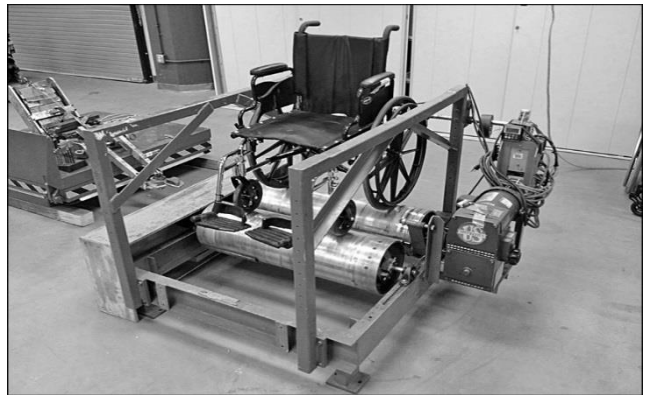


Figura 1. Double-drum fatigue testing machine. Tomado de (Cooper R. A., 1995).

El dispositivo de doble tambor ISO solo examina la ocurrencia de fallas catastróficas debido a los golpes a una velocidad fija, y el test se hace hasta que la mayor falla en la estructura se presenta o hasta que el número de ciclos especificados por el fabricante de la silla sean excedidos. Una silla de ruedas debe soportar 200.000 ciclos de doble tambor para estar de conformidad con la norma ISO (Cooper R. A., 1995).

#### → Curb drop testing

Este test fue diseñado para simular las condiciones de caída libre desde una altura determinada, de una silla con su ocupante en una disposición normal (Cooper R. A., 1995).



Cualquier aparato que proporciona caída libre para la silla de ruedas y el maniquí en una superficie sólida plana es aceptado. La silla de ruedas debe empezar la caída horizontalmente y estar libre para rotar. Las ruedas deben rotar para evitar crear puntos planos y una carga irrealista de la silla de ruedas (Cooper R. A., 1995).



Figura 2. Curb drop testing machine.  
Tomado de (Cooper R. A., 1995).

Hay dos métodos utilizados actualmente para hacer el test según (Cooper R. A., 1995):

1. La silla de ruedas es colocada sobre una placa de metal larga que se levanta y se acelera lejos de la silla de ruedas.
2. La silla de ruedas es levantada por cables amarrados al maniquí en un extremo y al chasis en otro como se puede ver en la figura 2; la silla se levanta con el chasis y luego cae cuando el chasis es impulsado hacia abajo.

Las sillas de ruedas son cargadas con un maniquí apropiado (50,75 o 100kg) para 1/30 de los números de ciclos especificados para el test de doble tambor; las sillas de ruedas en esta prueba necesitan pasar 6.666 ciclos para estar de conformidad con la norma ISO (Cooper R. A., 1995).

### **1.3.2.8 Normatividad**

La serie de normas ISO 7176 consta de las siguientes partes (ISO, 2014):

Parte 1: Determinación de estabilidad estática.

Parte 2: Determinación de estabilidad dinámica de sillas de ruedas eléctricas.

Parte 3: Determinación de la eficiencia de los frenos.

Parte 4: Determinación del consumo de energía de sillas de ruedas eléctricas.

Parte 5: Determinación de las dimensiones totales, masa y espacio de giro.

Parte 6: Determinación de la velocidad máxima, aceleración y retardo de sillas de ruedas eléctricas.

Parte 7: Medidas dimensionales del asiento y rueda.

Parte 8: Requerimientos y métodos de prueba para resistencia estática, impacto y fatiga.



Parte 9: Ensayos climáticos para sillas de ruedas eléctricas.

Parte 10: Determinación de la habilidad para subir obstáculos en las sillas de ruedas eléctricas.

Parte 11: Maniquí de ensayo (test dummies).

Parte 12: Determinación de las características de arrastre de sillas de ruedas manuales.

Parte 13: Determinación del coeficiente de fricción sobre superficies de ensayo.

Parte 14: Potencia y control del sistema para sillas de ruedas eléctricas y scooters – requerimientos y métodos de prueba.

Parte 15: Requerimientos en la divulgación de la información, documentación y etiquetado.

Parte 16: Resistencia a la ignición de los dispositivos de soporte de postura.

Parte 19: Dispositivos de movilidad con ruedas para uso como asientos en los dispositivos de motor.

Parte 21: Requerimientos y métodos de prueba para compatibilidad electromagnética de sillas de ruedas eléctricas y scooters, y cargadores de batería.

Parte 22: Establecer procedimientos.

Parte 25: Baterías y cargadores para sillas de ruedas eléctricas.

Parte 26: Vocabulario.

Parte 28: Requerimientos y métodos de prueba para dispositivos de subir escaleras.

## 2. METODOLOGÍA

Para la realización del presente trabajo de grado, la metodología se desarrolló por etapas para cada objetivo específico. A continuación se presenta cada objetivo con la actividad realizada para su logro:

**Objetivo 1:** Identificar los aspectos más relevantes de la norma ISO 7176, que se deberán tener en cuenta en la construcción de un sistema para probar sillas de ruedas.

**Actividad 1:** Revisión de la parte 8 de la norma ISO 7176 de 2014 con el fin de obtener los requerimientos y aspectos que se deben tener en cuenta para el diseño y construcción del sistema que se propone en el proyecto. Posteriormente se realizaron mapas conceptuales y diagramas de flujo para establecer el procedimiento más adecuado y lograr su aplicación.

**Objetivo 2:** Realizar el estudio de mercado, técnico, financiero y definir los aspectos legales y ambientales.

**Actividad 2:** Para el desarrollo del estudio de mercado, se realizaron análisis y actividades separadas para el estudio del producto, la demanda y la oferta.

► **Estudio del producto:** Con base a los requerimientos identificados en la lectura de la norma ISO 7176-8 se realizó el diseño del dispositivo en el software Solid Edge; de acuerdo a ese diseño se realizó la ficha técnica del dispositivo con el fin de resumir en ella las especificaciones técnicas y funcionales. Posteriormente se realizó una búsqueda bibliográfica del material que se propone para la máquina con el fin de determinar un periodo de durabilidad; al mismo tiempo se realizó una búsqueda bibliográfica para determinar los productos sustitutos y complementarios. Por último, teniendo en cuenta el alcance que puede tener este proyecto se realizó una lluvia de ideas con las maneras más oportunas para una obtener una buena comercialización.

► **Estudio de la demanda:** Para determinar la distribución, tipología y posibles consumidores se realizó una búsqueda bibliográfica y una consulta con El Comité de Rehabilitación de Antioquia, la compañía Teletón y las mismas empresas. De acuerdo a la lista obtenida, se realizó una encuesta con la que se determinó la demanda actual y futura; y con base a ello se determinó la fracción de demanda que atenderá el proyecto, así, como los factores que condicionan la demanda.

► Estudio de la oferta: Con el fin de determinar que instituciones ofrecen actualmente el servicio que se propone en este proyecto, se realizó una búsqueda bibliográfica de la distribución y tipología de los oferentes. Una vez obtenida la lista, se realizó a cada uno de ellos un análisis en el tiempo, con el interés de conocer su trayectoria en el mercado y su crecimiento operativo y organizacional.

**Actividad 3:** Estudio técnico del proyecto: Una vez terminado el diseño del dispositivo, se realizó un estudio de los requerimientos en maquinaria, herramientas e insumos pensando en una posible construcción, así como el análisis técnico de la máquina en Solid Edge. Con la lista de requerimientos, se averiguó en el laboratorio de metalmecánica de la Universidad EIA, la disponibilidad de maquinaria, herramientas e insumos. Por último se definieron los insumos sustitutos en caso de que alguno de los propuestos no sea posible utilizarlo.

**Actividad 4:** Estudio financiero: Como primer paso, se realizó un cálculo en Excel de las necesidades totales de capital que presenta el proyecto con el fin de conocer el dinero que se debe tener disponible inmediatamente se decida su desarrollo. Con el valor obtenido se calculó el capital de trabajo necesario para operar en todos y cada uno de los 5 años para los que se realiza el estudio, y con ello si se requería de algún tipo de financiación. Finalmente, se obtuvo un valor para la relación beneficio-costos a través del flujo de caja diseñado igualmente a 5 años, y a través del cual se definió la viabilidad económica del proyecto.

**Actividad 5:** Aspectos legales y ambientales: Se realizó una búsqueda bibliográfica de las normas constitucionales que controlan el desarrollo de los proyectos en Colombia; y luego de una lectura detallada, se definió por leyes y resoluciones los capítulos y artículos que favorecen, limitan o regulan el desarrollo del proyecto.

**Objetivo 3:** Definir los aspectos de higiene y seguridad industrial, para la identificación, evaluación, análisis de posibles riesgos, así como las recomendaciones específicas para el uso y control del dispositivo.

**Actividad 6:** A través de una amplia búsqueda bibliográfica se definieron las leyes, resoluciones y decretos que son requeridos en este proyecto según los aspectos de higiene y seguridad industrial necesarios en la implementación de proyectos en Colombia.

### **3. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

#### **3.1 RESUMEN EJECUTIVO**

“Double-drum Fatigue Testing” es un sistema que permite evaluar sillas de ruedas bajo un estándar internacional creado por la organización internacional de normalización (ISO); dicho estándar es el ISO 7176-8 desarrollado específicamente para sillas de ruedas, y por medio del cual se simula un estrés acumulativo equivalente a un largo periodo de uso para medir su resistencia a la fatiga. Mediante la creación de este sistema en Colombia, gracias al esfuerzo del área de rehabilitación perteneciente al convenio de Ingeniería Biomédica entre la Universidad EIA y la Universidad CES, se tiene como fin evaluar sillas de ruedas para incentivar a las empresas del sector a mejorar o conservar la calidad tanto de las sillas de ruedas fabricadas como importadas en el país, cuestión que trae a su vez para ellos un incremento en la competitividad a nivel nacional e internacional.

El servicio de evaluación, es realizado por el personal del laboratorio de rehabilitación capacitado para su operación, y cumple con todos los requerimientos de la norma gracias al previo estudio de la misma y la construcción del sistema bajo su regulación de tal manera que la certificación otorgada es totalmente confiable y aceptada por las entidades regulatorias.

El mercado objetivo para el proyecto son las empresas productoras e importadoras en Colombia, cuyo interés esta nivelado a su producción; razón por la cual se presenta gran capacidad de crecimiento a corto plazo teniendo en cuenta que cada empresa trabaja con un porcentaje de crecimiento anual.

Para la construcción del sistema y su puesta en marcha, se requiere una inversión de capital de alrededor \$48.287.781, los cuales provienen totalmente del convenio EIA-CES. De acuerdo al incremento de la demanda proyectada y el flujo de caja, la inversión inicial se recupera a los 28 meses de operación.

## 3.2 IDENTIFICACIÓN DE LA NORMA ISO 7176-8

La norma ISO 7176 está destinada a sillas de ruedas; para el objetivo de este proyecto se utiliza la parte 8 de dicha norma, que corresponde a los requisitos y métodos de ensayo para estática, impacto y resistencia a la fatiga. En ISO 7176-8 se especifican los métodos de ensayo para determinar si los requerimientos se cumplen, así como la manera de informar los resultados de las pruebas (ISO, 2014).

ISO 7176-8:2014 se aplica a los ocupantes y el auxiliar de propulsión de sillas de ruedas manuales y sillas de ruedas eléctricas, destinadas a proporcionar movilidad en interiores y exteriores para las personas con discapacidad (ISO, 2014). Dentro del contenido de esta norma se encuentran los métodos de ensayo para la resistencia estática, resistencia al impacto y la prueba de fatiga. Esta última prueba es la que se plantea para el estudio de factibilidad que se está desarrollando y que responde al nombre de “Multi drum test”; por tal motivo esta primera parte estará centrada en la descripción de los componentes para la prueba y los requerimientos de la máquina de ensayo.

### 3.2.1 Requisitos

Todas las sillas deberán cumplir con los siguientes requisitos después de completar las pruebas:

Requisitos de resistencia	
No grietas, fractura o desprendimiento de componentes, a excepción de:	1. Reajuste de soportes posturales según lo permitido. 2. Reajuste y reacondicionamiento de los componentes informados por el fabricante. 3. Componente informados por el fabricante para ser reemplazados no más de 2 veces: llantas, tubos interiores, correas de transmisión y caucho de las ruedas.
Ningún cable o conector externo deberá ser cortado, aplastado o desconectado.	
Todas las partes deberán funcionar como lo describe el fabricante.	
Las empuñaduras no deberán ser reemplazadas.	
No deformación plástica, soldadura o pérdida de ajuste en los componentes que afecte la función de la silla de ruedas.	
El mecanismo de freno no deberá moverse de la posición preestablecida.	

Figura 3. Mapa requisitos de resistencia. Fuente propia.

Notas aclaratorias:

- El reajuste y reacondicionamiento de los componentes informados por el fabricante, es permitido a intervalos de 25% durante cada parada en el procedimiento de evaluación de fatiga con tambor múltiple y caída.
- Los componentes que pueden ser reemplazados según el fabricante, son válidos en la prueba de fatiga. El caucho de las ruedas será reemplazado solo si es por uso o falla en la superficie de rodadura.

## **3.2.2 Aparato de prueba**

### **3.2.2.1 Máquina de prueba de tambor múltiple**

Como se referencio anteriormente en el numeral 1.3.2.7 el sistema “*double drum fatigue testing*”, utiliza dos rodillos esenciales para realizar la certificación bajo el estándar internacional, por lo que seguir delineada mente los requerimientos de este para la construcción del sistema es fundamental para conseguir un dispositivo funcional y autorizado para operar por la misma norma. La figura 4 presenta de manera específica los requerimientos de la máquina que se propone construir; dentro de ellos las especificaciones de fabricación y funcionamiento. El diseño en Solid Edge que se presenta más adelante se realiza de acuerdo a la información que aquí se presenta.

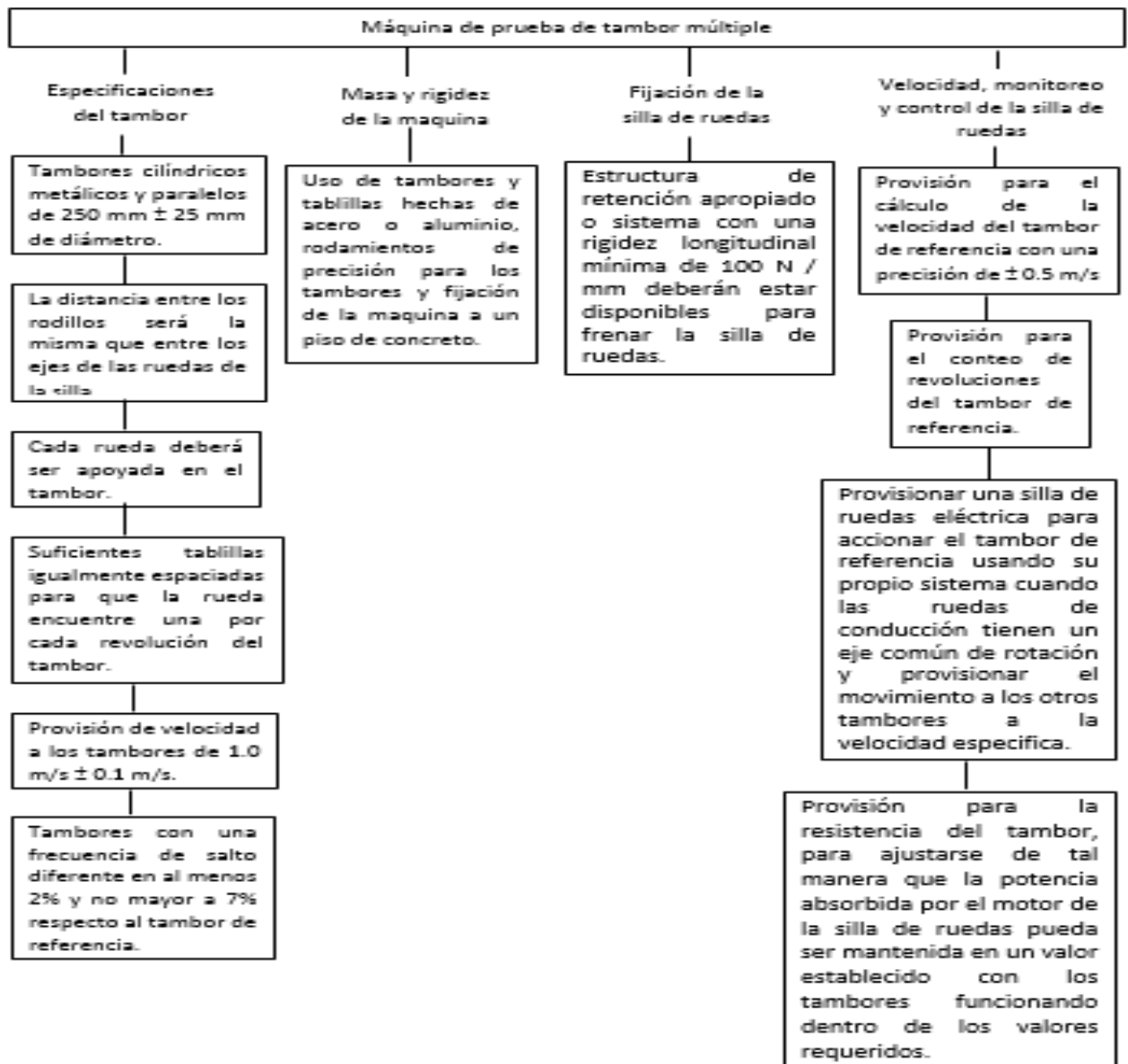


Figura 4. Mapa de requerimientos para el aparato de prueba “Multi drum test”. Fuente propia.

Notas aclaratorias:

- La diferencia en la frecuencia de salto de los tambores se utiliza para variar la sincronización del impacto de la tablilla.
- En caso de que los rodillos solo tengan dos tablillas, se deberán ubicar como se muestra en la figura 5.

- Las tablillas se diseñan con las dimensiones descritas por la norma como se ve en la figura 6; la altura (h) es de 6 mm para diámetros de rueda hasta e incluyendo 75 mm, 9 mm para diámetros mayores a 75 mm y hasta incluyendo 100 mm, y 12 mm para otros diámetros mayores a 100 mm, con una tolerancia de  $\pm 8\%$ .

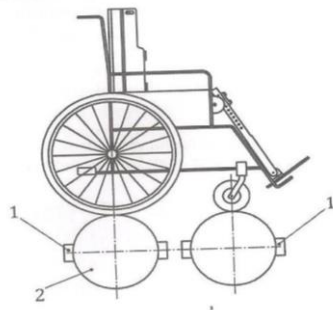


Figura 5. Ubicación de las tablillas en los rodillos. Tomado de (ISO, 2014). 1. Tablilla 2. Tambor

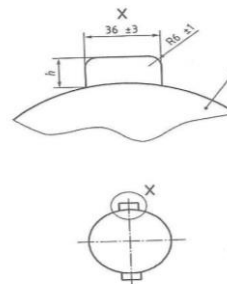


Figura 6. Medidas de las tablillas. Tomado de (ISO, 2014).

### 3.2.3 Preparación de la silla de ruedas a ensayo

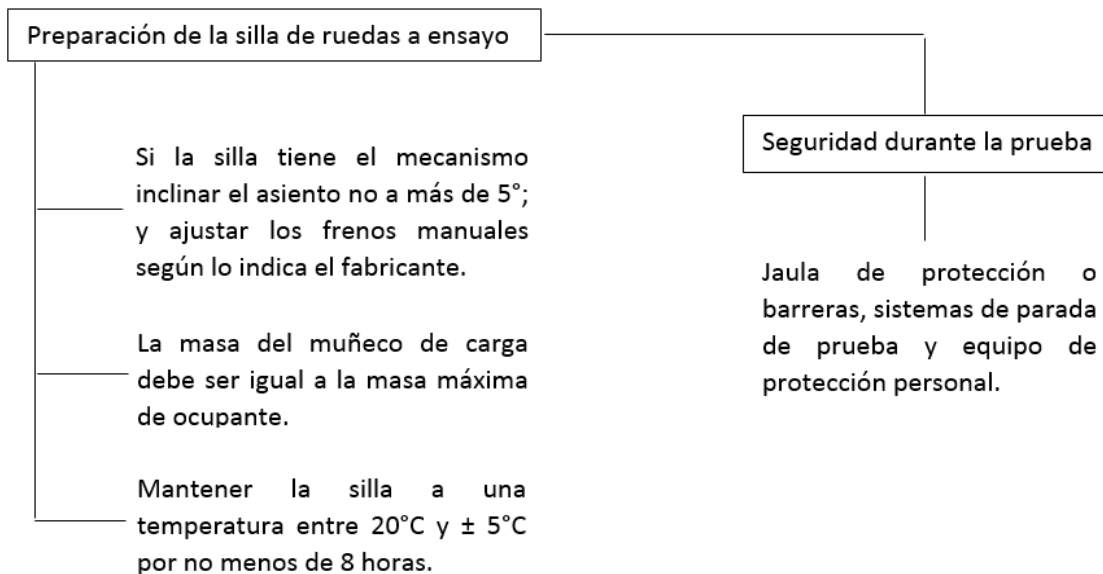


Figura 7. Mapa preparación de la silla de ruedas para la prueba. Fuente propia.

Notas aclaratorias:



- La inclinación del asiento tiene como objeto que el mecanismo de inclinación del asiento sea cargado durante la prueba sin afectar negativamente la posición del centro de masa de la silla de ruedas.
- El ajuste de los frenos de parqueo manuales se hace para ensayar sin exceder las fuerzas máximas de operación, como se ve en la siguiente tabla:

**Table 1 — Maximum operating forces**

	<b>Force</b>
Single finger operation	5 N
Lever gripped by more than one finger	13,5 N
Whole hand operation	60 N
Combined hand and arm operation	60 N
Foot operation, pushing direction	100 N
Foot operation, pulling direction	60 N

Tabla 1. Fuerzas máximas de operación. Tomado de (ISO, 2014)

### 3.2.4 Secuencia de la prueba

La secuencia de prueba completa para la silla de ruedas que se expone en la norma ISO 7176-8 se realiza de la siguiente manera:

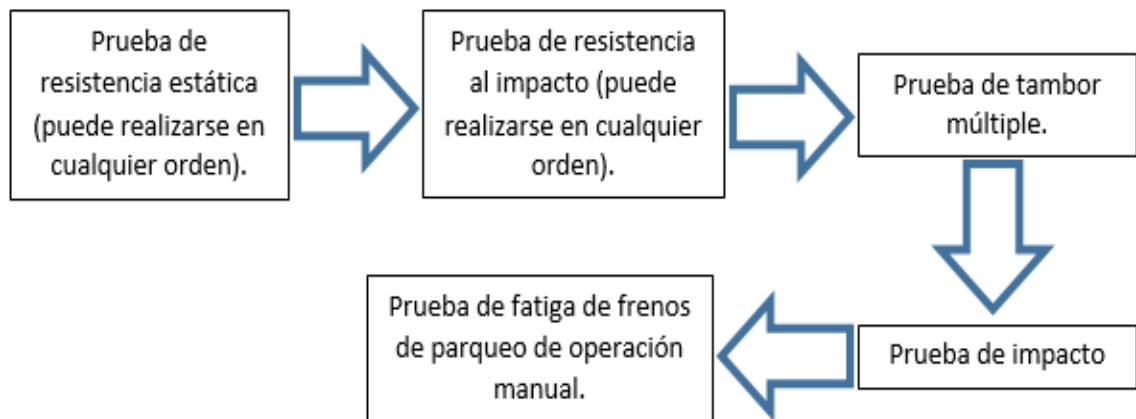


Figura 8. Diagrama de flujo de la evaluación completa de la silla de ruedas. Fuente propia.

### 3.2.5 Prueba de fatiga

La prueba de tambor múltiple tiene como objetivo simular caminos irregulares y exponer la silla de ruedas a un periodo de funcionamiento sobre los rodillos con pequeñas obstrucciones en su periferia. En todos los casos, la prueba se para si la silla de ruedas falla estructuralmente antes de que el número de ciclos sea cumplido.

#### 3.2.5.1 Preparación de la silla de ruedas para ensayo de fatiga

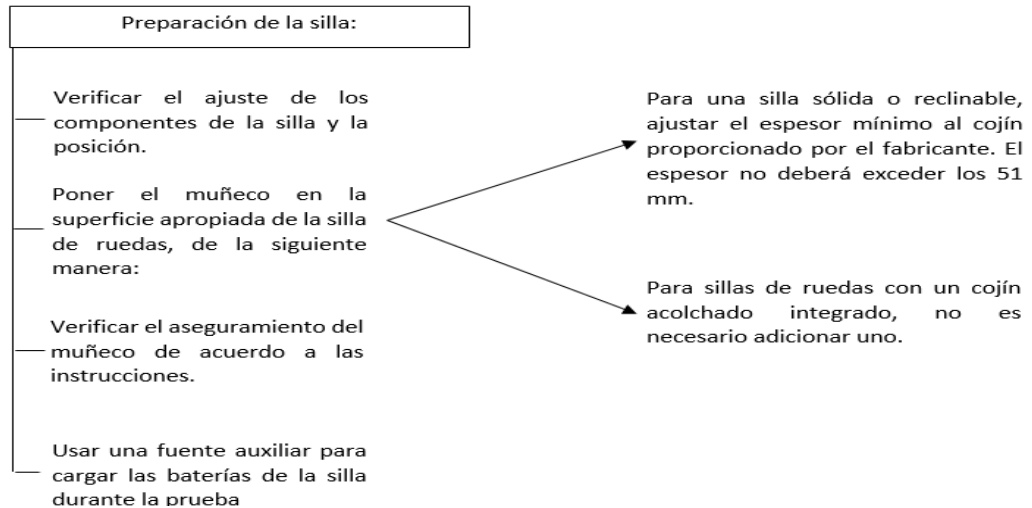


Figura 9. Mapa preparación de la silla para ensayo de fatiga. Fuente propia.

#### 3.2.5.2 Prueba de tambor múltiple

##### 3.2.5.2.1 Ajuste de la máquina de prueba

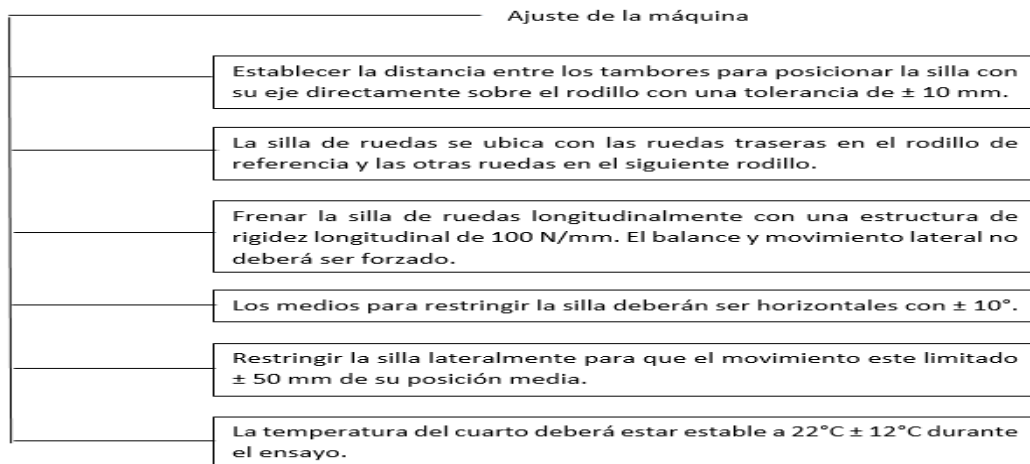


Figura 10. Mapa para ajuste de la máquina de prueba. Fuente propia.

Notas aclaratorias:

- Las sillas con tres ruedas o con ruedas juntas se posicionan de modo que cada rueda sea golpeada por una tablilla durante una revolución del tambor.
- La retención de la silla deberá estar atada a los ejes de conducción de la silla de ruedas, o lo más cerca posible al eje de rotación del eje primario de conducción.
- Si con la restricción, las ruedas se desvían  $\pm 45^\circ$  a cada lado de la posición hacia adelante durante la prueba, las restricciones elásticas pueden ser ajustadas al límite del eje de rotación para que permitan al menos  $45^\circ$  de rotación libre a cualquier lado.
- Se podrá usar refrigeración o ventilación para proveer enfriamiento a las sillas de ruedas eléctricas durante la prueba.

#### 3.2.5.2.2 Ensayo a sillas de ruedas manuales

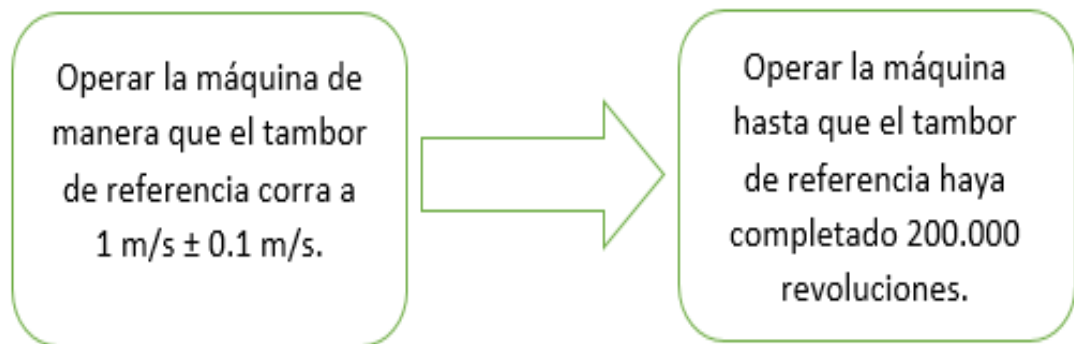


Figura 11. Prueba a sillas de ruedas manuales. Fuente propia.

Notas aclaratorias:

- Si la velocidad de la máquina coincide con la frecuencia de resonancia de la silla de ruedas, ajustar la velocidad con la tolerancia permitida para evitar la resonancia.
- Si el fabricante advierte que la silla de ruedas puede exceder el mínimo de ciclos requeridos, extender la prueba hasta que el número de ciclos advertidos sea completado.

#### 3.2.5.2.3 Medida preliminar de potencia para sillas de ruedas eléctricas

Durante la prueba, es necesario que la potencia consumida por la silla sobre los tambores sin las tablillas en su lugar, sea la misma que cuando se conduce en una superficie plana bajo condiciones de estado estacionario. Para el procedimiento, adoptar instrumentos para medir la potencia absorbida por el conjunto de baterías de la silla de ruedas tal que una lectura promedio de cualquier variación pueda obtenerse con una precisión de  $\pm 10\%$ .

Una vez la calibración está completa, las tablillas son instaladas en el tambor de prueba para la fase de ensayo.

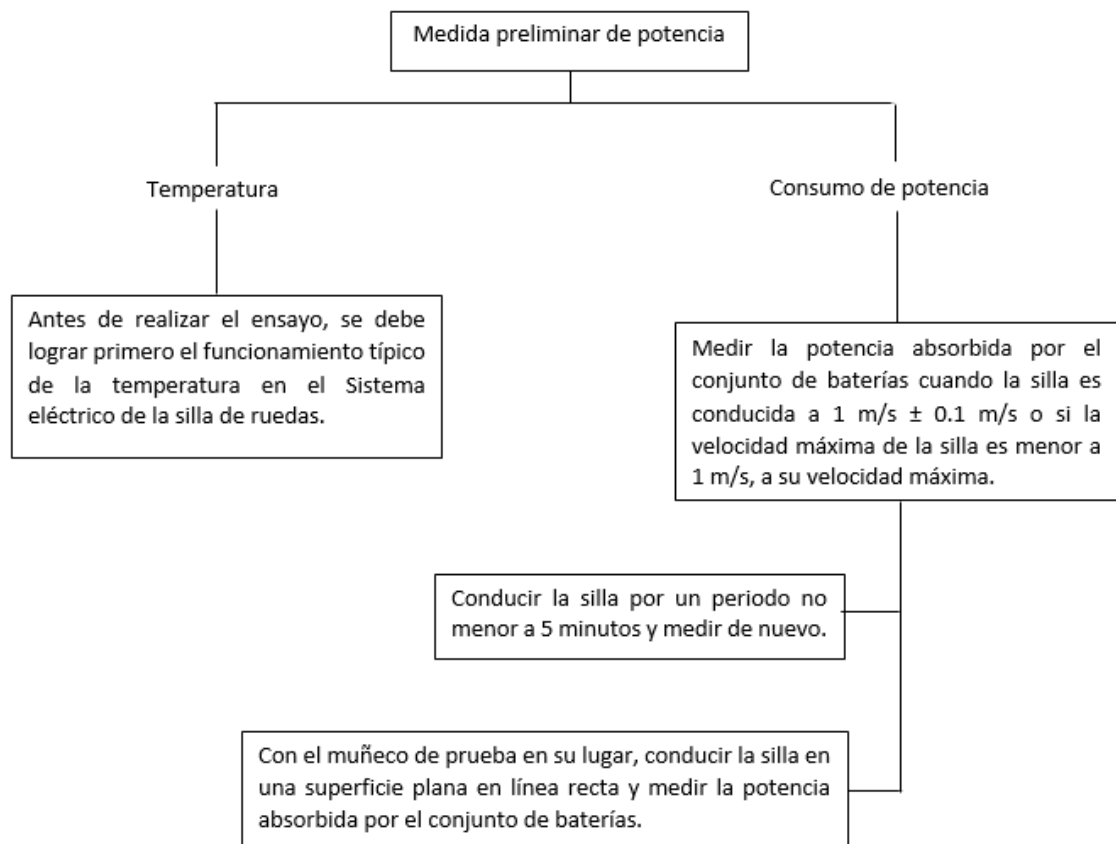


Figura 12. Mapa para la medida preliminar de potencia en sillas de ruedas eléctricas. Fuente propia.

Notas aclaratorias:

- El procedimiento se repite hasta que se encuentre algún cambio en la lectura de potencia en medidas sucesivas menor a 5% del valor medido.

#### 3.2.5.2.4 Ensayo a sillas de ruedas eléctricas

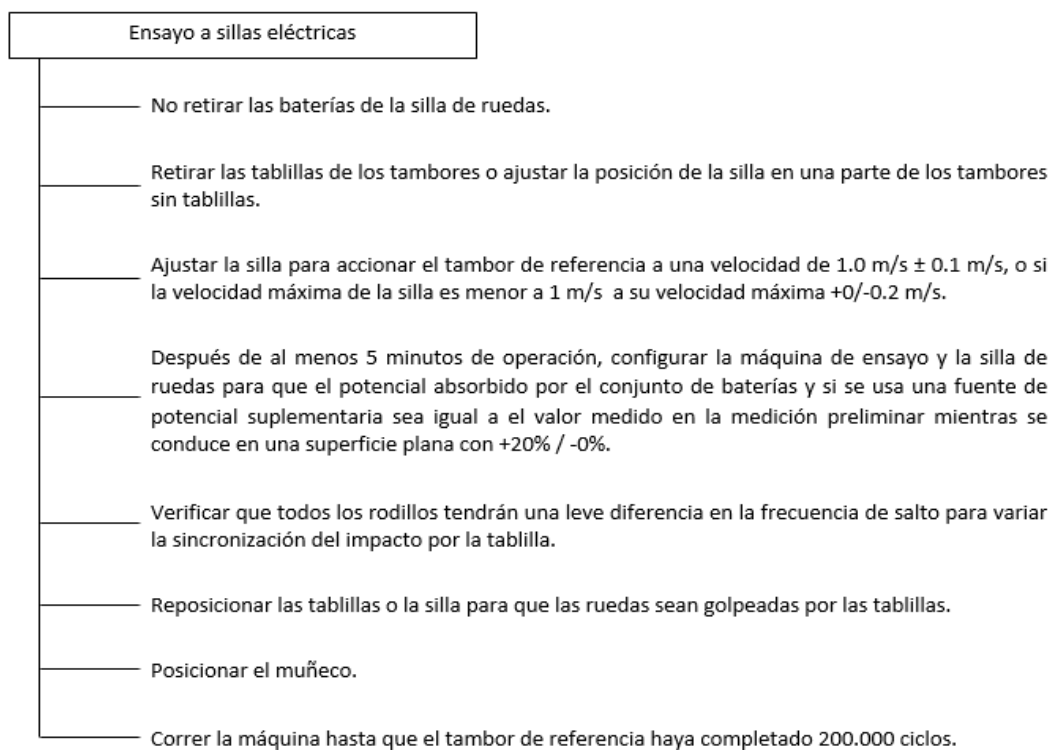


Figura 13. Mapa para prueba de sillas eléctricas. Fuente propia.

Notas aclaratorias:

- Donde la silla tiene dos o más motores de accionamiento, asegurar que tienen la misma corriente con  $\pm 15\%$ . Un motor auxiliar puede ser usado en el ensayo de tambor múltiple para proveer el torque necesario.
- Si el fabricante advierte que la silla excede el mínimo de ciclos requeridos, extender la prueba hasta que el número de ciclos advertido sea completado.

**3.2.6 Evaluación de los resultados de la prueba**

**3.2.6.1 Evaluación y registro de las pruebas individuales**

1. Registrar cuales de los componentes necesitaron ser apretados, ajustados o reemplazados.
2. Si una silla de ruedas falla en la prueba, registrar:
  - Cual falla ocurrió durante la prueba.

- El número de ciclos completados hasta que ocurre la falla.
- Tipo y ubicación general de la falla.

### **3.2.6.2 Evaluación al final de la prueba**

1. Después de completar todas las pruebas, examinar la silla de ruedas con base a los requerimientos.
2. Comprar el registro de la prueba para establecer que las partes no fueron ajustadas, apretadas o reemplazadas más de lo permitido.
3. Evaluar los sistemas de accionamiento eléctrico en la silla de ruedas para establecer si ellas operan como lo especifica el fabricante.
4. Si alguno de los requerimientos no se cumple, la silla de ruedas no está a conformidad con la norma ISO 7176-8.

### **3.2.7 Informe de prueba**

El reporte final de la prueba debe contener lo siguiente:

- a) Una referencia a esta parte de ISO 7176-8, con la fecha de revisión.
- b) El nombre, dirección y estado de acreditación de la institución evaluadora.
- c) El nombre y dirección del fabricante de la silla de ruedas.
- d) La fecha de emisión del informe de prueba.
- e) El tipo de silla de ruedas y algún número de serie o lote.
- f) Fotografías a color de la silla de ruedas, ya sea en vista isométrica de un lado o vista frontal.
- g) El tamaño del muñeco de prueba usado.
- h) Una indicación de si la silla reunió los requisitos de esta parte de la norma ISO 7176, con la fecha de revisión.
- i) Una indicación de si la silla de ruedas cumplió cualquier indicación del fabricante por encima de los requisitos mínimos.
- j) Una descripción de las fallas identificadas por los procedimientos, incluyendo los detalles más relevantes asociados a esas fallas.

k) La configuración de la silla de ruedas.

Nota: quienes solicitan la prueba pueden requerir más información, como la identificación del punto(s) en el procedimiento de prueba cuando se produjeron las fallas.

### 3.3 ESTUDIO DE MERCADO

#### 3.3.1 Estudio del producto

##### 3.3.1.1 Identificación del producto (diseño)

Como se referencio en el numeral 3.2.2.1, el sistema debe cumplir con todos los requerimientos propuestos por la norma. Es por esto que el diseño desarrollado en Solid Edge y que se presenta en las figuras 14,15 y 16, esta ceñido a las delimitaciones de funcionamiento y medidas presentadas en la figura 4.

Para la modelación se utilizó Acero 1020, que fue el material escogido para la construcción real de la máquina. Este material se seleccionó sobre otros aceros comunes como el 1045,4140 y 4340 principalmente por su facilidad para soldarse y su uso en construcción de piezas estructurales. El acero 1045 puede ser igualmente soldado por los métodos comunes, pero presenta problema al enfriar las piezas, quedando frágil en las zonas de unión; el 4140 no es recomendable para soldarse ya que las zonas cercanas al punto de unión tienden a templarse y manejar mayor fragilidad; por último el acero 4340 no es apto para soldarse ya que en la alta templabilidad el material tiende a cristalizarse (Sack, 2017).

Por su parte, fue seleccionado un motor de 1.1Kw con motoreductor con la potencia necesaria para rodar las ruedas de la silla teniendo en cuenta que lo hay que vencer es la fricción que provoca el peso total de la silla más el maniquí sobre la superficie del rodillo. Para hallar el torque a vencer se utilizó la siguiente formula:

$$\frac{\text{diametro del cilindro}}{2} * F_{\text{fricción}} * 10^0 \quad | F_{\text{fricción}} = \text{coef (metal-caucho)} * W_{\text{total}}$$

El cálculo se desarrolló para una silla de peso ligero y una de alta resistencia. En ambos casos el diámetro del cilindro fue reemplazado por 0.25 m y el coef (metal-caucho) por 0.8. Para la silla de peso ligero se utilizó un  $W_{\text{total}}$  de 100.5 Kg y para la silla de alta resistencia uno de 182 kg. Con estos valores se obtuvo un torque a vencer de 100.5 Nm y 182 Nm respectivamente.

En el catálogo comercial (Ramfe, 2006), se encuentra un motor de 1.1 Kw con un motoreductor que entrega hasta 205 Nm, lo que significa que para ambas pruebas se ofrece una holgura suficiente de torque.

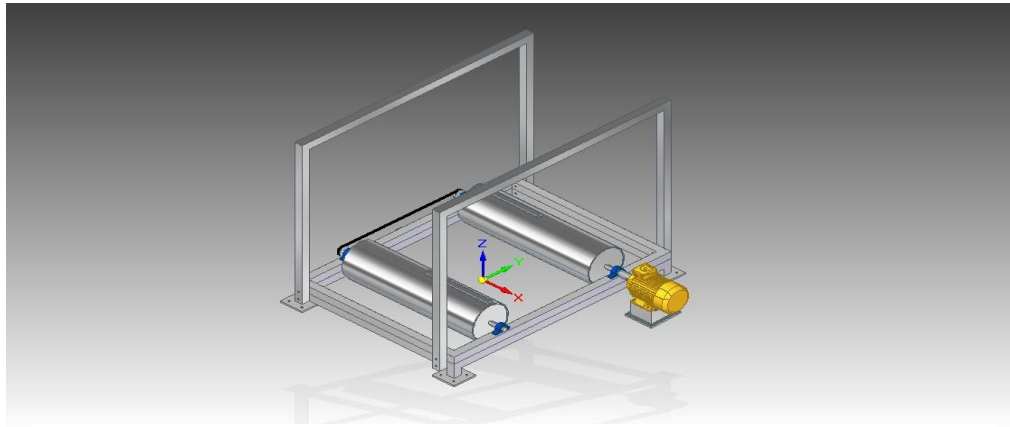


Figura 14. Diseño del sistema en Solid Edge. Vista alzado-derecha.

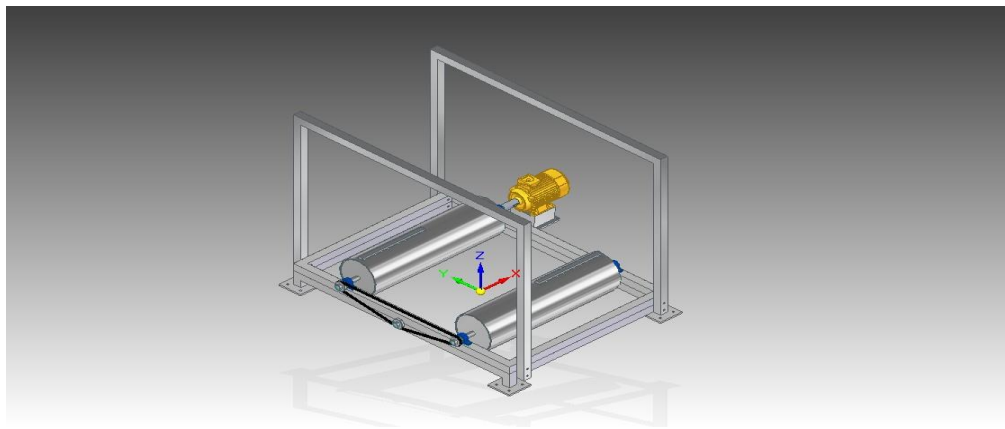


Figura 15. Diseño del sistema en Solid Edge. Vista alzado-izquierda.

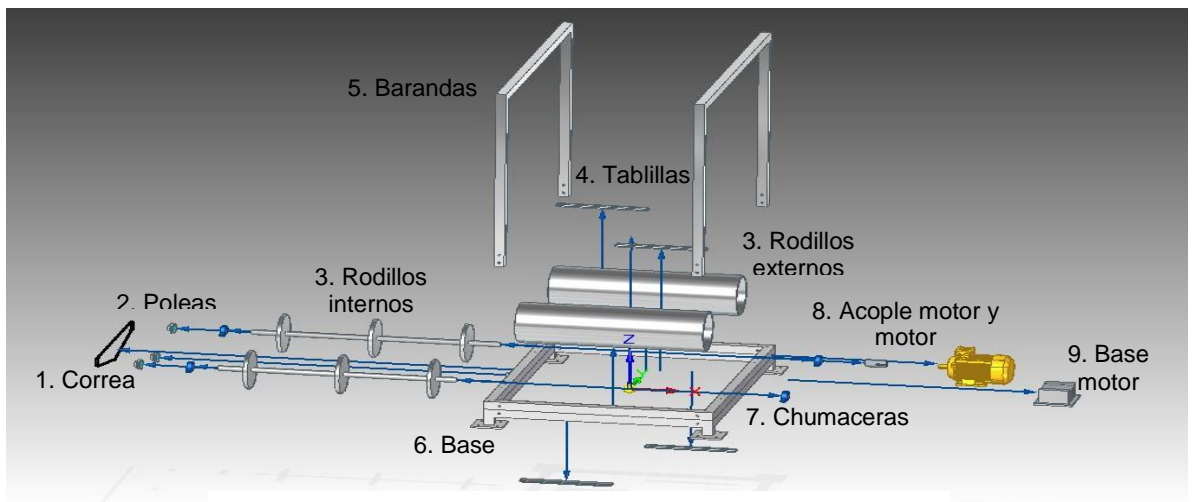


Figura 16. Explosionado de diseño en Solid Edge.



### 3.3.1.2 Especificaciones técnicas


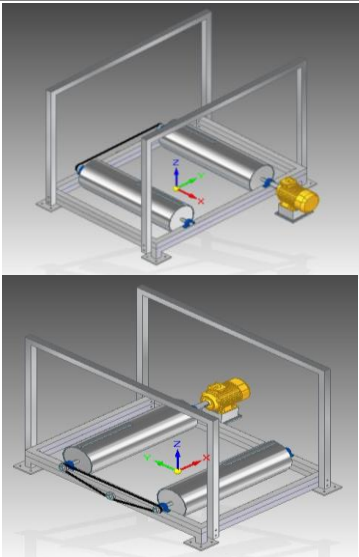
FICHA TÉCNICA DE LA MÁQUINA									
<b>INFORMACIÓN GENERAL</b>									
<b>NOMBRE</b>	Double drum fatigue testing	<b>UBICACIÓN</b>	Laboratorio de rehabilitación	<b>SECCIÓN</b>	Pruebas				
<b>CARACTERÍSTICAS GENERALES</b>									
<b>MATERIAL</b>	Acero 1020	<b>DURACIÓN</b>	10 Años	<b>ALTO</b>	1.185 mm	<b>ANCHO</b>	1.547 mm	<b>LARGO</b>	1.600 mm
<b>CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS</b>				<b>FOTO DE LA MÁQUINA</b>					
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Motor de 1.1 Kw con motoreductor.</li> <li>2. Velocidad en los rodillos de 1.0 m/s <math>\pm</math> 0.1 m/s.</li> <li>3. 1 polea de 61.45 mm de diámetro.</li> <li>4. 2 poleas de 64 mm de diámetro.</li> <li>5. Correa dentada para transmisión de potencia.</li> </ol>									
<b>FUNCIÓN</b>									
<p>Evaluar la estructura de las sillas de ruedas en prueba de fatiga. Las ruedas delanteras se ubican en el primer rodillo, y las traseras en el segundo; las ruedas delanteras giran 5% más rápido que las traseras, de manera que los golpes de las tablillas se generan en diferentes momentos en las 4 ruedas.</p> <p>Para que la silla de ruedas pase la prueba bajo norma ISO 7176 en la máquina "double drum fatigue testing" debe superar los 200.000 ciclos de tambor.</p>									
<b>PERIODO DE MANTENIMIENTO</b>			Semestral						
<b>ENCARGADO DE MANTENIMIENTO</b>			Técnico del laboratorio						

Tabla 2. Ficha técnica del sistema double drum fatigue testing.

### 3.3.1.3 Durabilidad

El acero 1020 es una aleación de Fe-C que se ubica en el grupo de aceros de bajo carbono (Central de bronce y metales, 2016). Su composición química se distribuye en cantidades de %C (0.18/0.22), %Mn (0.30/0.60), %Si (0.15/0.30), %P ( $\leq$  0.04) y %S ( $\leq$  0.05) , permitiendo a este material ofrecer un mejor desempeño de sus propiedades mecánicas, soldabilidad y maquinabilidad (Central de bronce

y metales, 2016). Este tipo de aceros se utilizan para la fabricación de piezas estructurales por su contenido de carbono y su facilidad para soldar por los medios comunes (Torres, 2015).

Consultando con encargados del CIDEMAT en la Universidad de Antioquia, la corrosión es la mayor desventaja de los aceros provocando una oxidación continua hasta que se consume totalmente a pieza, aunque actualmente existen tratamientos superficiales para protegerlos. En este orden, la durabilidad de la maquina está dada por las condiciones de operación como temperatura, humedad relativa y cargas a soportar, dando un valor aproximado de durabilidad de 10 años si se realiza una revisión y mantenimiento periódico.

#### **3.3.1.4 Productos sustitutos y complementarios**

Los productos sustitutos son aquellos que reemplazan o ejercen la misma función que el producto ofrecido dentro del mercado y satisface la misma necesidad en el consumidor (FMK, 2016). Teniendo en cuenta la definición anterior, el sistema “*double drum fatigue testing*” que se propone dentro del proyecto no presenta productos sustitutos, ya que para la evaluación de sillas de ruedas se realiza una secuencia de diferentes pruebas como se vio en la sección 2.3.4 de este trabajo. Dichas pruebas tienen como finalidad evaluar la silla de ruedas bajo condiciones propias del objeto de estudio y la prueba que se realiza, lo que significa que no hay otra prueba diferente al sistema que se plantea que pueda ofrecer la evaluación de la silla de ruedas por fatiga.

Por otro lado, los productos complementarios son aquellos que se necesitan mutuamente para formar un conjunto. Con esta definición y teniendo en cuenta la sección 2.3.4, para completar la evaluación de la silla de ruedas en su totalidad se requiere de 4 pruebas adicionales al sistema “*double drum fatigue testing*”. Estas 4 pruebas son los productos complementarios al proyecto planteado: prueba de resistencia estática, prueba de resistencia al impacto (*curb drop testing*), prueba de impacto y prueba de fatiga de frenos.

#### **3.3.1.5 Comercialización**

Dado el tipo de producto, para la distribución se utiliza una negociación directa con el cliente, ya que es él el encargado de contratar los servicios de prueba y certificación. Se hace uso de una base de datos siempre actualizada con toda la información de los clientes actuales y potenciales clientes con el fin de mantener y atraer nuevos usuarios a través del ofrecimiento del servicio ya sea vía telefónica, e-mail o personalmente.

Por otro lado, se usan alianzas estratégicas; dichas alianzas se realizan con instituciones nacionales como productores, distribuidores y entidades de salud e instituciones internacionales que no son competencia pero comparten el mismo

mercado. Las alianzas nacionales, constan de un acuerdo donde se certifican todas sus sillas de ruedas y pueden ofrecerle a los clientes más calidad en sus productos, de esta manera ambas partes obtienen ganancia; mediante alianzas internacionales se mantiene la ganancia para todas las partes; esta relación funciona de la siguiente manera: una vez el cliente se interesa en certificación internacional, dicha entidad recomienda el servicio Colombiano, de esta manera el cliente disminuye el costo, la institución internacional obtiene un porcentaje y nuestro servicio adquiere nombre y remuneración económica.

Se garantiza además el ofrecimiento del servicio a través de la WEB, de manera que siempre que una institución quiera certificar su producto aparezca el servicio en Colombia y adicionalmente si un cliente busca sillas de ruedas se entere que una vez comprada la puede evaluar y certificar o mejor aún ir directamente a instituciones que las ofrezcan ya certificadas por nosotros.

Se espera que a futuro se logren hacer alianzas estratégicas más grandes en el propio país, como una alianza con las instituciones reguladoras gubernamentales, de manera que la certificación en los productos de rehabilitación como sillas de ruedas sean exigidas y así la demanda en el producto aumente.

### **3.3.2 Estudio de la demanda**

#### **3.3.2.1 Distribución y tipología de los consumidores**

##### **3.3.2.1.1 Discapacidad en Colombia**

Según como lo muestra la tabla 1 organizada en el censo realizado por el DANE en 2005, de cada 100 colombianos con limitaciones, 29.3 presentan limitaciones para caminar o moverse (DANE, 2006). Adicionalmente entre una comparación de los tipos de discapacidades, la discapacidad motriz para el 2009 tenía el mayor porcentaje de presencia en el país (Discapacidad estimulada, 2009).

Departamento	%
Vichada	65,7
Vaupés	40,1
Boyacá	36,7
Cundinamarca	32,5
Santander	32,1
Guanía	31,8
Nariño	31,8
Putumayo	31,2
Tolima	31,2
Antioquia	31,0
Caldas	30,7
Meta	30,5
Huila	30,0
San Andrés y Providencia	29,6
Cesar	29,1
Guaviare	29,0
Norte de Santander	28,7
Sucre	28,6
Córdoba	28,3
Amazonas	28,1
Cauca	28,1
Magdalena	27,8
Chocó	27,8
Risaralda	27,8
Bolívar	27,7
Caquetá	27,5
Quindío	27,0
La Guajira	26,8
Valle del Cauca	26,5
Bogotá	26,0
Atlántico	25,9
Arauca	25,8
Casanare	25,8
<b>Total general</b>	<b>29,3</b>

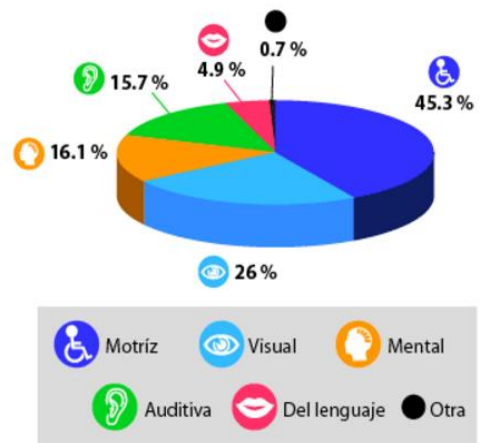


Figura 17. Porcentaje de discapacidades en Colombia. Tomado de (Discapacidad estimulada, 2009).

Tabla 3. Censo DANE discapacidad motriz 2005. Tomada de (DANE, 2006).

Ante esta situación, a lo largo de los años se han creado entidades en Colombia que proporcionan dispositivos de rehabilitación como las sillas de ruedas para favorecer la discapacidad motriz. Por entidades en este contexto, definimos cualquier organización (productor, distribuidor o entidad de salud) con o sin ánimo de lucro que proporcione dicha ayuda y quienes a futuro se podrían considerar como clientes potenciales para una ampliación del proyecto.

### 3.3.2.1.2 Potenciales consumidores

El análisis de mercado se utiliza para saber de ante mano cómo será recibido este proyecto en el mercado Colombiano; teniendo en cuenta la poca exigencia tanto de estándares como de certificación, y considerándolo un servicio para las empresas que pueden ser posibles consumidores. Los clientes potenciales para este proyecto son las instituciones productoras e importadoras de sillas de ruedas en Colombia.

Luego de una consulta con El Comité de Rehabilitación de Antioquia, Teletón y las mismas empresas; quienes por su razón de operación forman parte de este

análisis de mercado se presentan en la tabla 4 clasificados según su lugar de actividad:

<b>TIPOLOGÍA</b>	<b>EMPRESA</b>	<b>LOCALIZACIÓN</b>	<b>AÑO DE FUNDACIÓN</b>
<b>FABRICANTES</b>	Overcome	Medellín	2008
	Los pinos	Medellín	1967
	Superando	Pereira	1994
	Praxis	Bogotá	1990
	Industrias Guemur F.L	Bogotá	1993
	Sillas de ruedas Bucaramanga	Bucaramanga	1987
	<b>IMPORTADORES</b>	Impormedical	Palmira
Orthopraxis		Medellín	2004

Tabla 4. Listado de los clientes potenciales para el proyecto.

El análisis de mercado, se desarrolla a través de una encuesta realizada a las empresas anteriormente mencionadas. La encuesta está conformada por 8 preguntas claves que permiten conocer su opinión e interés respecto al proyecto planteado y así estimar cual es la tendencia de aceptación y demanda según como se muestra en la figura 18, correspondiente a la encuesta realizada vía e-mail y telefónicamente:

Empresa	1. Cuantos modelos de sillas de ruedas ofrece la empresa?	2. ¿Conoce usted la certificación ISO 7176?	3. ¿Certifica sus modelos bajo esta norma?	4. Si su respuesta a la pregunta 3 fue positiva, ¿Qué cantidad certifica?
<b>FABRICANTES</b>				
<i>Overcome</i>	12	Si	No	0
<i>Los Pinos</i>	5	Si	No	0
<i>Superando</i>	4	No	No	0
<i>Frasis</i>	16	No	No	0
<i>Industrias Guemur F.L</i>	12	Si	No	0
<i>Sillas de Ruedas Bucaramanga</i>	3	No	No	0
<b>IMPORTADORES</b>				
<i>Impermedical</i>	5	Si	No	0
<i>Orthoproxis</i>	10	No	No	0
Empresa	5. Si su respuesta a la pregunta 3 fue negativa, ¿le gustar í a certificar su producto?	6. ¿Qué cantidad de sus modelos estar í a dispuesto a certificar?	7. ¿Qué precio considera usted se debe pagar por la certificación? A) 8'000.000 B) 10'000.000 C) Por debajo. Razones D) Por encima. Razones	8. ¿Qué ventajas considera usted, le generar í a la certificación de su producto bajo norma ISO 7176?
<b>FABRICANTES</b>				
	Si	3	C. El costo de estas en Colombia es muy bajo y existe poca demanda por ser un producto nacional. Adicional a la competencia de mercancía importada, en especial China.	Competitividad, mayor confianza, internacionalización
<i>Overcome</i>	No	0	Sin respuesta	Estandarización
<i>Los Pinos</i>	Si	4	C. \$ 5.000.000	Más garantía del producto
<i>Superando</i>	Si	2	C. Opinión basada en supuestos, ya que no estoy relacionado en detalle con los procesos que debe llevar esta certificación	Mejora en producción, calidad, ventas, goodwill
<i>Frasis</i>	Si	12	\$ 8.000.000,00	Reconocimiento y respaldo
<i>Industrias Guemur F.L</i>	Si	3	\$ 5.000.000,00	Incrementar competitividad
<i>Sillas de Ruedas Bucaramanga</i>	Si			
<b>IMPORTADORES</b>				
<i>Impermedical</i>	Si	4	Sin respuesta	Garantizar la calidad
<i>Orthoproxis</i>	Si	10	\$ 8.000.000,00	No se conoce la norma

Figura 18. Encuesta de mercado.

### 3.3.2.2 Determinación de la demanda actual y futura

Según como se formuló el plan de negocios, la certificación se realiza por modelo con una duración de dos años; de esta manera, al evaluar una silla de cada modelo, la empresa obtiene la certificación en todas las sillas que produzca bajo ese modelo durante el periodo de tiempo determinado.

De acuerdo a los datos obtenidos, una de las empresas encuestadas produce actualmente 16 modelos de sillas de ruedas, 2 producen 12 modelos, 1 produce 10 modelos, 2 producen 5 modelos, 1 produce 4 modelos y 1 produce 3 modelos. De la totalidad de modelos producidos, 100% de ellos no son certificados con la norma ISO 7176; sin embargo, 9 de las empresas están interesadas en la certificación de varios o la totalidad de sus modelos, mientras que 1 de las empresas no se encuentra interesada en realizarla.

Dentro de las 9 empresas encuestadas e interesadas, 4 de ellas están dispuestas a certificar la totalidad de sus modelos, es decir, 3, 4, 10 y 12 modelos respectivamente; 1 está dispuesta a certificar 4 de sus 5 modelos, 1 está dispuesta a certificar 3 de sus 12 modelos y 1 está dispuesta a certificar 2 de sus 16 modelos. Por cómo se planteó el plan de negocios, con las empresas actualmente encuestadas, se obtiene una demanda actual y futura de la misma cantidad; sin embargo, según las respuestas obtenidas telefónicamente, este sería un planteamiento de demanda inicial, que puede variar con los beneficios que la empresa considera la certificación le ha dado, o la capacidad económica de certificar otros modelos; pudiendo entonces, aumentar los modelos periódicamente cada dos años, certificar los modelos faltantes durante los años en que los otros ya están certificados e incluso atraer nuevas empresas para hacer parte del proyecto.

En la tabla 5, se presenta la demanda por empresa y la totalidad de la demanda anual en un periodo de 5 años de operación:

Modelos por empresa	Demanda AÑO 1	Demanda AÑO 2	Demanda AÑO 3	Demanda AÑO 4	Demanda AÑO 5
12	3	0	3	0	3
5	0	0	0	0	0
4	4	0	4	0	4
16	2	0	2	0	2
12	12	0	12	0	12
3	3	0	3	0	3
5	4	0	4	0	4
10	10	0	10	0	10
<b>Cantidad total a certificar</b>	<b>38</b>	0	<b>38</b>	0	<b>38</b>

Tabla 5. Proyección de la demanda.

### **3.3.2.3 Determinación de la fracción de demanda que atenderá el proyecto**

Con base a los resultados obtenidos donde se presenta un interés actual o demanda actual y una falta de oferentes del servicio, se encuentra que hay una demanda insatisfecha, que considerando el tamaño de la muestra puede ser cubierta por este proyecto en su totalidad tanto para el primer año como para lo proyectado en los años siguientes. Lo anterior, porque este proyecto presenta una rápida capacidad de expansión en el servicio acorde al crecimiento de la demanda a la que se enfrenta, requiriendo un aumento en las horas de operación pero no una inversión mayor.

### **3.3.2.4 Factores que condicionan la demanda actual y futura**

Dado que el proyecto en desarrollo es ante el mercado un servicio, tanto la demanda actual como futura se ven condicionadas en general por los mismos factores. El más importante de ellos es el nivel de exigencia de la certificación de las sillas de ruedas bajo esta norma; en Colombia la certificación exigida para estos dispositivos está dado por INVIMA y ante esto tener una certificación adicional es opcional para las empresas. De esta manera, si la reglamentación no es exigida el nivel de interés de los consumidores puede variar de acuerdo a la respuesta de la misma competencia entre ellos o la de sus mismos consumidores. Otro factor influyente, es que la demanda para el proyecto está ligada a la demanda que la certificación puede aportar a las empresas; esto quiere decir, que si la demanda para las empresas aumenta por la certificación ISO 7176, la demanda puede aumentar para este proyecto; si por el contrario la demanda para ellos permanece estable, la demanda puede disminuir para el proyecto ya que la certificación no generó diferencia alguna en el mercado de la empresa.

En tercer lugar las finanzas de las empresas pueden influenciar la demanda al proyecto de acuerdo a la capacidad que tienen las empresas de pagar por el servicio. Si una empresa tiene capacidad económica puede certificar más cantidad de sus productos, si por el contrario es económicamente limitada la demanda será menor o si en el transcurso del tiempo la economía varía la demanda variará de acuerdo a ella.

De manera independiente, la demanda actual puede estar influenciada por la innovación del proyecto en el país, razón por la que la demanda inicial puede ser alta y con el tiempo disminuir, aumentar o permanecer estable de acuerdo a los factores mencionados anteriormente. A su vez, la demanda futura, podría ser influenciada por la creación de nuevas entidades dispuestas a certificar los productos haciendo que por su servicio, precio u otros factores afecten la demanda a este proyecto.



### 3.3.3 Estudio de la oferta

#### 3.3.3.1 Distribución y tipología de los oferentes

##### 3.3.3.1.1 Oferentes en Colombia

La certificación de procesos, productos, servicios y personas, se realiza por medio de instituciones acreditadas para tal fin. En conjunto con la Organización Internacional de Normalización (ISO), trabaja el International Accreditation Forum (IAF); dicha entidad es una asociación mundial de organismos evaluadores y acreditadores de las instituciones certificadoras en cada país (IAF, 2016).

Según como se puede ver en el listado de la página oficial de IAF, 67 países cuentan con un organismo acreditador, que le permiten o no a las demás instituciones ejercer su labor (IAF, 2016). En Colombia, se encuentra el Organismo Nacional de Acreditación de Colombia (ONAC), ubicado en Bogotá D.C (IAF, 2016). En el siguiente esquema se muestra como ONAC hace parte de la infraestructura de calidad en Colombia por designación del gobierno nacional, con el objetivo de proteger los intereses de los consumidores en cuanto a calidad y seguridad en los productos y servicios que se les ofrecen (ONAC, 2014).



Figura 19. Esquema del Sistema Nacional de Calidad en Colombia. Tomado de (ONAC, 2014).

ONAC acredita la acción de instituciones certificadoras, agrupadas en diferentes áreas, cuya acreditación se da de acuerdo a normas específicas para cada línea como se muestra a continuación (ONAC, 2014):



Figura 20. Esquema de acreditación y evaluación por ONAC. Tomado de (ONAC, 2014).

Según las anteriores ramas de clasificación de instituciones en Colombia, esta propuesta entra en las líneas de laboratorios de ensayo y organismos de certificación de producto. En Colombia no se encuentra ninguna institución acreditada por la ONAC para la evaluación y certificación de sillas de ruedas según su lista oficial de entidades con acreditación (ONAC, 2016).

Por lo dicho anteriormente, se sabe que no hay en Colombia oferentes que brinden el servicio que se propone en este proyecto.

### 3.3.3.1.2 Oferentes

Teniendo en cuenta que en la actualidad no existe en el país una institución que ofrezca los servicios de evaluación y certificación que busca prestar este proyecto, se analizarán solo las entidades internacionales que se presentan a continuación y en las que cuyo portafolio ofrece el mismo servicio que aquí se plantea; con el fin de determinar su trayectoria en el mercado y su crecimiento operacional y organizacional a lo largo de sus años de operación.

TIPOLOGÍA	NOMBRE	LOCALIZACIÓN
<b><i>Evaluadores y Certificadores</i></b>	TUV Rheinland	China
	MET	USA
	Human Engineering Research Laboratories / University of Pittsburg	Pittsburgh, PA, USA.

Tabla 6. Listado de instituciones internacionales certificadoras.

## [TÜV Rheinland](#) (TÜVRheinland, 2016)

- ◆ Nombre (razón social): TÜV Rheinland Group.
- ◆ Año de fundación: 1872.
- ◆ Número de empleados: 20.000.
- ◆ Número de sedes: 220 en Alemania, 10 en Europa Occidental, 15 en Europa Central y del Este, 3 en América del Norte, 4 en Gran China, 10 en Asia el Pacífico, 17 en India, Oriente Medio y África, 6 en América del Sur.
- ◆ Líneas de negocios: Certificación de productos, construcción y edificación, Formación, Inspección y ensayo de materiales, instalaciones y equipos industriales, sistemas de gestión, vehículos y tránsito.
- ◆ Principales productos por línea de negocios:
  - Certificación de productos: alimentos, análisis químico, auditorías e inspecciones, calibración, certificación, electrónica industrial, certificación.
  - Construcción y edificación: materiales de construcción, inspección en edificios, edificios y vías de transporte, operaciones inmobiliarias.
  - Formación: calificación de personal en el sector industrial, conferencias, seminarios abiertos, oferta de cursos.
  - Inspección y ensayo de materiales: ensayos no destructivos, integridad mecánica e inspección.
  - Instalaciones y equipos industriales: equipos a presión, inspección y control de maquinaria, instalaciones industriales.

- Sistemas de gestión: IRIS, ISO 14001, ISO 22000, ISO 27001, ISO 28000, ISO 9001, OHSAS 18001.
- Vehículos y tránsito: inspección técnica vehicular, vehículos convertidos a gas.

♦ Tamaño del mercado penetrado:

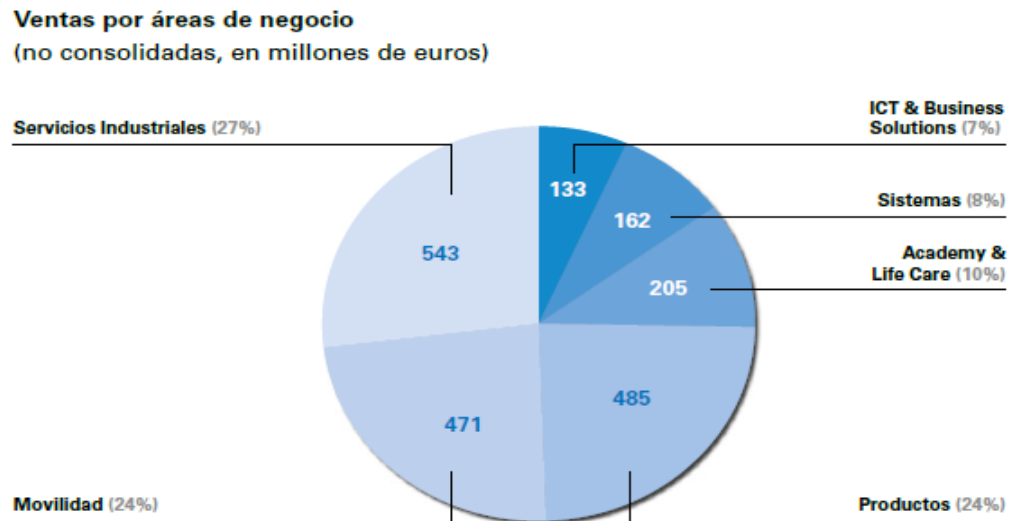


Figura 21. Tamaño del mercado penetrado por TUV Rheinland. Tomado de (TÜVRheinland, 2016)

♦ Información financiera (ventas de los últimos 3 años):

<b>Ventas totales por regiones incluyendo variación de existencias (en millones de euros)</b>			
	2013	2014	2015
Alemania*	881	943	989
Europe (excluding Germany)	172	203	217
Asia (incluye India, Oriente Medio, África)	321	348	461
América	227	237	214
<b>Total</b>	<b>1,601</b>	<b>1,731</b>	<b>1,881</b>

Figura 22. Información financiera de TUV Rheinland en los 3 últimos años. Tomado de (TÜVRheinland, 2016)

◆ Tendencias en investigación (a partir de patentes):

1. Auxiliary device for ball trailer hitch in passenger car, has mounting device provided for mounting impact protective shield at towing vehicle-lateral clutch device, where impact protective shield and mounting device are connected by hinge (Rodewald Hanns-Lüdecke, 2010).

2. Multifunctional pressure sensor and associated method (RYSER & FIEDLER, 2006).

3. Test lever (RYSER & FIEDLER, 2004).

## MET (MET, 2016)

◆ Nombre (razón social): MET Laboratories Inc.

◆ Año de fundación: 1959.

◆ Número de empleados: 51 a 200 por sede.

◆ Número de sedes: 9.

◆ Líneas de negocios: Pruebas de seguridad y certificación de productos, pruebas de eficiencia energética y certificación, EMC / pruebas inalámbricas, asistencia al cumplimiento / entrenamiento, Pruebas de simulación del medio ambiente, pruebas en el campo y evaluación, soluciones de prueba globales, telecomunicaciones / pruebas NEBS (Network equipment building system).

◆ Principales productos por línea de negocios:

- Pruebas de seguridad y certificación de productos: MET vs UL, categorías de seguridad de productos, convertir a MET, seguimiento a las inspecciones, recursos del cliente, normas de ensayo, acreditación SCC, seguridad de láser.
- Pruebas de eficiencia energética y certificación: Energy Star® Testing.
- EMC / pruebas inalámbricas: prueba de descarga electrostática (ESD), gestión de proyectos de EMC, inspección del lugar de EMC, pruebas de FCC y certificación, aprobaciones globales, prueba militar, RTCA/DO ensayos de aeronáutica, eficacia de apantallamiento, prueba inalámbrica.
- Asistencia al cumplimiento / entrenamiento: directrices de seguridad de productos de ingeniería, personal técnico.
- Pruebas de simulación del medio ambiente: capacidades de prueba de simulación ambiental, pruebas HALT/HASS, pruebas de paquete, pruebas

de armadura corporal, ensayo de cables, comparación-desempeño y evaluación de falla.

- Soluciones de prueba globales: esquema CB, pruebas eléctricas en Canadá, pruebas eléctricas en Asia y el Pacífico, pruebas eléctricas en Europa, Centroamérica y Sudamérica.
- Telecomunicaciones / pruebas NEBS: NEBS, servicios FCC/TCB, pruebas globales de telecomunicaciones, capacidades de prueba en telecomunicaciones, equipo de prueba comcast.

◆ Tendencias en investigación (a partir de patentes): Sin patentes.

◆ Aliados de negocios: Cosmos (Japón), Core source, Dekra, Element materials technology, Eurofins, GRGtest, Hermon Labs (Israel), IMQ Group, IMQ Iberica, Korea testing certification (Korea), Korea testing lab (Korea), LCIE Bureau veritas, NCC, Slovenian institute of quality and metrology, Testing, VDE testing and certification institute.

## [HUMAN ENGINEERING RESEARCH LABORATORIES](#) (University of Pittsburgh, 2016)

◆ Nombre (razón social): Human Engineering research laboratories

◆ Año de fundación: 1994.

◆ Número de sedes: 1.

◆ Líneas de negocios: investigación, educación y alcance.

◆ Tendencias en investigación (a partir de patentes):

- Patentes concedidas:

1. Wheelchair Hand Rim. U.S. Patent #: 6,276,705, Issued August 21, 2001. Inventors: Mark Baldwin, MS; Rory A. Cooper, Ph.D.; Michael L. Boninger, MD; Albert Vangura, MS; James Ster (University of Pittsburgh, 2016).

2. Oblique Angled Suspension Caster Fork for Wheelchairs. U.S. Patent #: 6,892,421 B2, issued May 17, 2005. Inventors: Rory A. Cooper, Ph.D.; William Ammer, BS; Mark McCartney; Corey Blauch, BS. Application Number: 60/338,577 (University of Pittsburgh, 2016).

3. Power Apparatus for Wheelchairs. U.S. Patent# 7,204,328, issued April 17, 2007. Inventors: Edmund LoPresti, PhD; Steve Hayashi, BS; Richard Simpson, PhD; Rory Cooper, PhD (University of Pittsburgh, 2016).

4. Wheelchair Push Rim. U.S. Patent #: 7,497,456, filed October 29, 2003, issued March 3, 2009. Inventors: Christopher J. Willems; Mark Baldwin, MS; Michael L. Boninger, MD; Rory Cooper, PhD. Application #: 10/697,404 (University of Pittsburgh, 2016).

5. Personal Vehicle. U.S. Patent #: 7,882,909, filed September 14, 2007, issued February 8, 2011. Inventors: Jonathan Pearlman, Ph.D.; Rory Cooper, Ph.D. Application #: 11/901,137 (University of Pittsburgh, 2016).

6. Variable Compliance Joystick with Compensation Algorithms. U.S. Patent #: 8,264,458, filed January 13, 2009, issued September 11, 2012. Inventors: Rory A. Cooper, PhD; Donald Spaeth; Songfeng Guo. Application #: 12/353,248 (University of Pittsburgh, 2016).

7. User Adjustable Wheelchair Backrest Mounting Hardware. U.S. Patent #: 8,376,463, filed April 30, 2010, issued February 19, 2013. Inventors: Rory A. Cooper, PhD; Jonathan L. Pearlman, PhD; Todd Hargroder; Eun-Kyoung Hong; Hsin-Yi Liu; Hongwu Wang; Benjamin A. Salatin. Application #: 12/771,533 (University of Pittsburgh, 2016).

8. Universal Restraint Mechanism for Wheelchair (Mecanismo de Sujecion Universal para Silla de Ruedas). Colombia Patent 13-141896, issued June 13, 2013. Inventors: Rory Cooper, Mahender Mandala, David Leonardo Hurtado Martinez, Maria Luisa Toro, Genevive Jerome, Joshua Telson (University of Pittsburgh, 2016).

9. Mobile Caster. U.S. Patent #: 8,490,242, filed July 7, 2011, issued July 23, 2013. Inventors: Rory Cooper, PhD; Andrew Kwarciak, MS; Mark McCartney; Jonathan Pearlman, PhD. Application #: 20110162166 (University of Pittsburgh, 2016).

- Patentes presentadas (Pittsburgh, 2016):

1. Improved Caster and System for Mobile Device. Application# 20080209673. Filed February 22, 2008. Inventors: Rory Cooper, Mark McCartney, and Andrew Kwarciak (University of Pittsburgh, 2016).
2. Angle Adjustment Backrest. Application# 20100276975. Filed April 30, 2009. Inventors: Rory Cooper and Jonathan Pearlman (University of Pittsburgh, 2016).
3. Splint for Treatment of Musculoskeletal Injury of the Hand. Application# 20110245747. Filed February 22, 2010. Inventors: Ronit Wollstein, Thomas Ogden, Jonathan Pearlman, Rory A. Cooper, David White, and Miriam Zisook (University of Pittsburgh, 2016).
4. Steering Mechanism for a Personal Vehicle. Application# 20110162905. Filed July 7, 2011. Inventors: Rory Cooper and Jonathan Pearlman (University of Pittsburgh, 2016).
5. Active Stability Devices and Systems for Mobile Devices. Application# 20130197732. Filed January 26, 2012. Inventors: Jonathan Pearlman, Joanthan Duvall, Benjamin Gebrosky, and Rory A. Cooper (University of Pittsburgh, 2016).
6. Robotic Strong Arm. Application# 20140135981. Filed April 11, 2013. Inventors: Rory A. Cooper, Garrett G. Grindle, and Mark McCartney (University of Pittsburgh, 2016).
7. Pathway Measurement Devices, Systems and Methods. Application# 20150198440. Filed January 15, 2014. Inventors: Jonathan Pearlman, Eric Sinagra, Jonathan Duvall, Josh Brown, Dianna Stuckey, Tianyang Chen, Ian McIntyre, and Rory A. Cooper (University of Pittsburgh, 2016).
8. Seating Function Monitoring and Coaching System. Application# 20150209207. Filed January 30, 2014. Inventors: Rory A. Cooper, Yu-Kuang Wu, Brandon Daveler, Hsinyi Liu, Hong Wu Wang, Jonathan Pearlman, and Garrett G. Grindle (University of Pittsburgh, 2016).



9. Systems and Method for Driving Evaluation and Training. Application# 20150360698. Filed June 13, 2014. Inventors: Nahom Beyene, Amy Lane, Rory A. Cooper, and Josh Brown (University of Pittsburgh, 2016).

10. Furniture-Integrated Weight Measurement System and Load Cell for Same. U.S. Provisional Patent Application Serial No. 62/105,809. Inventors: Jonathan Pearlman and Rory A. Cooper (University of Pittsburgh, 2016).




◆ Aliados de negocios:

- Sitios web: Universidad de Pittsburgh – centro modelo de lesiones en medula espinal, Centro VA de excelencia en sillas de ruedas e Ingeniería de Rehabilitación asociado (WARE), proyecto de entrenadores virtuales en sillas de ruedas, centro de investigación de ingeniería en tecnología para calidad de vida (QoLT), educación QoLT y programas de alcance, sociedad internacional de profesionales en sillas de ruedas.
- Universidad de Pittsburgh: facultad de ciencias de la salud y rehabilitación, facultad de ingeniería, facultad de medicina.
- Sistema de salud UPMC: centro de tecnología de asistencia, centro para medicina de emergencia, UPMC prebiteriano, instituto UPMC para la rehabilitación y la investigación, instituto McGowan para medicina regenerativa (MIRM), iniciativa Pittsburgh en ingeniería de tejidos (PTEI).
- Agencias estatales: centro Hiram G. Andrews.
- Agencias federales: Instituto Nacional de la Discapacidad, la vida independiente, e Investigación en Rehabilitación (NIDILRR), centro de difusión MSCIS, Centro Nacional para la Difusión de la Investigación sobre Discapacidad (NCDDR), Centro Nacional de Información Rehab (NARIC), Centro Nacional de Estadísticas de SCI, Centro Médico Walter Reed Army.
- Organizaciones privadas: clase de Pittsburgh, Sociedad Nacional de Esclerosis Múltiple, Centro Tres Ríos para la vida independiente, veteranos paralíticos de América, sociedad de ingeniería de rehabilitación y tecnología de asistencia de Norte América, asociación para el avance de la tecnología de asistencia en Europa, fundación nacional de veteranos discapacitados, asociación unida para la espina, Easter seal of Western Pennsylvania, Keystone PVA, operación veterano fuerte.
- Otras universidades: Hospitales Universitarios Tayside - Dundee, Escuela de Medicina de la Universidad de Washington, Instituto de Robótica de la Universidad Carnegie Mellon, Centro médico de la Universidad de Kansas, Kessler Medical Rehabilitation Research and Education Corporation.

### 3.4 ESTUDIO TÉCNICO DEL PROYECTO

#### 3.4.1 Estudio técnico financiero

##### 3.4.1.1 Maquinaria

Ítem	Máquina	Uso	Cantidad	Costo x unidad (variable)	
1.	Sierra de disco	Corte limpio a gran velocidad y mínimas rebabas en los tubos de acero para la estructura.	1	\$ 959.126	 <p>Tomado de (Interempresas, 2016).</p>
2.	Soldadura GMAW	Unión de tubos para la construcción de la estructura.	1	\$ 4.061.000	 <p>Tomado de (Soldadura, 2014)</p>
3.	Oxicorte.	Corte de los tubos a soldar.	1	\$ 1.319.000	 <p>Tomado de (Wikipedia, 2016).</p>









4.	Torno.	Operaciones de alta precisión para mecanizar, roscar, cortar, agujerar, cilindrar, devastar, ranurar y pulir las piezas.	1	\$ 30.000.000	 <p>Tomado de (Indumetan, 2016).</p>
5.	Taladro de árbol.	Mecanizar los agujeros en los tubos.	1	\$ 900.000	 <p>Tomado de (Picos, 2016).</p>

Tabla 7. Requerimientos de maquinaria para el proyecto.

### 3.4.1.2 Herramientas

ítem	Herramienta	Uso	Cantidad	Costo x unidad (variable)	
1.	Juego llaves boca fija.	Apretar o aflojar tornillos y tuercas de diferentes tamaños.	1	\$ 98.900	 <p>Tomado de (StahlwilleChile, 2016).</p>

2.	Lima.	Desgaste y afinado de los bordes o superficies de las piezas.	2	\$ 29.900	 <p>Tomado de (Leroy Merlin, 2016).</p>
3.	Taladro de mano.	Perforar las superficies de las piezas para lograr en ensamble de la estructura y demás partes.	1	\$ 659.900	 <p>Tomado de (Bulonar, 2016).</p>
4.	Prensa de barra.	Sujetar las piezas a la superficie de apoyo o a la maquinaria.	2	\$ 65.700	 <p>Tomado de (Kidenia, 2016).</p>
5.	Prensa de banco.	Sujetar las piezas.	1	\$ 249.900	 <p>Tomado de (Travers Tool, 2016).</p>
6.	Nivel.	Corroborar la horizontalidad o verticalidad de las partes y la estructura.	1	\$ 23.900	 <p>Tomado de (AfterShock, 2016).</p>

7.	Martillo.	Golpear las piezas con el fin de clavar en ellas o calzar las partes.	1	\$ 24.000	 <p>Tomado de (Tramontina, 2016).</p>
8.	Juego llave hexagonal.	Apretar o aflojar tornillos de diferentes tamaños con cabeza hexagonal.	1	\$ 25.000	 <p>Tomado de (La Casa del Perno, 2016).</p>
9.	Juego de brocas.	Crear orificios circulares de diversos tamaños cuando se acoplan a herramientas como el taladro.	1	\$ 90.000	 <p>Tomado de (Ferro Vicmar, 2016).</p>
10.	Regulador	Regular las revoluciones y la velocidad del motor.	1	\$ 83.990	 <p>Tomado de (Mercado libre, 2017).</p>
11.	Tacómetro	Verificar que el motor tenga una velocidad de 1 m/s y contabilizar las revoluciones del motor.	1	\$ 386.157	 <p>Tomado de (Hanna Instruments, 2017).</p>




12.	Interruptor	Apagar el motor cuando este cumpla las 200.000 revoluciones según el tiempo medido y programado.	1	\$248.900	 <p>Tomado de (Mercado libre, 2017b).</p>
-----	-------------	--	---	-----------	--

Tabla 8. Requerimientos de herramientas para el proyecto.

### 3.4.1.3 Requerimientos de insumos

Ítem	Insumo	Uso	Cantidad	Costo x unidad (variable)	
1.	Tubos (circulares y cuadrados) de Acero 1020	Construcción de la estructura.	20	\$ 145.000	 <p>Tomado de (Albiz, 2016).</p>
2.	Ángulos en Acero 1020	Construcción de la estructura.	20	\$ 80.000	 <p>Tomado de (Coldeaceros S.A., 2015)</p>

3.	Motor 1.1 Kw con motoreductor	Movimiento de los rodillos	1	\$ 700.000	 <p>Tomado de (traceparts, 2016).</p>
4.	Soldadura	Unión de partes.	1	\$ 591.150	 <p>Tomado de (PCEL, 2016).</p>
5.	Discos de corte	Corte de Acero 1020.	2	\$ 7.000	 <p>Tomado de (Antonio Prevedello y Cia, 2016)</p>
6.	Refrigerante	Evitar que el calor se concentre en la herramienta y la pieza en la que se trabaja.	1	\$ 175.000	 <p>Tomado de (Master Chemical Corporation, 2016).</p>



7.	Buriles	Cortar, pulir, ranurar o desbastar el material.	2	\$ 28.000	 <p>Tomado de (Herramientas de corte en Mecánica Automotriz, 2016).</p>
8.	Peso (36.25 kg – 10 kg)	Simular el peso de la persona de acuerdo a la silla en evaluación.	5	\$835.500	 <p>Tomado de ((Mercado libre, 2017).</p>
9.	Energía	Funcionamiento de las máquinas y carga de baterías en máquinas o herramientas.	25 Kv	\$ 13.250	 <p>Tomado de (UltraLine, 2016).</p>
10.	Agua	Limpieza.	6 m <sup>3</sup>	\$ 8.400	 <p>Tomado de (OSE, 2016).</p>

Tabla 9. Requerimientos de insumos para el proyecto.

#### 3.4.1.4 Disponibilidad de maquinaria, herramientas e insumos

ítem	Insumo / Maquinaria / Herramienta	Cantidad disponible
------	-----------------------------------	---------------------



1.	Sierra de disco	1
2.	Oxicorte	1
3.	Torno	2
4.	Taladro de árbol	2
5.	Juego llaves boca fija	5
6.	Lima	20
7.	Taladro de mano	5
8.	Prensa de barra	20
9.	Prensa de banco	2
10.	Nivel	3
11.	Martillo	8
12.	Llave hexagonal	150 und
13.	Brocas	200 und
15.	Tacómetro	6 und
16.	Soldadura	1 rollo
17.	Discos de corte	4
18.	Refrigerante	4 canecas
19.	Buriles	12 und
20.	Energía	Ilimitada
21.	Agua	Ilimitada
22.	Motor 1.1 Kw	1

Tabla 10. Maquinaria, herramientas e insumos disponibles en la Universidad EIA.

### **3.4.1.5 Insumos sustitutos**

La lista de insumos presentada anteriormente, contiene todos los requerimientos de materia prima para la construcción del sistema “*double drum fatigue testing*”; dentro de ella se encuentra tanto el material para su construcción, como los elementos necesarios para el uso de la maquinaria y herramientas necesarias durante el proceso.

Teniendo en cuenta lo dicho anteriormente y la rigurosidad del proceso de construcción del sistema, no existe un rango muy amplio de insumos sustitutos para el proyecto. Para el agua y la energía obtenida como parte de los servicios públicos de la universidad, se tendría como insumos sustitutos una planta eléctrica y planta de tratamiento de agua residual ubicadas dentro de la misma institución.

Adicionalmente, para el refrigerante soluble en agua que desempeña una función de enfriamiento, aunque podría usarse un refrigerante no soluble en agua, este no realizaría la función requerida en su totalidad, ya que este se utiliza en su gran mayoría para lubricación. Para los discos de corte teniendo en cuenta su forma, tamaño y características que cumplen satisfactoriamente la función de corte, no se encuentran insumos sustitutos, ya que la función de este tipo de discos está destinada al Acero 1020 y variados metales.

Los insumos sustitutos del rollo de soldadura varían de acuerdo a la soldadura utilizada y las características de alambre continuo que ella requiera; igualmente para insumos como los buriles, los insumos sustitutos varían de acuerdo a la herramienta utilizada, y los requerimientos de insumos en ella misma.

Con base a lo identificado en la norma ISO 7176-8, el motor de 1.1 Kw con motoreductor no posee insumos sustitutos, ya que cumple con los requerimientos de la norma en cuanto a potencia, velocidad, y revoluciones por minuto de los rodillos. Por último, para el Acero 1020 pueden encontrarse diversos metales como insumos sustitutos que cumplen los requerimientos de resistencia y durabilidad, y que proporcionan la funcionalidad planteada en el proyecto; dentro de ellos se encuentran Aceros 1015-1016-1018.

### **3.4.2 Estudio técnico del dispositivo**

Como indicador del estudio técnico del producto que se plantea, se realizó una evaluación en solid edge por medio del análisis de elementos finitos (FEA). Esta simulación tiene como fin verificar que los esfuerzos y desplazamientos generados en el rodillo como elemento más crítico por el peso que soporta y la función giratoria que ejerce, no exceden los máximos admisibles.

La simulación se realizó con dos fuerzas: la primera, para simular cuando se evalúa una silla de peso ligero, donde la silla pesa 9.5 Kg y el maniquí 91 Kg. La segunda, para una silla de alta resistencia donde la silla pesa 23 Kg y el maniquí 159 Kg. En ambos casos se usaron 78.438 elementos tetraédricos para el enmallado.

El valor de referencia con el que se compara los esfuerzos de Von Mises obtenidos tras la simulación es 117.647 GPa. Este valor se obtuvo por la división de la resistencia del Acero 1020 (200 GPA) por el factor de seguridad, que por tener impacto fue de 1.7.

### **SILLA PESO LIGERO**

El peso total que soporta la maquina en la evaluación de este tipo de sillas de ruedas, es 100.5 Kg; lo que significa que cada rodillo soporta 50.25 Kg. De esta manera, en cada rodillo se ejercen dos fuerzas equitativamente distribuidas en el punto donde las ruedas de la silla hacen contacto con el rodillo. Esa fuerza es entonces 25.125 Kg en cada punto, es decir 246.39 N en sentido  $-Y$ .

Adicionalmente, se tiene 500 N por el peso del rodillo en el eje  $-Y$ , y dos resistencias en donde el eje del rodillo hace contacto con la base de la máquina, de 496.39 N en sentido  $+Y$ , hallada por sumatoria de fuerzas.

Con diferentes vistas, en las figuras 27,28 y 29 se puede observar el esfuerzo en el rodillo; en las figuras 30 y 31 se muestra que el máximo esfuerzo de la pieza es 2.59 MPa (0.00259 GPa) y se encuentra localizado en el punto de contacto con las ruedas, este esfuerzo es mucho menor que el esfuerzo del material lo que indica que cumple con los requerimientos mecánicos. Además, el valor de desplazamiento generado sobre el rodillo es 0.00612 mm en una zona que no compromete grados de libertad como se muestra en la figura 32.

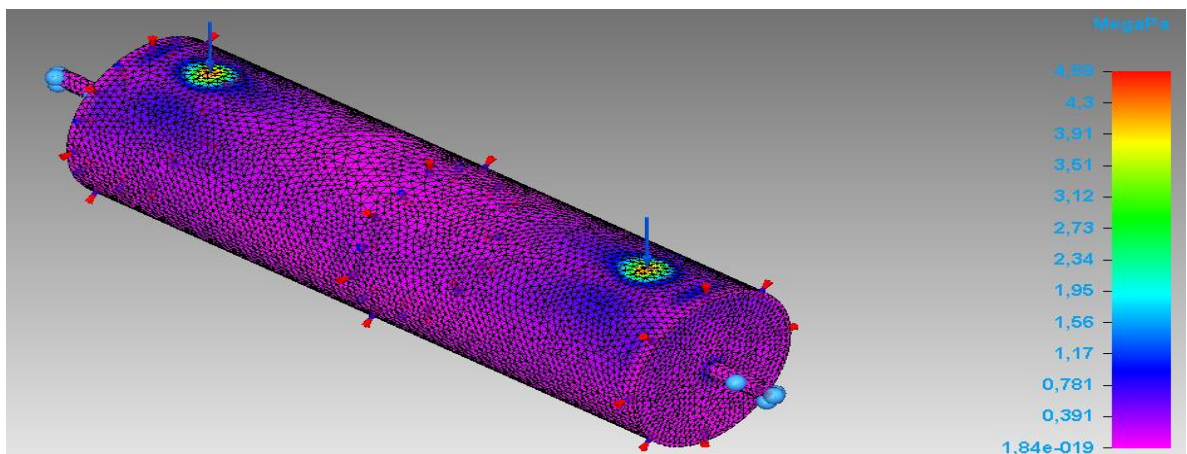


Figura 23. Vista Iso, Simulación FEA para 246.39 N.

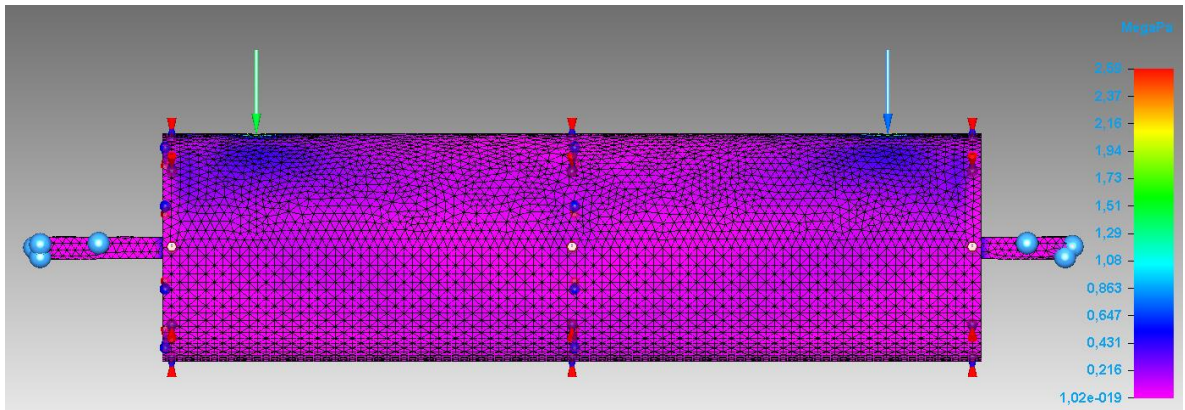


Figura 24. Vista lateral, Simulación FEA para 246.39 N.

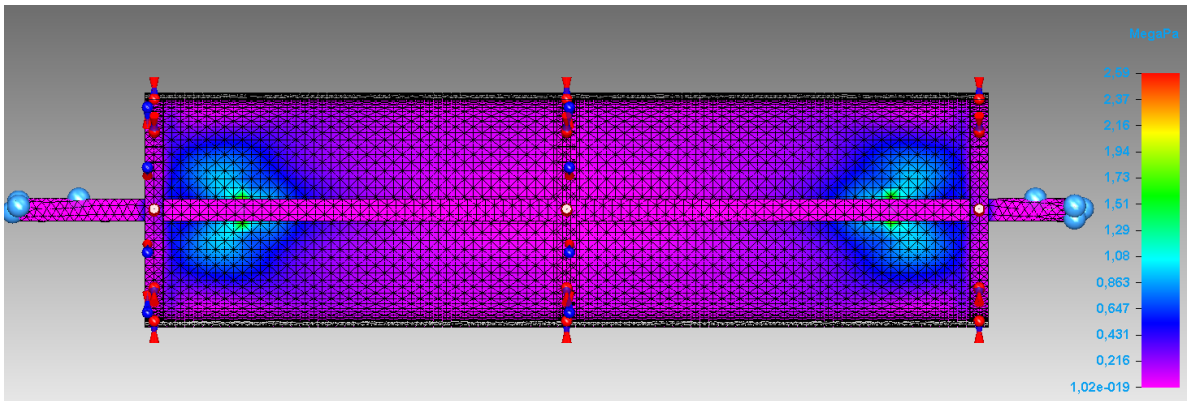


Figura 25. Vista inferior con corte, Simulación FEA para 246.39 N.

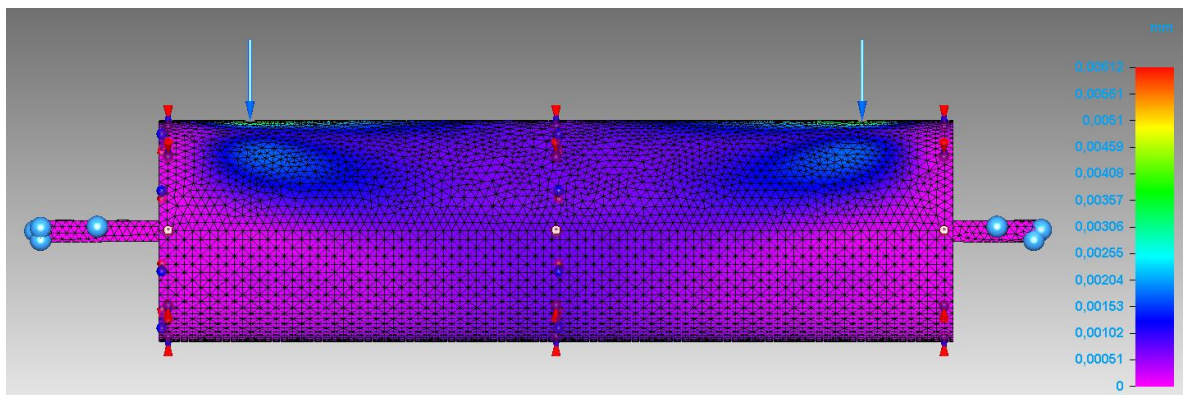


Figura 26. Marcador de máximo, Simulación FEA para 246.39 N.



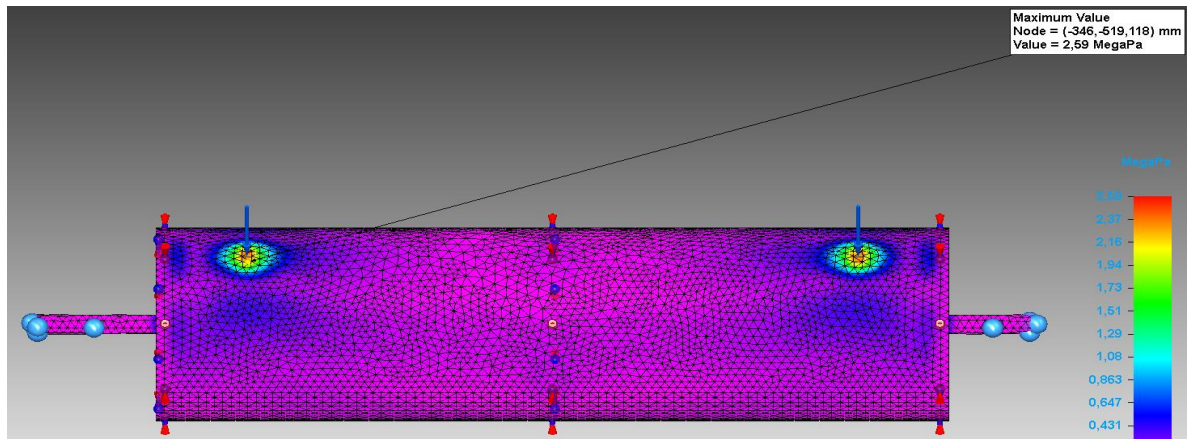


Figura 27. Esfuerzo máximo, Simulación FEA para 246.39 N.

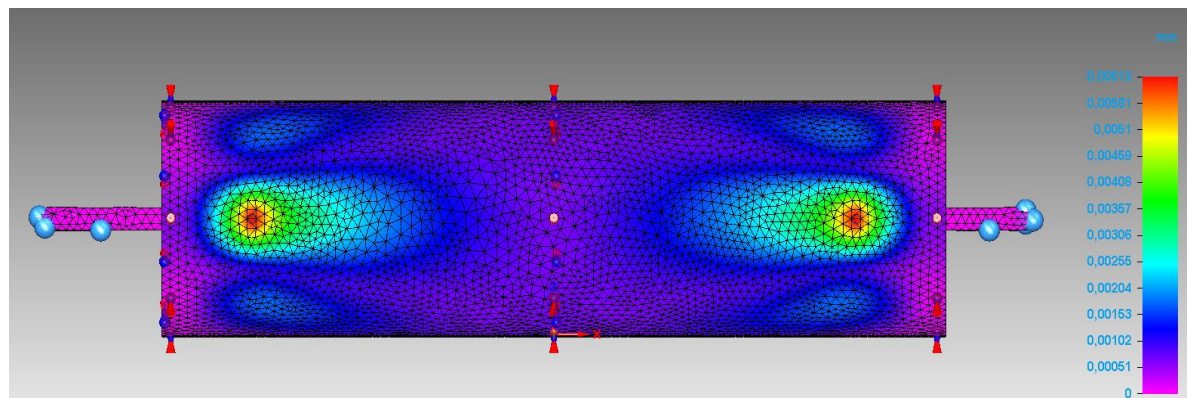


Figura 28. Desplazamiento, Simulación FEA para 246.39 N.

### **SILLA DE ALTA RESISTENCIA**

Para este tipo de sillas de ruedas, el peso total que soporta la maquina en la evaluación es 182 Kg; lo que significa que cada rodillo soporta 91 Kg. Las dos fuerzas equitativamente distribuidas en cada rodillo son entonces de 45.5 Kg en cada punto, es decir 446.20 N en sentido  $-Y$ .

Igualmente que en la simulación anterior, se tienen 500 N por el peso del rodillo en el eje  $-Y$ , y dos resistencias de 696.2 N en sentido  $+Y$ , halladas también por sumatoria de fuerzas.

En las figuras 33,34 y 35 se muestra donde está ubicado el esfuerzo máximo para este tipo de sillas de ruedas; cuyo valor mostrado en la figura 37 es de 7.28 MPa (0.00728 GPa), localizado en la figura 36 igualmente en el punto de contacto con

las ruedas de la silla. El valor de desplazamiento máximo generado es 0.0172 mm mostrado en la figura 38. Así pues, de igual manera que la simulación anterior, se demuestra el diseño planteado cumple con los requerimientos mecánicos.

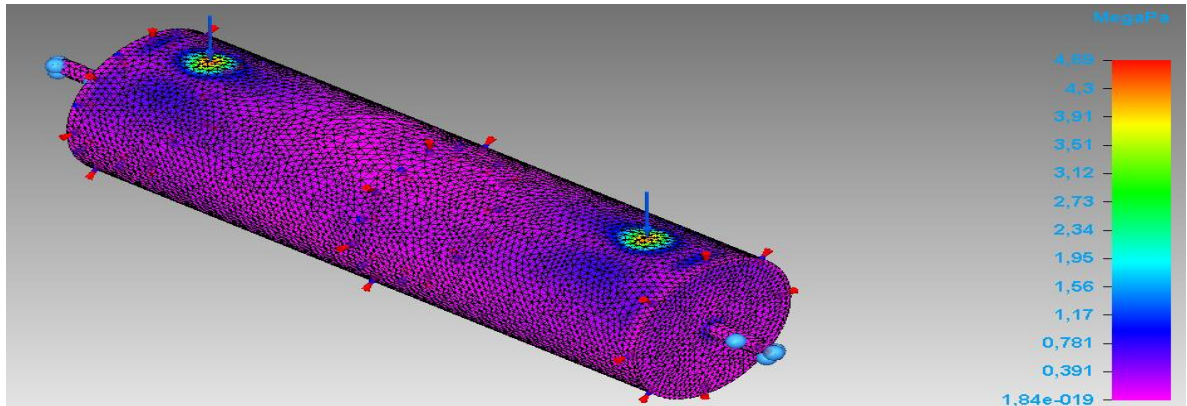


Figura 29. Vista Iso, Simulación FEA para 446.20 N.

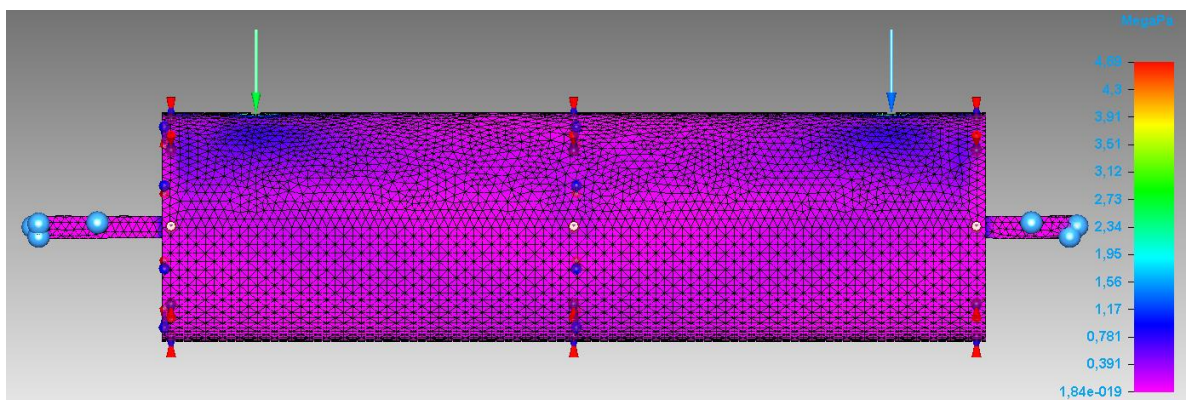


Figura 30. Vista lateral, Simulación FEA para 446.20 N.

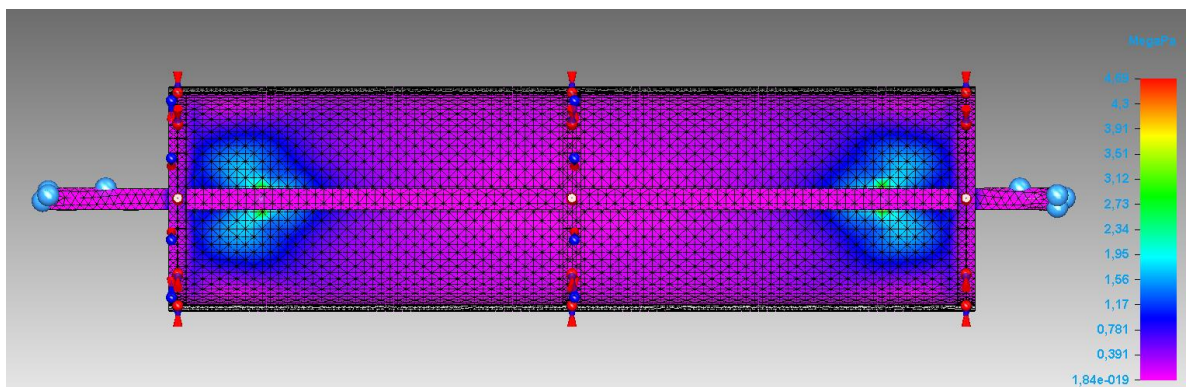


Figura 31. Vista inferior con corte, Simulación FEA para 446.20 N.



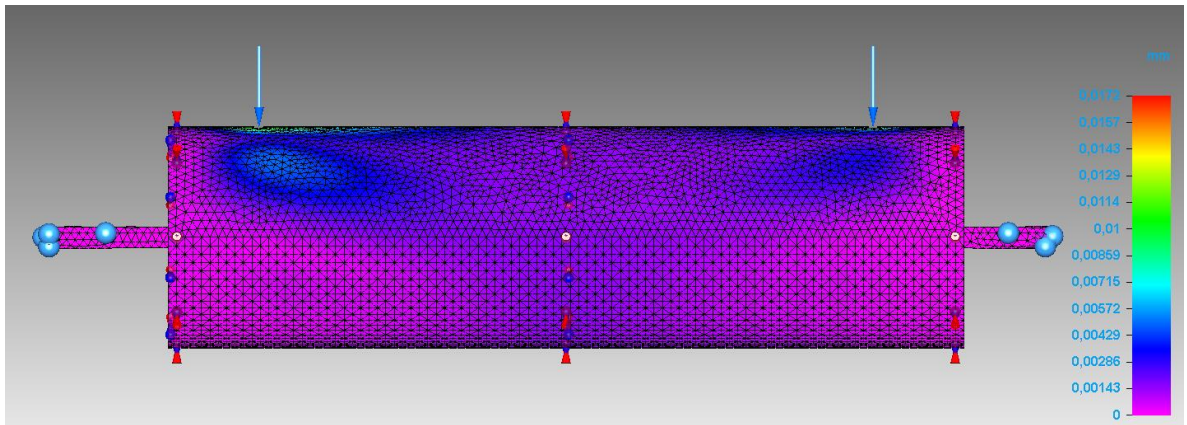


Figura 32. Marcador de máximo, Simulación FEA para 446.20 N.

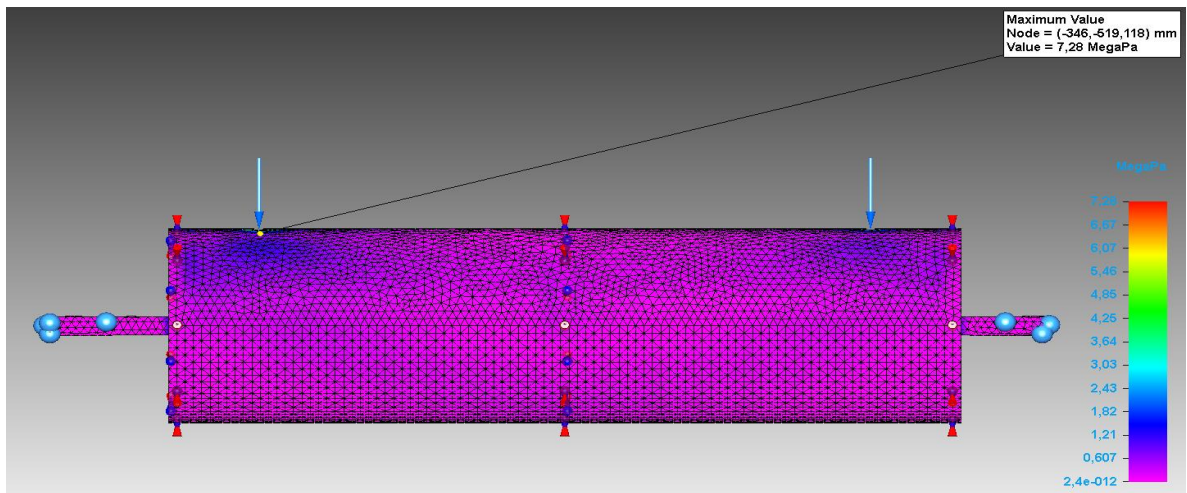


Figura 33. Esfuerzo máximo, Simulación FEA para 446.20 N.

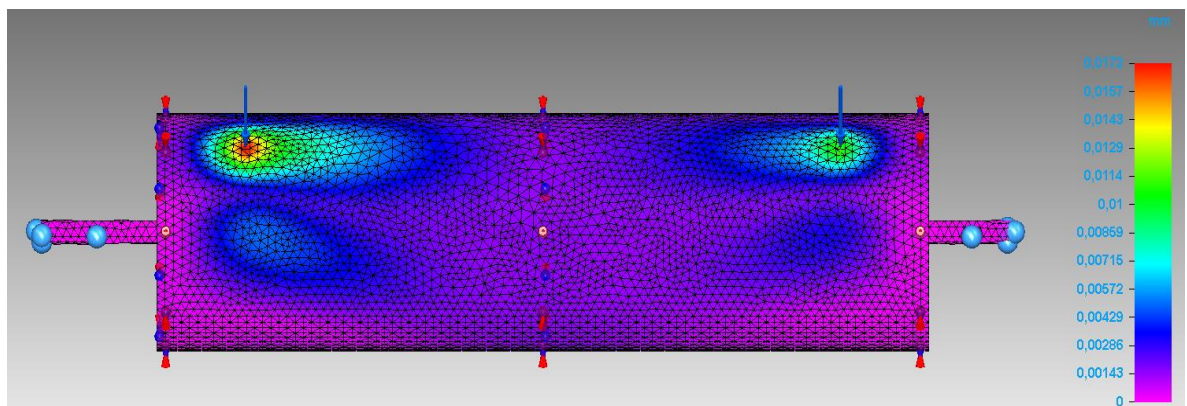


Figura 34. Desplazamiento, Simulación FEA para 446.20 N.

### 3.5 ESTUDIO FINANCIERO

#### 3.5.1 Necesidades totales de capital

Las necesidades totales de capital son los recursos económicos necesarios para el desarrollo y puesta en marcha del proyecto. El cálculo de esta inversión inicial, se realizó a través de la suma de los gastos de fabricación, la inversión para operar y el personal requerido para su construcción como se ve en la tabla 12.

<b>Tiempo estimado de construcción: 3 MESES</b>	
	<b>Mes 0</b>
<b>Gastos de fabricación</b>	
<b>Maquinaria</b>	
Sierra de disco	\$959.126
Soldadura GMAU	\$4.061.000
Oxicorte	\$1.319.000
Torno	\$30.000.000
Taladro de árbol	\$900.000
<b>Herramientas</b>	
Juego llaves boca fija	\$98.900
Lima	\$29.900
Taladro de mano	\$659.900
Prensa de barra	\$65.700
Prensa de banco	\$249.900
Nivel	\$23.900
Martillo	\$24.000
Juego llave hexagonal	\$25.000
Juego de brocas	\$90.000
Regulador	\$83.990
Tacómetro	\$386.157
Interruptor	\$248.900
<b>Insumos</b>	
Tubos circulares de Acero 1020	\$1.450.000
Tubos cuadrados de Acero 1020	\$1.450.000
Ángulos en Acero 1020	\$1.600.000
Motor 1.1 Kw con motoreductor	\$700.000
Soldadura	\$591.150
Discos de corte	\$7.000
Refrigerante	\$175.000
Buriles	\$28.000
Peso	\$835.500
Energía	\$13.250
Agua	\$8.400
<b>Inversión para operar</b>	
Publicidad	\$0
Permisos	\$0
Adaptación laboratorio	\$0
<b>Otros gastos</b>	
Técnico de laboratorio para construcción	\$2.213.151
Técnico de laboratorio para operación	\$0
<b>NECESIDADES TOTALES DE CAPITAL</b>	<b>\$48.296.824</b>

Tabla 11. Necesidades totales de capital para el proyecto.



Los requerimientos y valores fueron tomados del estudio técnico desarrollado anteriormente; los valores se usaron a precio de compra y con su suma se encuentra una necesidad total de capital de \$48.296.824. El costo para los tubos y ángulos necesarios se obtuvo por la multiplicación del costo por unidad y la cantidad requerida respectivamente según el estudio técnico financiero en el numeral 3.4. A su vez, el costo para el técnico de construcción se obtuvo por la multiplicación del salario mínimo legal vigente para el 2017 en Colombia por los 3 meses que se estima el proceso de construcción.

### 3.5.2 Capital de trabajo

El capital de trabajo se considera como aquellos recursos que requiere la empresa para poder operar, tales como, insumos, materia prima, mano de obra, etc. Estos recursos deben estar disponibles a corto plazo para cubrir las necesidades de la empresa a tiempo (Gerencie.com, 2017).

Para este cálculo, se incluyó el salario mínimo legal vigente de una persona encargada de operar la máquina y su variación estimada para los tres años siguientes, tomando 2018 como el primer año. Se estimó un plazo de 30 días para el pago del servicio por parte de las empresas contratantes y a su vez un plazo de 45 días para las cuentas por pagar donde se incluye el salario mensual y un mantenimiento semestral.

La determinación de las ventas se obtuvo mediante la sumatoria de los valores correspondientes al pago de cada empresa, que se obtuvo por la multiplicación del valor del servicio por la cantidad de sillas a evaluar. El valor del servicio se determinó basado en las encuestas, que como se mostró en la figura 18, 2 empresas no dieron respuesta al precio que consideraban adecuado para el servicio, 2 respondieron que \$8.000.000 era el precio justo y 4 respondieron que el valor debería estar por debajo de los valores opcionales; de esos 4, 2 dieron un valor de \$5.000.000 que consideraban adecuado como costo del servicio. Este valor se tomó para desarrollar el estudio financiero como se muestra en la tabla 13, considerando que todas las empresas estarían dispuestas a pagar ese valor.

Modelos por empresa	Ingreso año 1	Ingreso año 2	Ingreso año 3	Ingreso año 4	Ingreso año 5
3	\$ 15.000.000,00	\$ -	\$ 15.000.000,00	\$ -	\$ 15.000.000,00
0	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
4	\$ 20.000.000,00	\$ -	\$ 20.000.000,00	\$ -	\$ 20.000.000,00
2	\$ 10.000.000,00	\$ -	\$ 10.000.000,00	\$ -	\$ 10.000.000,00
12	\$ 60.000.000,00	\$ -	\$ 60.000.000,00	\$ -	\$ 60.000.000,00
3	\$ 15.000.000,00	\$ -	\$ 15.000.000,00	\$ -	\$ 15.000.000,00
4	\$ 20.000.000,00	\$ -	\$ 20.000.000,00	\$ -	\$ 20.000.000,00
10	\$ 50.000.000,00	\$ -	\$ 50.000.000,00	\$ -	\$ 50.000.000,00
<b>Ingreso total</b>	<b>\$ 190.000.000,00</b>	\$ -	<b>\$ 190.000.000,00</b>	\$ -	<b>\$ 190.000.000,00</b>

Tabla 12. Ingresos por servicios.

Como se mostró anteriormente, el primer interés de los consumidores es constante, por lo que los ingresos se muestran constantes a través del tiempo, pero este valor está sujeto a variar a medida que las condiciones de demanda cambien.

El costo de ventas se calculó sumando 711.23 \$/Kw, 746.25 \$/Kw, 793.11 \$/Kw que es el costo que tiene el uso de la maquina por 1h 20 min continua durante la certificación más el costo del transporte de la silla que se estimó en \$5.000, \$6.000 y \$7.000 teniendo un transporte contratado para un mínimo de 38 sillas a un valor de \$190.000 para los años 1,3 y 5 respectivamente; multiplicado por el total de sillas en el año y dividido por el ingreso del año correspondiente. A los valores anteriores se les aplico el incremento del IPC anual para obtener si incremento en los años de interés. A su vez el costo operacional se calculó con la suma del pago de honorarios por 7 días de trabajado requeridos para la certificación de las 38 sillas, más el mantenimiento anual estimado en \$500.000 y eso dividido entre el ingreso anual.

En la depreciación, se incluyeron la maquina en cuestión mediante la cantidad a pagar en su periodo de construcción sobre una vida útil de 10 años, la sumatoria del valor de toda la maquinaria que se requiere comprar con una vida útil de 10 años y la sumatoria del valor de las herramientas a comprar con una vida útil de 5 años. Para la tasa impositiva, se utilizó el valor establecido en la ley 1429 de 2010 artículo 4, encontrado tras una búsqueda bibliográfica sobre los impuestos para una empresa de servicios.

Con todos los datos detallados anteriormente, se obtuvo el capital de trabajo del proyecto restando las cuentas por pagar de las cuentas por cobrar y a su vez la inversión de capital de trabajo para cada año restando el capital de trabajo del año actual del capital de trabajo del año siguiente como se ve en la tabla 14.

<b>Supuestos</b>	<b>Año 0</b>	<b>Año 1</b>	<b>Año 2</b>	<b>Año 3</b>	<b>Año 4</b>	<b>Año 5</b>
IPC O IPP - Variación estimada anual		3,4%	3,40%	3,40%	3,40%	3,40%
Inflación usa	2,00%	2,0%	2,00%	2,00%	2,00%	2,00%
Honorarios por servicio (7 días)	\$ -	\$ 840.000,00	\$ -	\$ 970.200,00	\$ -	\$ 1.068.200,00
Cuentas por cobrar (Días en promedio)	0	30	0	30	0	30
Inventario (Días en promedio)	0	0	0	0	0	0
Cuentas por pagar otros(Días en promedio)	0	45	0	45	0	45
Ventas (\$)	\$ -	\$190.000.000,00	\$ -	\$ 190.000.000,00	\$ -	\$ 190.000.000,00
Costo de ventas(% de ventas)	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Costos operacionales (% de ventas)	0%	1%	0%	1%	0%	1%
Depreciación (tangibles)	\$ -	\$ 5.028.307,10	\$ 5.028.307,10	\$ 5.028.307,10	\$ 5.028.307,10	\$ 5.028.307,10
Tasa Impositiva	0	0%	0%	8.3%	17%	26,0%
<b>Capital de Trabajo</b>						
Cuentas por cobrar - Clientes	\$ -	\$ 18.085,56	\$ -	\$ 21.363,13	\$ -	\$ 24.678,18
Cuentas por pagar	\$ -	\$ 27.128,34	\$ -	\$ 32.044,69	\$ -	\$ 37.017,27
Total capital de trabajo	0	\$ (9.042,78)	\$ -	\$ (10.681,56)	\$ -	\$ (12.339,09)
<b>Inversión de Capital de Trabajo</b>	<b>-\$ 9.042,78</b>	<b>\$ 9.042,78</b>	<b>-\$ 10.681,56</b>	<b>\$ 10.681,56</b>	<b>-\$ 12.339,09</b>	<b>\$ 12.339,09</b>

Tabla 13. Capital de trabajo del proyecto estimado a 5 años.

La cantidad de dinero libre requerida para invertir en el funcionamiento del proyecto en los 5 años estimados de operación es un valor extremadamente pequeño comparado con los ingresos que genera el mismo; de manera que, mantener este capital aun teniendo en cuenta el tiempo de caja entre las facturas por cobrar y pagar es absolutamente factible. Con esto también se encuentra que mientras más años de operación se tenga, la tasa impositiva aumenta y a su vez aumenta el capital de inversión requerido a comparación de los primeros años; sin embargo no afectan en gran medida la capacidad de inversión.

### **3.5.3 Modalidad de financiación de ser necesario**

Como su nombre lo indica, la financiación es la contribución de dinero que se requiere para poder concretar un proyecto o actividad; esta financiación se da a través de préstamos o créditos con intereses a corto o largo plazo y de manera interna o externa a la empresa donde se requiere dicha financiación (DefiniciónABC, 2017).

Por efectos contables, en el estudio financiero se incluyeron todos los valores de compra de lo requerido para iniciar el proyecto desde cero; pero basados en la definición anterior y las necesidades mostradas en el numeral 3.4.1 para el desarrollo de este proyecto, se concluye que no es requerida la financiación ya que la institución cuenta con los suministros y requerimientos necesarios para su construcción y funcionamiento, la capacidad de contratar el personal para el desarrollo del proyecto antes, durante y después de la construcción, y los gastos adicionales existentes son suficientemente pequeños para ser cubiertos sin algún tipo de financiación. El estudio financiero con la disponibilidad de insumos, maquinaria y herramienta dentro de la institución es mostrado en el anexo 9.

### **3.5.4 Relación beneficio costo**

Para determinar la viabilidad del proyecto en cuanto la relación costo-beneficio, se desarrolló el flujo de caja para 5 años y su respectivo valor presente neto (VPN); de esta manera se pudo analizar la capacidad que tendrá el proyecto de hacer frente a los egresos con respecto a los ingresos.

Las variables utilizadas para la obtención del flujo de caja, son en su mayoría parte de las utilizadas en el cálculo del capital de trabajo; así pues, en la tabla 15 correspondiente al flujo de caja se añadieron además los costos variables y fijos. Para los costos variables, se multiplicó la suma del gasto de energía de una silla que como se dijo anteriormente es 711.23 \$/Kw, 746.25 \$/Kw, 793.11 \$/Kw para los años 1,3 y 5; y \$5.000, \$6.000 y \$7.000 respectivamente de transporte por la cantidad total de sillas anuales a certificar; los costos fijos, se tomaron como el pago de honorarios a la persona de operación estimados en \$840.000, \$970.200 y \$1.068.200 para los años 1,3 y 5; sumado al mantenimiento de la maquina en un periodo de tiempo anual que anteriormente se estimo en \$500.000.

La persona a cargo de la operación, con un rango promedio de hora y media por silla, requerirá de 7 días para evaluar las 38 inicialmente estimadas; de acuerdo a esto, los honorarios serán de \$120.000 por día trabajado, que incluye todas las prestaciones de ley; por lo tanto esta persona debe certificar su afiliación a seguridad social y riesgos profesionales.

Concepto / Item	0	1	2	3	4	5
Ingresos	\$ -	\$ 190.000.000,00	\$ -	\$ 190.000.000,00	\$ -	\$ 190.000.000,00
(Costos Variables)	\$ -	\$ 217.027	\$ -	\$ 256.358	\$ -	\$ 296.138
(Costos y Gastos Fijos)	\$ -	\$ 1.840.000	\$ -	\$ 1.970.200	\$ -	\$ 2.068.200
(Depreciación Activos Fijos)	\$ -	\$ 5.028.307,10	\$ 5.028.307,10	\$ 5.028.307,10	\$ 5.028.307,10	\$ 5.028.307,10
UTILIDAD ANTES DE IMPUESTOS	\$ -	\$ 182.914.666,16	-\$ 5.028.307,10	\$ 182.745.135,40	-\$ 5.028.307,10	\$ 182.607.354,72
Impuestos	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 15.167.846	-\$ 854.812	\$ 47.477.912
UTILIDAD NETA	\$ -	\$ 182.914.666	-\$ 5.028.307,10	\$ 167.577.289	-\$ 4.173.494,89	\$ 135.129.442
Depreciación Activos Fijos	\$ -	\$ 5.028.307,10	\$ 5.028.307,10	\$ 5.028.307,10	\$ 5.028.307,10	\$ 5.028.307,10
(Inversión Inicial)	\$48.296.824	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
(Inversión Capital de Trabajo)	-\$ 9.042,78	\$ 9.042,78	-\$ 10.681,56	\$ 10.681,56	-\$ 12.339,09	\$ 12.339,09
FLUJO DE CAJA DEL PROYECTO	-\$ 48.287.781	\$ 187.933.930	\$ 10.682	\$ 172.594.915	\$ 867.151	\$ 140.145.411

Tabla 14. Flujo de caja del proyecto a 3 años de operación.

El resultado del flujo de caja se utiliza para medir la rentabilidad del proyecto planteado; de manera que para el año cero, se tiene un flujo de caja negativo de \$48.287.781, resultante de egreso de efectivo correspondiente a la inversión inicial para construir y para operar; sin embargo, a partir del primer año de operación se presenta un flujo de caja positivo que simboliza los ingresos por el servicio prestado a través de los años, y según el cual se recupera el total de la inversión en corto tiempo de operación, así como unas ganancias de monto considerable para justificar la excelente viabilidad de realizar el proyecto.

Para el cálculo del valor presente neto (VPN) del proyecto, se requiere de variables ajenas al mismo y que hacen parte del mercado existente en el que entrara a funcionar el servicio como se ve en la tabla 16. Dentro de ellas está la tasa libre de riesgo (Rf), porcentaje de rentabilidad que se obtendría de una inversión segura, y que se calcula a través de la tasa de retorno de los bonos del tesoro de Estados Unidos a 10 años; la tasa de retorno del mercado se calcula con el SPY, indicador del rendimiento de las 500 empresas más importantes en Estados Unidos. El porcentaje de riesgo (Rn) del país, se encuentra en la página Ambito (Ambito, 2017), encargada de dar parte de la información financiera de Colombia. La prima tamaño se obtuvo con la calculadora de Bancolombia para

esta función, donde se califican de 0-4 aspectos del proyecto en cuanto a riesgo y ella genera el porcentaje total de prima.

Con los valores anteriormente mencionados, se calcula el coste de capital (Ke) que es el coste en el incurre una empresa para financiar sus proyectos de inversión a través de los recursos financieros propios (Economipedia, 2015). El Weighted Average Cost of Capital (WACC), es la tasa de descuento que se utiliza para descontar los flujos de caja futuros a la hora de valorar un proyecto de inversión (EmpresaActual, 2016) es decir que para realizar la valoración del proyecto se descontaron los flujos de caja esperados a una tasa del 6.43%, porcentaje que se obtuvo de multiplicar el valor Ke por el patrimonio.

<b>Costo Ke</b>	6,43%	6,43%	6,43%	6,43%	6,43%	6,43%					
Tasa Libre de Riesgo ( $R_f$ )	2,38%										
Retorno del Mercado ( $R_m$ )	4,75%										
Premio por el Riesgo del Mercado ( $R_m - R_f$ )	2,37%										
Riesgo País Rn (embi) para Colombia	1,96%										
Prima Tamaño	4,20%										
<b>WACC para el proyecto</b>	6,43%	6,43%	6,43%	6,43%	6,43%	6,43%					
<b>Industry Name</b>	<b>Number of firms</b>	<b>Beta</b>	<b>D/E Ratio</b>	<b>Tax rate</b>	<b>Unlevered beta</b>	<b>Cash/Firm value</b>	<b>Unlevered beta corrected for cash</b>	<b>Hi/Lo Risk</b>			
Engineering/Construction	48	1.18	32.45%	15.15%	0.93	8.26%	1,01	0.5056	44.23%	20.48%	
	<b>Año 1</b>	<b>Año 2</b>	<b>Año 3</b>	<b>Año 4</b>	<b>Año 5</b>						
Para hallar $\beta_L$											
$\beta_U$	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01						
Deuda	0%	0%	0%	0%	0%						
Patrimonio	100%	100%	100%	100%	100%						
Impuestos	0%	0%	8,3%	17,0%	26%						
$\beta_L$	1,010	1,010	1,010	1,010	1,010						

Tabla 15. Determinación del costo Ke y WACC del proyecto.

Ahora, para el cálculo del VPN se realiza una suma producto del flujo de caja en los tres años con su respectivo factor costo de capital acumulado. Este último, al igual que el factor costo de capital se calcularon con fórmulas financieras de Excel usando el valor del WACC.

Como se presenta en la tabla 17, el VPN que es lo que vale el proyecto en este momento si se desarrolla, según los flujos de caja proyectados traídos al presente es de \$374.729.457,53.

	0	1	2	3	4	5
WACC Dinámica		6,43%	6,43%	6,43%	6,43%	6,43%
Factores Costo Capital		0,939552	0,939552	0,939552	0,939552	0,939552
Factores Costo Capital Acumulados		0,939552209	0,882758353	0,82939756	0,779262309	0,732157623
FC	-\$ 48.287.781,22	\$ 187.933.930,48	\$ 10.681,56	\$ 172.594.914,70	\$ 867.151,30	\$ 140.145.410,50
VPN	\$ 374.729.457,53					
TIR	311%					
TIRM	64%					
PRI (años)	2,348					
	Año	FC	VA	PRI		
	0	-\$ 48.287.781,22	-\$ 48.287.781,22	-\$ 48.287.781,22		
	1	\$ 187.933.930,48	\$ 176.573.739,44	\$ 128.285.958,22		
	2	\$ 10.681,56	\$ 9.429,24	\$ 128.295.387,45		
	3	\$ 172.594.914,70	\$ 143.149.801,07	\$ 271.445.188,53		
	4	\$ 867.151,30	\$ 675.738,32	\$ 272.120.926,85		
	5	\$ 140.145.410,50	\$ 102.608.530,68	\$ 374.729.457,53		

Tabla 16. Determinación del VPN y PRI del proyecto.

Como última variable representativa para la definición de la relación costo-beneficio, se tiene el periodo de recuperación de la inversión (PRI). Para su cálculo, se halló el valor de este por año como se muestra en la parte inferior de la tabla 17, este valor se obtuvo de multiplicar el valor actual de la inversión (VA) por el PRI del año anterior; a su vez los valores de VA se obtuvieron por la multiplicación de flujo de caja (FC) con los factores costos capital acumulados para cada año respectivamente.

Por último, para el cálculo del periodo de recuperación de la inversión, se dividió el PRI del año 4 sobre el VA del año 5 y ese valor se restó de 5, que se refiere al último año de estudio del proyecto. El resultado que se obtuvo fue un PRI de 2.348 años que usando una regla de tres, se convierte en 28 meses aproximadamente.

### 3.5.5 Costos y gastos de operación

Como se especificó en el cálculo de capital de trabajo, una persona será la encargada de la operación de la máquina durante el tiempo de servicio. Los honorarios son acordes a las prestaciones de ley en Colombia y su proyección a cinco años, considerando 2018 como el año 1 de operación. De esta manera para un cálculo a 5 años donde 3 son de operación, tiene un costo de \$2.878.400 en total.

Por otro lado, para la operación se tiene un gasto de energía acorde al uso de la máquina por la cantidad de sillas a certificar anualmente, y un transporte que basado en las sillas certificadas totales estimadas a 5 años tendría un valor de \$769.523. Igualmente, se planea un mantenimiento semestral con una posible variación de tiempo de acuerdo al aumento de la demanda para el proyecto en los años siguientes; esto con el fin de mantener la máquina en condiciones óptimas

para más horas de trabajo. Teniendo como ventaja una vida tan grande, presupuestamos un valor \$500.000 anual, siendo conscientes que el monto podrá no llegar a ser utilizado dado que de los 5 años estimados, estaría en operación solo 21 días.

### **3.6 ASPECTOS LEGALES Y AMBIENTALES**

#### **3.6.1 Estudio y definición de la norma constitucional y otras leyes que regulan el proyecto**

La normatividad ambiental Colombiana se apoya en las normas presentadas a continuación con el fin de preservar el medio ambiente y los recursos naturales que en él se encuentran.

##### [\*\*► Decreto 948 de 1995\*\*](#)

Con el decreto se reglamentan, parcialmente, la Ley 23 de 1973, los artículos 33, 73,74, 75 y 76 del Decreto - Ley 2811 de 1974; los artículos 41, 42, 43, 44, 45, 48 y 49 de la Ley 9 de 1979; y la Ley 99 de 1993, en relación con la prevención y control de la contaminación atmosférica y la protección de la calidad del aire (Ministerio del Medio Ambiente, 1995).

##### [\*\*► Decreto 2811 de 1974\*\*](#)

Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente (Republica, 1974).

##### [\*\*► Ley 9 de 1979\*\*](#)

“Norma mediante la cual se hace disposición de las medidas sanitarias en el marco de la salud ocupacional en Colombia de acuerdo a las siguientes secciones: protección del medio ambiente; suministro de agua; salud ocupacional; saneamiento de edificaciones; alimentos; drogas, medicamentos, cosméticos y similares; vigilancia y control epidemiológico; desastres; defunciones, traslado de cadáveres, inhumación y exhumación, trasplante y control de especímenes; artículos de uso doméstico; vigilancia y control; derechos y deberes relativos a la salud” (Congreso De La Republica, 2008).

##### [\*\*► Ley 23 de 1973\*\*](#)

Por la cual se conceden facultades extraordinarias al Presidente de la República para expedir el Código de Recursos Naturales y protección al medio ambiente y se dictan otras disposiciones (Gobierno Nacional, 1973).



► [Ley 99 de 1993](#)

Con la ley se crea el ministerio del medio ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental –SINA y se dictan otras disposiciones (Ministerio del Medio Ambiente, 1993).

► [Decreto 2 de 1982](#)

El decreto reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 09 de 1979 y el Decreto Ley 2811 de 1974, en cuanto a emisiones atmosféricas (MINSA, 2013).

► [Decreto 2104 de 1983](#)

Por el cual se reglamenta parcialmente el título III de la Parte IV del Libro I del Decreto Ley 2811 de 1974 y los títulos I y XI de la Ley 9 de 1979 en cuanto a residuos sólidos (Ministerio de Salud Pública, 1983).

► [Decreto 2105 de 1983](#)

Por el cual se reglamenta parcialmente el título II de la Ley 09 de 1979 en cuanto a Potabilización del Agua (Ministerio de Salud, 1983).

### 3.6.2 Aspectos ambientales que corresponden a este proyecto

Después del análisis de la normatividad anteriormente planteada, se encuentra que sus artículos se fundamentan en la protección de los recursos naturales como agua y aire; dado que el proyecto planteado no entra en contacto con recursos naturales o el medio ambiente, las normas para su protección no rigen sobre él.

Teniendo en cuenta que la maquina presentada para construcción en este proyecto genera un ruido por el funcionamiento del motor y el golpe de las ruedas en los topes del cilindro, aunque no en mayor nivel, según el decreto 2811, se encuentra un artículo aplicable destinado al control de ruido para disminuir la contaminación auditiva ambiental y el cuidado con ella de la salud habitacional.

► [Decreto 2811 de 1974](#)

#### Título II Del ruido

**Artículo 33.** “Se establecerán las condiciones y requisitos necesarios para preservar y mantener la salud y la tranquilidad de los habitantes, mediante control de ruidos originados en actividades industriales, comerciales, domésticas,



deportivas, de esparcimiento, de vehículos de transporte, o de otras actividades análogas” (Republica, 1974).

### **3.6.3 Aspectos legales que favorecen o limitan el desarrollo del proyecto**

Pese a que en este momento no se encuentran aspectos legales que influyan en el proyecto además de las normas ya mencionadas anteriormente y de las que se mencionan en el siguiente numeral, el proyecto en sí, más bien, podría contribuir a los aspectos legales en el país. Su alcance podría favorecer el hecho que en la legislación Colombiana en cuanto a aparatos ortopédicos, si bien hasta al momento no hay una resolución que obligue a las empresas manufactureras o importadoras de sillas de ruedas a tener una certificación ISO o ASTM, el hecho de que un laboratorio lo pueda hacer le permitirá a el INVIMA o el ministerio de protección social tener un referente y exigir esta certificación como se hace en otros países.

## **3.7 ASPECTOS DE HIGIENE Y SEGURIDAD INDUSTRIAL**

Al conjunto de higiene y seguridad industrial se le conoce como los conocimientos científicos y tecnológicos destinados a localizar, evaluar, controlar y prevenir las causas de los riesgos en el trabajo a los que están expuestos los trabajadores con el motivo de su actividad laboral por medio de normas encaminadas a dicho propósito.

La seguridad industrial es un área multidisciplinaria que se encarga de evaluar y minimizar estadísticamente los riesgos de accidentes (Definición.De, 2016b); por su parte la higiene industrial se encarga de analizar las condiciones ambientales de trabajo para controlar los factores que pueden afectar la salud de manera física, mental y social (Definición.De, 2016a).

### **3.7.1 Normatividad Colombiana para la higiene y seguridad industrial**

En Colombia se establecen una serie de normas y leyes para la protección del trabajador y la empresa en la que el labora. Todo empleador con más de 10 trabajadores permanentes debe desarrollar un documento empresarial por escrito que se conoce como el reglamento de higiene y seguridad industrial, dentro de este documento se encuentran los posibles riegos y las acciones a tomar dentro de la institución. Las normas Colombianas que contienen los aspectos de higiene y seguridad industrial de acuerdo a los cuales debe redactarse este documento se enlistan a continuación:

► [Resolución 2400 de 1979](#)

“Bajo esta norma se establecen algunas disposiciones sobre vivienda, higiene y seguridad en los establecimientos de trabajo, en la que se enmarcan los aspectos de: disposiciones generales; inmuebles destinados a establecimientos de trabajo; normas generales sobre riesgos físicos, químicos y biológicos en los establecimientos de trabajo; ropa de trabajo, equipos y elementos de protección; colores de seguridad; prevención y extinción de incendios; explosivos; maquinas, equipos y aparatos en general; herramientas en general; manejo y transporte de materiales; instalaciones industriales, operaciones y procesos; construcción; trabajo de mujeres y menores; disposiciones finales” (Ministerio de Trabajo y Seguridad Social, 1979).

▶ [Ley 9 de 1979](#)

“Norma mediante la cual se hace disposición de las medidas sanitarias en el marco de la salud ocupacional en Colombia de acuerdo a las siguientes secciones: protección del medio ambiente; suministro de agua; salud ocupacional; saneamiento de edificaciones; alimentos; drogas, medicamentos, cosméticos y similares; vigilancia y control epidemiológico; desastres; defunciones, traslado de cadáveres, inhumación y exhumación, trasplante y control de especímenes; artículos de uso doméstico; vigilancia y control; derechos y deberes relativos a la salud” (Congreso De La Republica, 2008).

▶ [Resolución 2413 de 1979](#)

Por la cual se dicta el reglamento de higiene y seguridad para la industria de la construcción (MINISTRO DE SEGURIDAD SOCIAL, MINISTRO DE SALUD, 1979).

▶ [Resolución 8321 de 1983](#)

“Establece las normas para la protección y conservación de la audición, la salud y el bienestar de las personas, por causa de la producción y emisión de ruidos. La resolución abarca los aspectos de: definiciones generales; ruido ambiental y sus métodos de medición; normas generales de emisión de ruido para fuentes emisoras; normas especiales de emisión de ruido para algunas fuentes emisoras; protección y conservación de la audición, por la emisión de ruido en los lugares de trabajo” (Ministerio de salud, 1983).

▶ [Resolución 132 de 1984](#)

Normas para la presentación de informe de accidente de trabajo.

▶ [Decreto 614 de 1984](#)

Por medio del cual se determinan las bases para la organización y administración de la salud ocupacional en el país y se desarrolla en el siguiente marco: disposiciones generales y definiciones; constitución y responsabilidades; coordinación; procedimiento de vigilancia y sanciones (Betancur, Belisario; Gonzalez, Guillermo Alberto; Ramirez Arias, Jaime; Escobar Navia, 1984).

► [Resolución 2013 de 1986](#)

Con esta resolución se reglamenta a empresas con 10 o más trabajadores, la organización y funcionamiento de los comités de medicina, higiene y seguridad industrial en los lugares de trabajo. (Ministerio de Trabajo y Seguridad Social, 1986).

► [Resolución 1016 de 1989](#)

Reglamenta la organización, funcionamiento y forma de los programas de salud ocupacional que deben desarrollar los patronos o empleadores en el país (Ministerio de Trabajo y Seguridad Social, 1989).

### **3.7.2 Aspectos de higiene y seguridad industrial que corresponden a este proyecto**

Posterior a un análisis normativo, se encuentra que las reglamentaciones que afectan este proyecto, están especialmente fundadas en el control del ruido y la vibración, el diseño para disminuir el porcentaje de accidentes y la protección eléctrica. De las normas anteriormente presentadas, se presentan a continuación las correspondientes al proyecto y con ellas cada uno de sus artículos específicos.

► [Resolución 8321 de 1983](#)

#### **Capítulo I Definiciones generales**

**Artículo 1.** Entiéndase como contaminación por ruido cualquier emisión de sonido que afecte adversamente la salud o seguridad de los seres humanos, la propiedad o el disfrute de la misma (Ministerio de salud, 1983).

**Artículo 4.** Entiéndase por decibel (dB) la unidad de sonido que expresa la relación entre las presiones de un sonido cualquiera y un sonido de referencia en escala logarítmica. Equivale a 20 veces el logaritmo de base 10 del cociente de las dos presiones (Ministerio de salud, 1983).

**Artículo 9.** Denominase periodo diurno el comprendido entre las 7:01 A.M. y las 9:00 P.M. (Ministerio de salud, 1983).

**Artículo 11.** Denominase fuente emisora cualquier objeto, artefacto o cosa originadora de onda sonora, ya se de tipo estacionario, móvil o portátil (Ministerio de salud, 1983).

**Artículo 12.** Entiéndase por nivel de ruido aquel que medido en decibeles con un instrumento que satisfaga los requisitos establecidos en la presente resolución (Ministerio de salud, 1983).

**Artículo 14.** “Entiéndase por predio originador de ruido el sitio, local o lugar de origen de ondas sonoras. El predio originador de sonido comprende todas las fuentes individuales de sonido que estén localizadas dentro de los límites de dicha propiedad ya sean de tipo estacionario, móviles o portátiles” (Ministerio de salud, 1983).

**Artículo 15.** Entiéndase por sonómetro cualquier instrumento usado para medir niveles de presión sonora (Ministerio de salud, 1983).

## Capítulo II Del ruido ambiental y sus métodos de medición

**Artículo 17.** Para prevenir y controlar las molestias, las alteraciones y las pérdidas auditivas ocasionadas en la población por la emisión de ruido, se establecen los niveles sonoros máximos permisibles incluidos en la tabla 18 (Ministerio de salud, 1983):

ZONAS RECEPTORAS	NIVEL DE PRESION SONORA EN dB(A)	
	Período diurno 7:01 A.M. - 9:00 P.M.	Período nocturno 9:01 PM. - 7:00 A.M.
Zona I Residencial	65	45
Zona II Comercial	70	60
Zona III Industrial	75	75
Zona IV de tranquilidad	45	45

Tabla 17. Niveles de ruido permitidos por zona receptora. Tomado de (Ministerio de salud, 1983).

**Parágrafo 2.** Denominase Zona IV de tranquilidad el área previamente designada donde haya necesidad de una tranquilidad excepcional y en la cual el nivel equivalente de ruido no exceda de 45 dB (Ministerio de salud, 1983).

**Artículo 18.** Los niveles de presión sonora se determinarán con un medidor de nivel sonoro calibrado, con el filtro de ponderación A y respuesta rápida, en forma

continúa durante un periodo no inferior de 15 minutos, se empleará un dispositivo protector de viento para evitar errores en la medición (Ministerio de salud, 1983).

**Artículo 19.** “Los niveles sonoros para el interior de habitaciones se registrarán dentro de la habitación más cerca a la fuente de ruido, a 1.2 metros sobre el nivel del piso y aproximadamente a 1.5 metros de las paredes. Se deberán efectuar las mediciones en 3 sitios diferentes con una distancia entre estos de 0.5 metros. Se tendrá en cuenta el nivel sonoro promedio de las mediciones” (Ministerio de salud, 1983).

## Capítulo II Normas generales de emisión de ruido para fuentes emisoras

**Artículo 21.** “Los propietarios o personas responsables de fuentes emisoras de ruido están en la obligación de evitar la producción de ruido que pueda afectar y alterar la salud y el bienestar de las personas lo mismo que de emplear los sistemas necesarios para su control con el fin de asegurar niveles sonoros que no contaminen las áreas aledañas habitables. Deberán proporcionar a la autoridad sanitaria correspondiente la información que se les requiera respecto a la emisión de ruidos contaminantes” (Ministerio de salud, 1983).

**Artículo 23.** “Los establecimientos, locales y áreas de trabajo, se ubicarán o construirán según lo establecido en el Reglamento de Zonificación de cada localidad y cumpliendo con 108 niveles sonoros permisibles que se indican en el Capítulo II, de tal forma que los ruidos que se produzcan no contaminen las zonas próximas” (Ministerio de salud, 1983).

## Capítulo IV Protección y conservación de la audición, por la emisión de ruido en los lugares de trabajo

**Artículo 41.** La duración diaria de exposición de los trabajadores a niveles de ruido continuo o intermitente no deberá exceder los valores límites permisibles que se fijan en la tabla 19 (Ministerio de salud, 1983):

VALORES LIMITES PERMISIBLES PARA RUIDO CONTINUO O INTERMITENTE	
MAXIMA DURACION DE EXPOSICION	NIVEL DE PRESION SONORA DIARIA dB (A)
8 horas	90
7 horas	
6 horas	92
5 horas	
4 horas y 30 minutos	
4 horas	95
3 horas y 30 minutos	
3 horas	97
2 horas	100
1 hora y 30 minutos	102
1 hora	105
30 minutos	110
15 minutos o menos	115

Tabla 18. Máximo nivel de exposición diaria de los trabajadores al ruido. Tomado de (Ministerio de salud, 1983).

**Artículo 48.** Deberán adoptarse medidas correctivas y de control en todos aquellos casos en que la exposición a ruido en las áreas de trabajo, exceda los niveles de presión sonora permisibles, o los tiempos de exposición máximos (Ministerio de salud, 1983).

**Artículo 49.** “Los empleadores, propietarios o personas responsables de establecimientos, áreas o sitios en donde se realice cualquier tipo de trabajo productor de ruido, están en la obligación de mantener niveles sonoros seguros para la salud y la audición de los trabajadores y deben adelantar un programa de conservación de la audición que cubra a todo el personal que por razón de su oficio se vea expuesto a niveles sonoros cercanos o superiores a los valores límites permisibles” (Ministerio de salud, 1983).

**Artículo 53.** “Se empleará la audiometría de conducción aérea para evaluar la capacidad auditiva de los trabajadores. Cada uno de los oídos debe examinarse por separado para las frecuencias de 500, 1000, 2000, 3000, 4000 y 6000 ciclos por segundo, y se tendrán en cuenta los siguientes requisitos” (Ministerio de salud, 1983):

- a. “Practicar exámenes audiométricos a todo trabajador que ingrese o se traslade a un medio ruidoso. La audiometría debe ser parte del examen médico de ingreso.”
- b. “Los exámenes audiométricos deberán efectuarse en forma periódica, en especial si los trabajadores se encuentran expuestos regularmente al ruido en niveles que excedan los valores límites permisibles “
- c. “El intervalo entre los exámenes dependerá de la exposición al ruido pero no debe exceder de dos años”.

d. “El primer examen audiométrico subsiguiente a la audiometría de ingreso debe practicarse después de un intervalo corto; no más de noventa días de haber comenzado la exposición al ruido”.

e. “Si no se observan pérdidas auditivas superiores a 15 dB en las frecuencias de prueba con relación a la audiometría de ingreso y después de la exposición inicial al ruido, podrán efectuarse las audiometrías cada uno o dos años, dependiendo del grado de exposición”.

f. “Si se observaron pérdidas auditivas superiores a 15 dB o superiores en las frecuencias de prueba, deberán adoptarse sistemas de control que eviten o reduzcan los niveles sonoros hasta valores seguros para la audición”.

g. “Todo examen audiométrico debe practicarse al comienzo de la jornada de trabajo y por lo menos 16 horas después de la última exposición al ruido”.

h. “Las pruebas audiométricas deben efectuarse en cabinas especiales o en locales silenciosos, con niveles sonoros de fondo que no influyan en los resultados”.

#### ► [Ley 9 de 1979](#)

### Título III Salud ocupacional

#### De los agentes físicos

**Artículo 106.** El ministerio de salud determinará los niveles de ruido, vibración y cambios de presión a que pueden ser expuestos los trabajadores (Congreso De La Republica, 2008).

#### De la seguridad industrial

**Artículo 112.** Todas las maquinarias, equipos y herramientas deberán ser diseñados, construidos, instalados, mantenidos y operados de manera que se eviten las posibles causas de accidente y enfermedad (Congreso De La Republica, 2008).

#### Riesgos eléctricos

**Artículo 117.** “Todos los equipos, herramientas, instalaciones y redes eléctricas deberán ser diseñados, construidos, instalados, mantenidos, accionados, y señalizados de manera que se prevengan los riesgos de incendio y se evite el contacto con los elementos sometidos a tensión” (Congreso De La Republica, 2008).

#### ► [Resolución 2400 de 1979](#)

### Título III Normas generales sobre riesgos físicos, químicos y biológicos en los establecimientos de trabajo

#### Capítulo IV De los ruidos y vibraciones

**Artículo 88.** “En todos los establecimientos de trabajo en donde se produzcan ruidos, se deberán realizar estudios de carácter técnico para aplicar sistemas o métodos que puedan reducirlos o amortiguarlos al máximo. Se examinará de preferencia la maquinaria vieja, defectuosa, o en mal estado de mantenimiento, ajustándola o renovándola según el caso; se deberán cambiar o sustituir las piezas defectuosas, ajustándolas correctamente; si es posible, reemplazar los engranajes metálicos por otros no metálicos o por poleas montándolas o equilibrándolas bien” (Ministerio de Trabajo y Seguridad Social, 1979).

**Artículo 90.** El control de la exposición a ruido se efectuará por uno o varios de los siguientes métodos (Ministerio de Trabajo y Seguridad Social, 1979):

- a. “Se reducirá el ruido en el origen mediante un encerramiento parcial o total de la maquinaria, operaciones o procesos productores del ruido; se cubrirán las superficies (paredes, techos, etc.), en donde se pueda reflejar el ruido con materiales especiales para absorberlos; se colocarán aislantes para evitar las vibraciones; se cambiarán o se sustituirán las piezas sueltas o gastadas; se lubricarán las partes móviles de la maquinaria”.
- b. “Se controlará el ruido entre el origen y la persona, instalando pantallas de material absorbente; aumentando la distancia entre el origen del ruido y el personal expuesto”.
- c. “Se limitará el tiempo de exposición de los trabajadores al ruido”.
- d. “Se retirarán de los lugares de trabajo a los trabajadores hipersensibles al ruido”.
- e. “Se suministrarán a los trabajadores los elementos de protección personal, como tapones, orejeras, etc”.

**Artículo 92.** “Parágrafo 1. En las oficinas y lugares de trabajo en donde predomine la labor intelectual, los niveles sonoros (ruidos) no podrán ser mayores de 70 decibeles, independientemente de la frecuencia y tiempo de exposición” (Ministerio de Trabajo y Seguridad Social, 1979).

**Artículo 96.** El anclaje de máquinas y aparatos que produzcan ruidos, vibraciones o trepidaciones, se realizará con las técnicas más eficaces, a fin de lograr su



óptimo equilibrio estático y dinámico (Ministerio de Trabajo y Seguridad Social, 1979).

Parágrafo. Se prohíbe instalar máquinas o aparatos ruidosos adyacentes a paredes o columnas, cuya distancia a éstas no podrá ser inferior a un (1) metro (Ministerio de Trabajo y Seguridad Social, 1979).

## Capítulo VII De la electricidad, alterna, continua y estática

**Artículo 121.** “Todas las instalaciones, máquinas, aparatos y equipos eléctricos, serán construidos, instalados, protegidos, aislados y conservados, de tal manera que se eviten los riesgos de contacto accidental con los elementos bajo tensión (diferencia de potencial) y los peligros de incendio” (Ministerio de Trabajo y Seguridad Social, 1979).

**Artículo 124.** Las herramientas manuales eléctricas, lámparas portátiles y otros aparatos similares, serán de voltaje reducido; además los equipos, máquinas, aparatos, etc., estarán conectados a tierra para su seguridad (Ministerio de Trabajo y Seguridad Social, 1979).

**Artículo 133.** “Se deberá actuar siempre en los sistemas eléctricos como si todos los circuitos estuviesen conectados a tierra y aislar el cuerpo debidamente contra todos los conductores. Las armazones de los motores, las cajas de interruptores, los transformadores, etc., deberán estar bien conectados a tierra” (Ministerio de Trabajo y Seguridad Social, 1979).

Parágrafo. Las partes metálicas de los aparatos y máquinas siempre deberán tener conectada a tierra una línea suficientemente gruesa para transportar holgadamente las descargas eléctricas que se puedan producir (Ministerio de Trabajo y Seguridad Social, 1979).

## Título VIII De las maquinas, equipos y aparatos en general

### Capítulo I De las maquinas, herramienta y maquinas industriales

**Artículo 266.** Las máquinas, herramientas, motores y transmisiones estarán provistos de desembragues u otros dispositivos similares que permitan pararlas instantáneamente, y de forma tal que resulte imposible todo embrague accidental (Ministerio de Trabajo y Seguridad Social, 1979).

**Artículo 268.** La limpieza y engrasado de las máquinas, motores, transmisiones, no podrá hacerse sino por el personal experimentado y durante la parada de los

mismos, o en marcha muy lenta, salvo que existan garantías de seguridad para los trabajadores (Ministerio de Trabajo y Seguridad Social, 1979).

Parágrafo. Los trabajos de reparación, recambio de piezas u otros similares se harán análogamente cuando las máquinas, motores, transmisiones se encuentren en reposo y bajo la acción del dispositivo de seguridad contra arranques accidentales (Ministerio de Trabajo y Seguridad Social, 1979).

**Artículo 275.** “Toda máquina, aunque sus partes o piezas estén debidamente resguardadas, deberá instalarse de manera que el espacio asignado al operador sea amplio y cómodo, y pueda éste, en caso de emergencia, abandonar el lugar fácil y rápidamente” (Ministerio de Trabajo y Seguridad Social, 1979).

**Artículo 283.** “A las transmisiones por correas, cuerdas o cadenas, árboles inclinados o verticales, que se encuentren situados a 3 metros o menos sobre el suelo o sobre una plataforma de trabajo que ofrezca peligro de contacto para las personas o para sus prendas de vestir, se les colocará guardas de protección” (Ministerio de Trabajo y Seguridad Social, 1979).

## 4 CONCLUSIONES Y CONSIDERACIONES FINALES

Se diseñó el sistema “*double-drum fatigue testing*” rigurosamente bajo el estándar ISO 7176 para probar sillas de ruedas; dicho diseño cumple con todos los requerimientos y delineamientos que en ella se presentan, de manera que su construcción e implementación puede asegurar resultados confiables y viables en su objetivo principal.

El uso de la certificación internacional en Colombia presenta una demanda insatisfecha considerable, de manera que el desarrollo del proyecto se hace pertinente para impulsar, apoyar y respaldar la calidad de los productos desarrollados dentro o fuera del país pero que entran a manera de importación, con el fin de ofrecer un mayor bienestar y durabilidad a los usuarios de sillas de ruedas en el mismo.

La encuesta de mercado permitió dar a conocer la idea de servicio que se plantea desarrollar y con ello analizar la respuesta de los posibles consumidores, tanto en el ámbito de la demanda como en la opinión de los beneficios que ellos consideran el proyecto tiene para su negocio; donde la opinión general de los encuestados fue el aporte del proyecto a la mejora de la calidad de las sillas de ruedas y la competitividad de la empresa.

Basados en el estudio financiero, se encontró que el proyecto requiere de una inversión de \$48.287.781 para poder desarrollarse; valor que se recupera a los 28 meses de funcionamiento por su alta rentabilidad.

Si el proyecto se desarrolla, el valor que tendría actualmente al traer los flujos de caja de los años estimados de funcionamiento al presente es de \$374.729.457,53; por lo que el proyecto es altamente factible al generar valor. Esto significa que cumple con el objetivo básico financiero de maximizar la inversión.

Debido a este trabajo de grado se desarrolló con la idea de una implementación, se requiere atraer más empresas a formar parte del proyecto, de manera que se pueda desarrollar un plan de negocios con una muestra más acertada del tamaño real del mercado.

## 5. REFERENCIAS

- AfterShock. (2016). Могли ли египтяне выстроить свои пирамиды самостоятельно? (ДК). Recuperado a partir de <https://aftershock.news/?q=node/399124>
- Albiz. (2016). Tubos Estructurales — Comprar Tubos Estructurales, Precio de , Fotos de Tubos Estructurales, de Cortestamp, S.A.. Tubos de metal en Albiz Argentina. Recuperado a partir de <http://buenos-aires.all.biz/tubos-estructurales-g62227#.WBEWQvnYXIU>
- Ambito. (2017). COLOMBIA - Riesgo País | Mercados - Ambito.com. Recuperado 13 de mayo de 2017, a partir de <http://www.ambito.com/economia/mercados/riesgo-pais/info/?id=4>
- Antonio Prevedello y Cia. (2016). Disco de corte acero inoxidable fino Makita | Antonio Prevedello. Recuperado a partir de <http://antonioprevedello.com/producto/disco-de-corte-acero-inoxidable-fino-makita/>
- Benjamin Gebrosky, Jonathan Pearlman, Rory A. Cooper, Rosemarie Cooper, A. K. (2013). Evaluation of lightweight wheelchairs using ANSI/RESNA testing standards. Recuperado 26 de febrero de 2016, a partir de <http://www.rehab.research.va.gov/jour/2013/5010/pdf/jrrd-2012-08-0155.pdf>
- Betancur, Belisario; Gonzalez, Guillermo Alberto; Ramirez Arias, Jaime; Escobar Navia, R. (1984). DECRETO 614 DE 1984.
- Bulonar. (2016). Bulonar. Recuperado a partir de <http://www.bulonar.com.ar/herramientas.php>
- Central de bronce y metales. (2016). Acero 1020-1045. Recuperado a partir de <http://www.centralbroncesmetales.com/Acero 1020-1045.html>
- Coldeaceros S.A. (2015). Aceros estructurales. Recuperado a partir de <http://www.coldeaceros.com/productos/aceros-estructurales>
- Congreso De La Republica. (2008). Ley 9 De 1979. Vasa, 1979(enero 24), 13. <http://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Constantine, S. (2009). The Universal Access Handbook - Google Books. Recuperado 15 de marzo de 2017, a partir de <https://books.google.com/books?id=Nrti8Q7K1wwC&pg=SA54->

PA7&lpg=SA54-  
PA7&dq=importance+of+iso+7176&source=bl&ots=JLNorsdVUE&sig=iwvmxX  
Tc28q4CVhIZCSlpc8ah\_s&hl=es-  
419&sa=X&ved=0ahUKEwjX7ZPS1dbSAhVGSCYKHb5WAdwQ6AEITjAG#v=  
onepage&q&f=false

DANE. (2006). CENSO GENERAL 2005. Recuperado a partir de <http://www.dane.gov.co/files/censo2005/discapacidad.pdf>

Definición.De. (2016a). Definición de higiene industrial - Qué es, Significado y Concepto. Recuperado a partir de <http://definicion.de/higiene-industrial/>

Definición.De. (2016b). Definición de seguridad industrial - Qué es, Significado y Concepto. Recuperado a partir de <http://definicion.de/seguridad-industrial/>

DefiniciónABC. (2017). Definición de Financiación » Concepto en Definición ABC. Recuperado 18 de febrero de 2017, a partir de <http://www.definicionabc.com/economia/financiacion.php>

Disablegear. (2016). About - DisabledGear.com. Recuperado 13 de abril de 2016, a partir de <http://disabledgear.com/about-buying-selling>

Discapacidad estimulada. (2009). Valórame por mis capacidades, no por mi discapacidad | &quot; Me miras mucho, pero no me ves&quot; Recuperado a partir de <https://discapacidadestimulada.wordpress.com/page/2/>

Economipedia. (2015). Coste de capital (Ke). Recuperado 13 de mayo de 2017, a partir de <http://economipedia.com/definiciones/coste-de-capital-ke.html>

EmpresaActual. (2016). Qué es el WACC, definicion, interpretacion | EmpresaActual. Recuperado 13 de mayo de 2017, a partir de <http://www.empresaactual.com/el-wacc/>

Ferro Vicmar. (2016). Kit de brocas de precision dremel ref. 2.615.062.832. Herramientas-Multifu. Mandriles-Varios. Recuperado a partir de <http://www.ferrovicmar.com/herramientas-electricas.asp?producto=brocas-dremel-628#>

FMK. (2016). Productos sustitutos | Diccionario de Marketing | FMK. Recuperado a partir de <http://www.foromarketing.com/diccionario/productos-sustitutos/>

Gerencie.com. (2017). Capital de trabajo | Gerencie.com. Recuperado 7 de mayo de 2017, a partir de <https://www.gerencie.com/capital-de-trabajo.html>

Gobierno Nacional. (1973). Ley 23 de 1973, 1973, 8-10.

- Hanna Instruments. (2017). Cronómetro digital HS-3(V) casio 214003 Colombia. Recuperado 17 de junio de 2017, a partir de <http://www.viaindustrial.com/producto.asp?codigo=214003>
- Herramientas de corte en Mecánica Automotriz. (2016). Herramientas de corte en Mecánica Automotriz: Herramientas de Corte. Recuperado a partir de <http://mrcanicaautomotriz.blogspot.com.co/p/herramientas-de-corte-en-un-taller.html>
- IAF. (2016). International Accreditation Forum - IAF. Find Members, publications & resources.
- Indumetan. (2016). Proceso de torneado, en que consiste y que es el torno (Definición) | [www.Indumetan.com](http://www.indumetan.com). Recuperado a partir de <http://www.indumetan.com/que-es-el-torneado-definicion/>
- Interempresas. (2016). Cortador de metal Makita 4131 - Agricultura - Cortador de metal. Recuperado a partir de <https://www.interempresas.net/Agricola/FeriaVirtual/Producto-Cortador-de-metal-Makita-4131-26146.html>
- ISO. (2014). ISO 7176-8:2014 - Wheelchairs -- Part 8: Requirements and test methods for static, impact and fatigue strengths. Recuperado a partir de [http://www.iso.org/iso/catalogue\\_detail.htm?csnumber=64902](http://www.iso.org/iso/catalogue_detail.htm?csnumber=64902)
- ISO. (2017). Standards. Recuperado 25 de marzo de 2017, a partir de <https://www.iso.org/standards.html>
- Kidenia. (2016). prensa manual giratoria para mesa. Recuperado a partir de <http://www.kidenia.com/fr/bricolage/267-prensa-para-banco-giratorio.html>
- La Casa del Perno. (2016). Productos | La Casa del Perno. Recuperado a partir de [http://www.repuestoslacasadelperno.com/?page\\_id=213](http://www.repuestoslacasadelperno.com/?page_id=213)
- Leroy Merlin. (2016). Limas y escofinas - Leroy Merlin. Recuperado a partir de [http://www.leroymerlin.es/productos/herramientas/herramientas\\_de\\_mano/limas\\_y\\_escofinas.html](http://www.leroymerlin.es/productos/herramientas/herramientas_de_mano/limas_y_escofinas.html)
- Master Chemical Corporation. (2016). Fluidos para cortar y esmerilar líderes en la industria - Master Chemical Corporation. Recuperado a partir de [http://www.masterchemical.com/mx\\_es/fluid\\_products/show\\_category2.php?catid=C29C](http://www.masterchemical.com/mx_es/fluid_products/show_category2.php?catid=C29C)
- Mercado libre. (2017a). Dc 6v 12v 24v Pwm Controlador De Velocidad Del Motor Con In - \$ 83.990 en Mercado Libre. Recuperado 1 de julio de 2017, a partir

de [http://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-446527325-dc-6v-12v-24v-pwm-controlador-de-velocidad-del-motor-con-in-\\_JM](http://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-446527325-dc-6v-12v-24v-pwm-controlador-de-velocidad-del-motor-con-in-_JM)

Mercado libre. (2017b). Temporizador Eléctrico Stanley 3 Toma De Corriente - \$ 248.900 en Mercado Libre. Recuperado 1 de julio de 2017, a partir de [http://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-446595973-temporizador-electrico-stanley-3-toma-de-corriente-\\_JM](http://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-446595973-temporizador-electrico-stanley-3-toma-de-corriente-_JM)

MET. (2015). MET Labs - First in Certification > Quote Center > Online RFQ > Thank You. Recuperado 13 de abril de 2016, a partir de <http://www.metlabs.com/Quote-Center/Online-RFQ/Thank-You.aspx>

MET. (2016). About Us - MET Laboratories, Inc. Recuperado a partir de <http://www.metlabs.com/about/>

Ministerio de salud. (1983). Resolución 08321 de Agosto 4 de 1983.

Ministerio de Salud. (1983). Decreto 2105 de 1983, (10), 25.

Ministerio de Salud Pública. (1983). DECRETO 2437 de 1983. Por el cual se reglamenta parcialmente el Título V de la Ley 9a. de 1979, en cuanto a Producción, Procesamiento, Transporte y Comercialización de la Leche, 1983(2104), 1-18.

Ministerio de Trabajo y Seguridad Social. (1979). Resolución 2400 de 1979, 1979(mayo 22), 1-134. Recuperado a partir de [http://www.indumil.gov.co/doc/normas\\_gestion\\_integral/Resoluciones/res2400\\_1979.pdf](http://www.indumil.gov.co/doc/normas_gestion_integral/Resoluciones/res2400_1979.pdf)

Ministerio de Trabajo y Seguridad Social. (1986). Resolución 2013/1986. COPASO, 1-4.

Ministerio de Trabajo y Seguridad Social. (1989). Resolución 1016 de Marzo 31 de 1989, 1-6.

Ministerio del Medio Ambiente. (1993). Ley 99 De 1993. *Diario Oficial*, (41146), 44. <http://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

Ministerio del Medio Ambiente. (1995). Decreto 948 de 1995, 1995(41), 12,14. <http://doi.org/https://www.google.com.co/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&sqi=2&ved=0CCIQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.alcaldiabogota.gov.co%2Fsisjur%2Fnormas%2FNorma1.jsp%3Fi%3D1479&ei=sDQaU6jFBaTR0wGuzlCgBg&usq=AFQjCNHW0epGypon6e0wpeG1WiRCihO3ew&bvm>

MINISTRO DE SEGURIDAD SOCIAL, MINISTRO DE SALUD, M. D. T. (1979).

RESOLUCIÓN 2413 DE 1979 (mayo 22) MINISTERIO DE TRABAJO Y SEGURIDAD SOCIAL Por la cual se dicta el Reglamento de Higiene y Seguridad para la Industria de la Construcción., 1979(mayo 22).

MINSA, M. de S. (2013). Por el cual se reglamentan parcialmente el Título I de la Ley 09 de 1979 y el Decreto Ley 2811 de 1974, en cuanto a emisiones atmosféricas. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689-1699. <http://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

ONAC. (2014). Programa de Acreditación Organismos de Inspección.

ONAC. (2016). Organismo Nacional de Acreditación de Colombia - ONAC. Recuperado a partir de <http://www.onac.org.co/modulos/contenido/default.asp?idmodulo=234>

Organización Mundial de la Salud. (2008). Pautas para el suministro de sillas de ruedas manuales en entornos de menores recursos. *Pautas para el suministro de sillas de ruedas manuales*, 137. Recuperado a partir de [who.int/disabilities/.../wheelchairguidelines\\_sp\\_finalforweb.pdf](http://who.int/disabilities/.../wheelchairguidelines_sp_finalforweb.pdf)

OSE. (2016). OSE - Obras Sanitarias del Estado. Recuperado a partir de [http://www.ose.com.uy/por\\_que\\_ahorrar\\_agua.html](http://www.ose.com.uy/por_que_ahorrar_agua.html)

PCEL. (2016). Rollo de 200 gramos de soldadura con aleación estaño/plomo (60/40). Recuperado a partir de <https://pcel.com/STEREN-SOL60-200-83689>

Picos. (2016). TALADRO DE ARBOL. Recuperado a partir de [http://picos.com.co/index.php?route=product/product&product\\_id=550](http://picos.com.co/index.php?route=product/product&product_id=550)

Pittsburgh, U. of. (2016). Human Engineering Research Laboratories | University of Pittsburgh. Recuperado 15 de abril de 2016, a partir de <http://www.herl.pitt.edu/>

Productos, E. aplicable para nuevos. (2009). Estudio De Factibilidad (Esquema Aplicable Para Nuevos Productos), 1-6. Recuperado a partir de <http://proyectos.aragua.gob.ve/descargas/ESTUDIOFACTIBILIDADECONMICA.pdf>

Ramfe. (2006). Catálogo general de selección.

Republica, P. de la. (1974). Decreto 2811 Del 18 De Diciembre De 1974.

Rodewald Hanns-Lüdecke, B. F. (2010). 102009020989 Auxiliary device for ball trailer hitch in passenger car, has mounting device provided for mounting impact protective shield at towing vehicle-lateral clutch device, where impact



protective shield and mounting device are connected by hinge. Recuperado a partir de <https://patentscope.wipo.int/search/es/detail.jsf?docId=DE104902867&recNum=2&office=&queryString=T%25C3%259CV+Rheinland+Group&prevFilter=&sortOption=Fecha+de+publicaci%25C3%25B3n%252C+orden+descendente&maxRec=4>

Rory A. Cooper. (1995). Rehabilitation Engineering Applied to Mobility and Manipulation - Rory A Cooper - Google Books. Recuperado 26 de marzo de 2017, a partir de [https://books.google.com/books?id=oLR7ko42NxQC&pg=PA235&lpg=PA235&dq=why+use+double+drum+fatigue+testing&source=bl&ots=8jBWGvbh\\_m&sig=KbTHkzoZoGgZKrijBCEFWeSOq7Cw&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwiQ8sKQgtLSAhWB6yYKHUaRA2UQ6AEIITAB#v=onepage&q=why use double%252](https://books.google.com/books?id=oLR7ko42NxQC&pg=PA235&lpg=PA235&dq=why+use+double+drum+fatigue+testing&source=bl&ots=8jBWGvbh_m&sig=KbTHkzoZoGgZKrijBCEFWeSOq7Cw&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwiQ8sKQgtLSAhWB6yYKHUaRA2UQ6AEIITAB#v=onepage&q=why%20use%20double%252)

Rory A. Cooper, David P . VanSickle, Steven J . Albright, Ken J. Stewart, Margaret Flannery, R. N. R. (1995). Power wheelchair range testing and energy consumption during fatigue testing, 255-263. Recuperado a partir de <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.579.618&rep=rep1&type=pdf>

RYSER, H., & FIEDLER, M. (2004). TEST LEVER.

RYSER, H., & FIEDLER, M. (2006). MULTIFUNCTIONAL PRESSURE SENSOR AND ASSOCIATED METHOD.

Sack. (2017). Ficha Técnica SAE 1020; 1045; 4140 y 4340.-. Recuperado 3 de junio de 2017, a partir de <https://es.scribd.com/doc/205173298/Ficha-Tecnica-SAE-1020-1045-4140-y-4340>

Soldadura. (2014). Descripción soldadura MIG-MAG GMAW | soldadura. Recuperado a partir de <http://soldadura.org/2014/01/06/descripcion-soldadura-mig-mag-gmaw/>

StahlwilleChile. (2016). StahlwilleChile. Recuperado a partir de <http://www.stahlwillechile.cl/categoria/Llaves para tuercas y tornillos?page=3>

SURATEP. (2013). PROTECCIÓN SOCIAL DEL REGLAMENTO DE HIGIENE Y SEGURIDAD INDUSTRIAL Y EL COMITÉ PARITARIO DE SALUD OCUPACIONAL O VIGIA OCUPACIONAL SURATEP , como Administradora de Riesgos Profesionales quiere suministrarle a las empresas afiliadas una orientación básica s, 1-20.

traceparts. (2016). Archivos CAD Siemens : 1.1kw 4 Pole IE2 90S 230VD/400VY

B3. Recuperado a partir de [http://www.tracepartsonline.net/\(S\(wbgzihcsgsl1ujet3b1mq2sw\)\)/partdetails.aspx?PartID=10-13052014-084361&class=RS\\_COMPONENTS&clsid=/F\\_RS\\_COMPONENTS/PSSS\\_421167/PSS\\_421223/PSF\\_421225/](http://www.tracepartsonline.net/(S(wbgzihcsgsl1ujet3b1mq2sw))/partdetails.aspx?PartID=10-13052014-084361&class=RS_COMPONENTS&clsid=/F_RS_COMPONENTS/PSSS_421167/PSS_421223/PSF_421225/)

Tramontina. (2016). Martillo de uña - 40203008 : Martillos | Tramontina.

Travers Tool. (2016). Herramientas Industriales - STANLEY - - Tornillos de Banco &quot;MaxSteel&quot; Base Giratoria • Uso Rudo 83-068 STANLEY. - Travers Tool. Recuperado a partir de <http://www.traverstool.com.mx/71-351-937.html>

TÜVRheinland. (2016). The page can't be found or has been moved. | TÜV Rheinland. Recuperado 13 de abril de 2016, a partir de [http://www.tuv.com/en/greater\\_china/services/product\\_testing\\_gc/medical\\_devices\\_gc/wheelchair\\_mobility\\_scooter\\_testing\\_gc/wheelchair\\_mobility\\_scooter\\_testing.html](http://www.tuv.com/en/greater_china/services/product_testing_gc/medical_devices_gc/wheelchair_mobility_scooter_testing_gc/wheelchair_mobility_scooter_testing.html)Voya

TÜVRheinland. (2016). TÜV Rheinland Colombia - Pagina de Inicio | co | TÜV Rheinland. Recuperado a partir de <http://www.tuv.com/es/colombia/home.jsp>

UltraLine. (2016). Extensiones Eléctricas. Recuperado a partir de <http://www.ultralineelectronica.com/index.php/productos/extensiones-electricas.html>

University of Pittsburgh. (2016). Human Engineering Research Laboratories | University of Pittsburgh. Recuperado a partir de <http://www.herl.pitt.edu/>

University of Vermont. (2015). Regulations, Standards, Codes ans Accreditation. Recuperado 15 de marzo de 2017, a partir de [http://its.uvm.edu/Train/HT\\_Plan\\_Mgt/10\\_Standards\\_regs/standards\\_regs2015.html](http://its.uvm.edu/Train/HT_Plan_Mgt/10_Standards_regs/standards_regs2015.html)

Wikipedia. (2016). Oxicorte - Wikipedia, la enciclopedia libre. Recuperado a partir de <https://es.wikipedia.org/wiki/Oxicorte>

Cook, A., & Miller Polgar, J. (2008). Technologies that enable mobility. En A. M. Cook, & J. Miller Polgar, *Assistive Technologies* (Vol. 3, págs. 408-442).

Cooper, R. A. (1995). WHEELCHAIR SAFETY, STANDARS AND TESTING. En R. A. Cooper, *REHABILITATION ENGINERING applied to mobility and manipulation* (pág. 219). Pittsburg: Institute of Physics Publishing. Recuperado el 19 de 2 de 2016

- Cooper, R. A., Ohnabe, H., & Hobson, D. (2007). Wheelchairs. En R. A. Cooper, H. Ohnabe, & D. A. Hobson, *An introduction to rehabilitation engineering*.
- Copper, R. (1998). Demos Medical Publishing. *Wheelchair selection and configuration*. Nueva york.
- Trujillo, E. (circa 1960). Wheelchair Athletic Club. *History of the wheelchair*. California.
- Torres, E. L. (2015). *SAE 1020 Y SAE 1045*. Obtenido de [repository.unilibre.edu.co/bitstream/.../VasquezTorresEdwinLibardo2013Anexos.pdf?...](http://repository.unilibre.edu.co/bitstream/.../VasquezTorresEdwinLibardo2013Anexos.pdf?...)
- Yahoo finance. (13 de Mayo de 2017). *SPDR S&P 500 ETF (SPY)*. Obtenido de <http://finance.yahoo.com/quote/SPY/history?period1=1161925200&period2=1477544400&interval=1d&filter=history&frequency=1d>.
- Yahoo finances. (27 de Octubre de 2016). *USA treasury bonds rates*. Obtenido de <http://finance.yahoo.com/bonds>.

## ANEXO 1

### Cotización del instituto MET para la evaluación y certificación de una silla de ruedas.

**APPLICABLE STANDARDS:**  
**US: ISO 7176-1:2014 Wheelchairs: Requirements and Test Methods for Wheelchairs (including scooters)**

Volume - Section	Test	Price - per Chair (1)
Part 1	Determination of static stability	\$1,500.00
Part 3	Determination of effectiveness of brakes	\$1,500.00
Part 5	Overall Dimensions, Mass, and Maneuvering Space	\$1,500.00
Part 7	Measurement of Seating and Wheel Dimensions	\$750.00
Part 8	Requirements and test methods for static, impact and fatigue strengths	\$10,500.00
Part 13	Determination of coefficient of friction of test surfaces	\$750.00
Part 15	Requirements for information disclosure, documentation and labelling	\$750.00
Part 16	Resistance to Ignition of Upholstered Parts	\$750.00 (per material)
Test Report		\$1,500.00 (2)
<b>Total</b>	<b>Testing and Report (per Chair)</b>	<b>\$19,500.00 (3)</b>

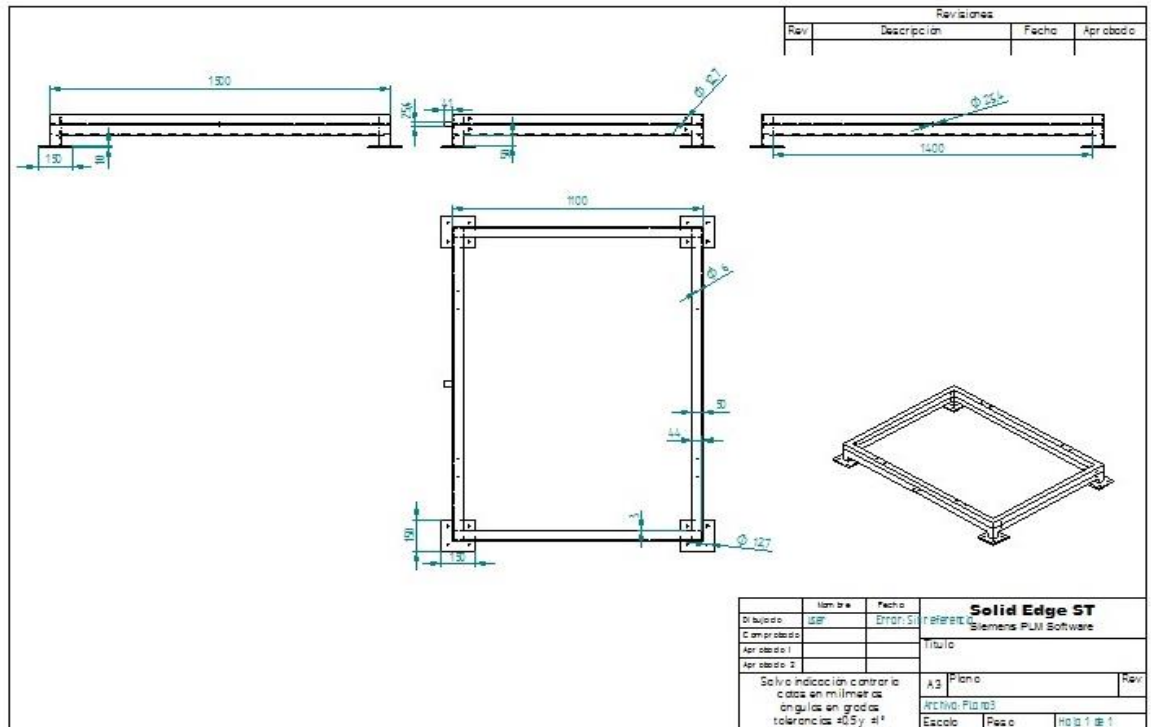
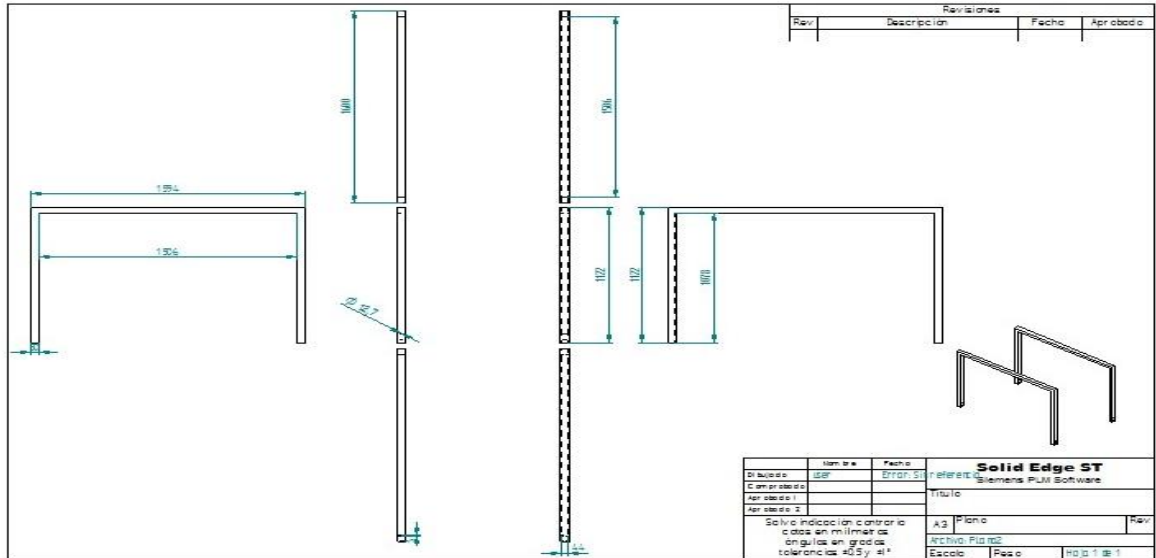
(1) Pricing is based on testing of a wheelchair intended to carry one person, with a maximum weight capacity of 100 kg (220 lbs), and with a maximum speed not exceeding 15 km/h.

(2) Includes test report with data and photographs

(3) Product Sample – A minimum of 1 sample is required.

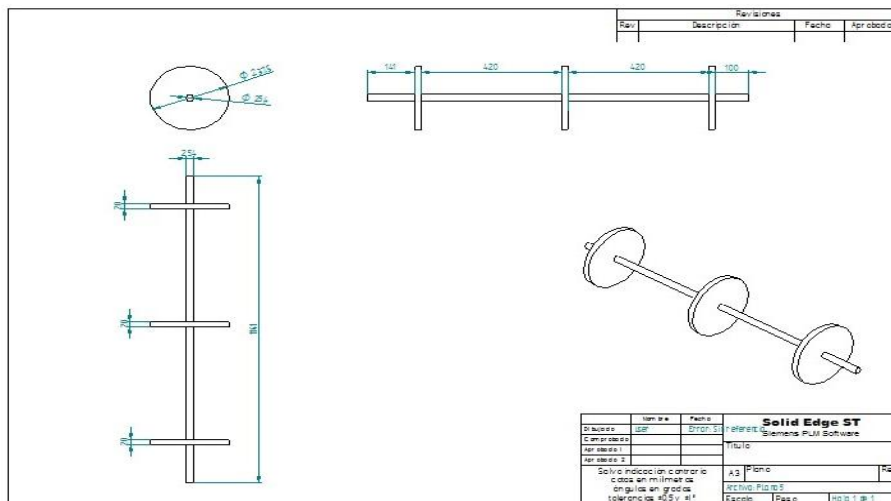
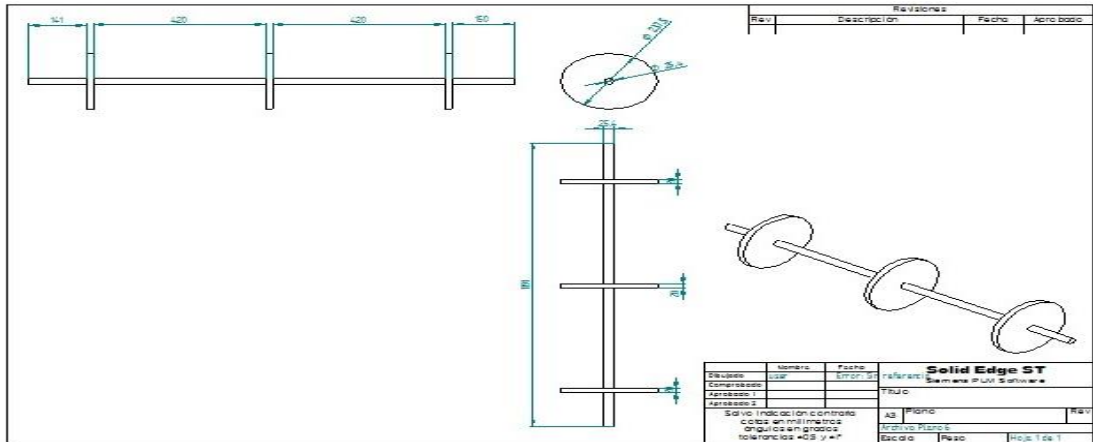
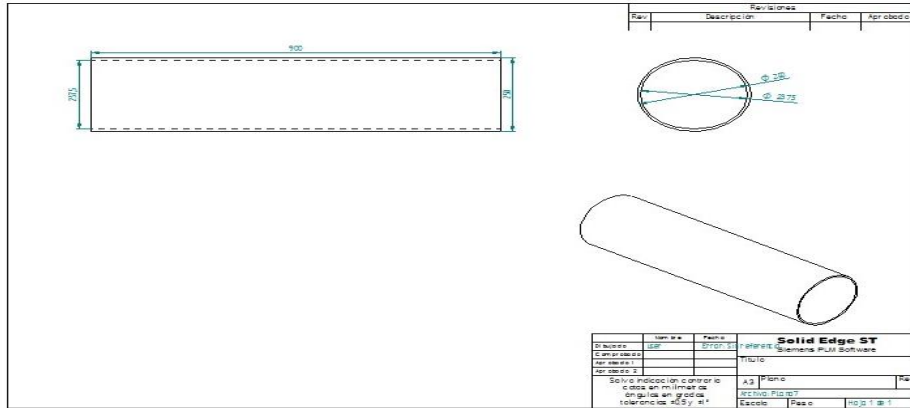
## ANEXO 2

### Planos de barandas y base en Solid Edge.



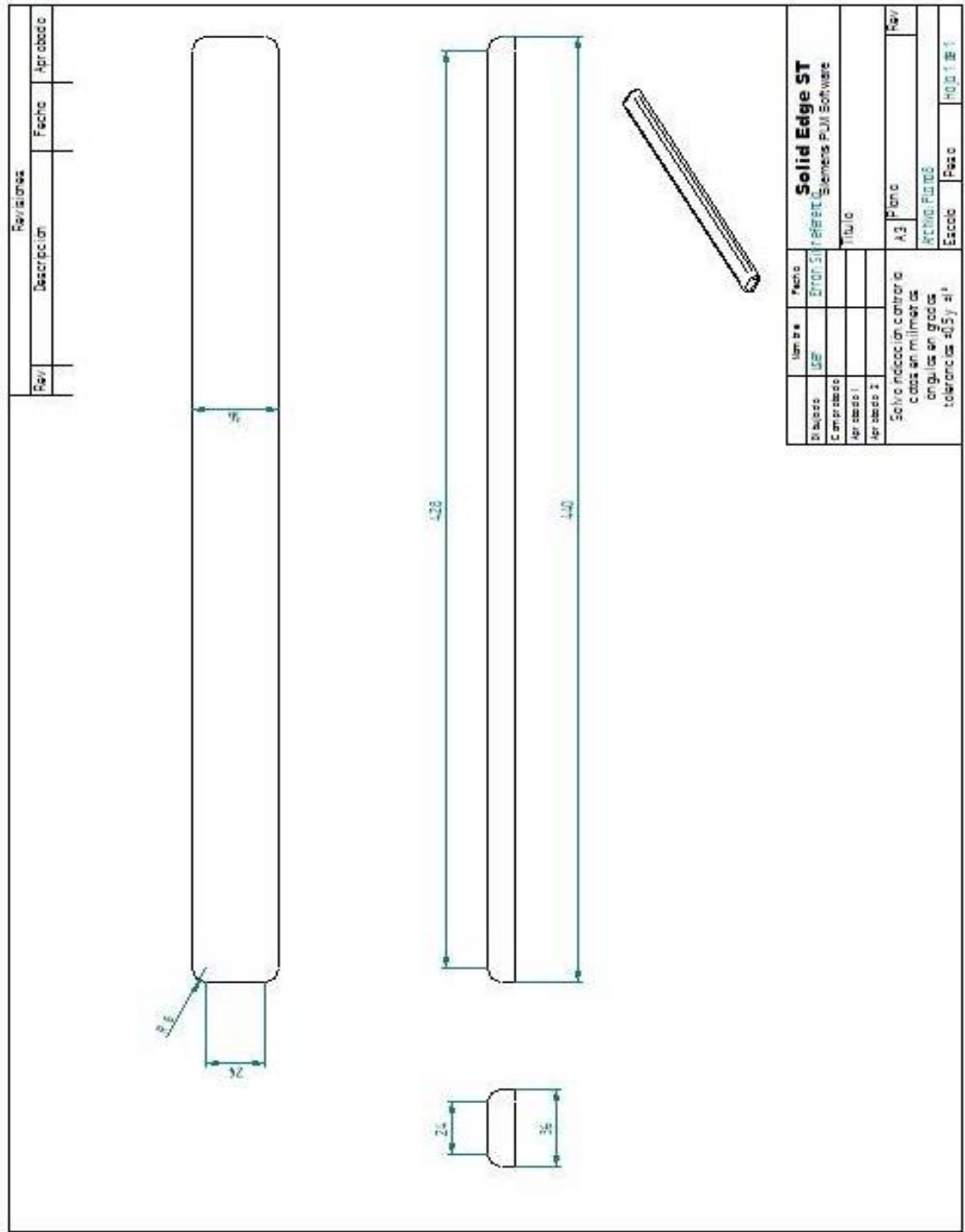
# ANEXO 3

## Planos de rodillos en Solid Edge.



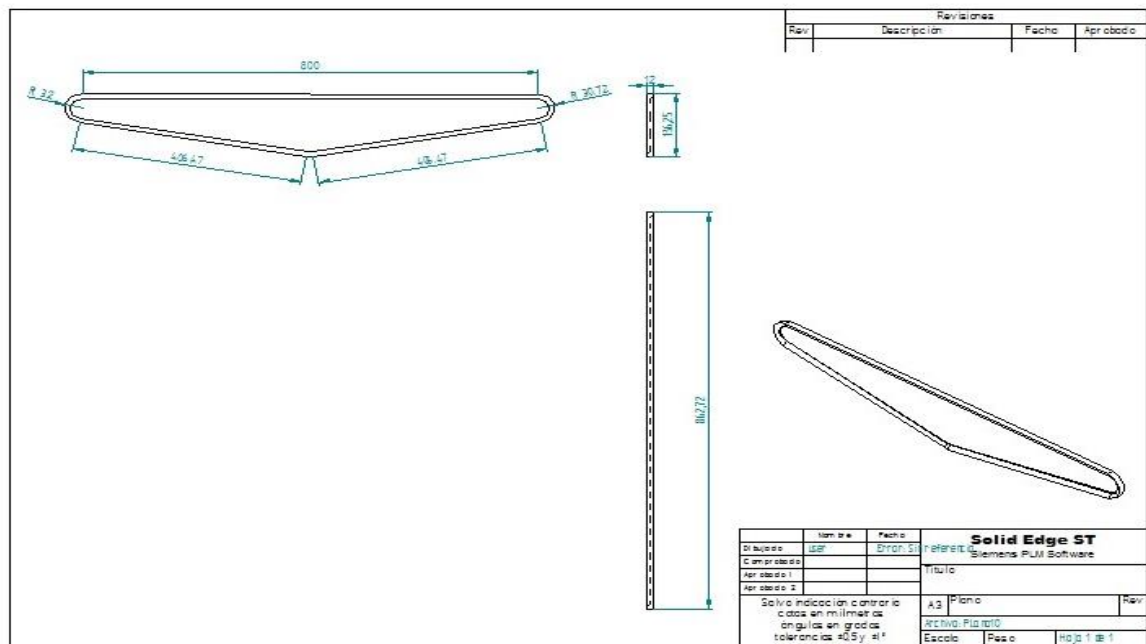
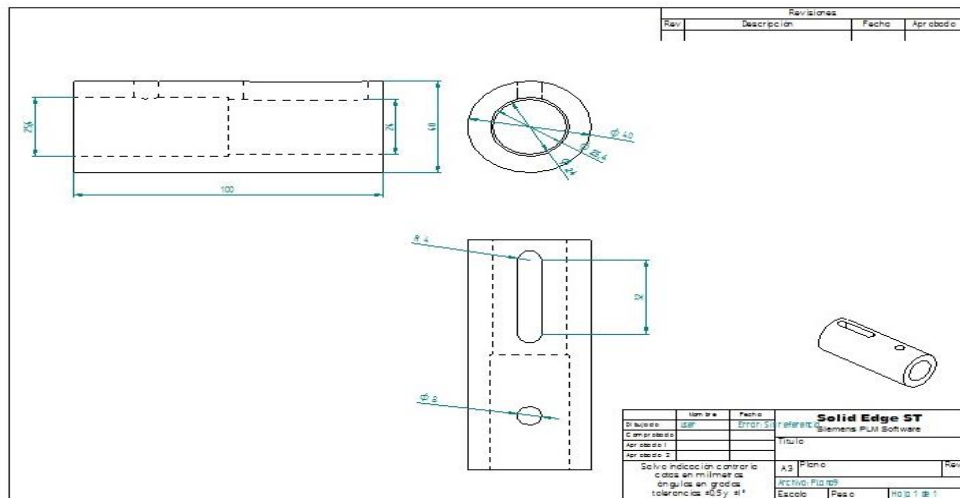
## ANEXO 4

### Plano de tablilla en Solid Edge.



## ANEXO 5

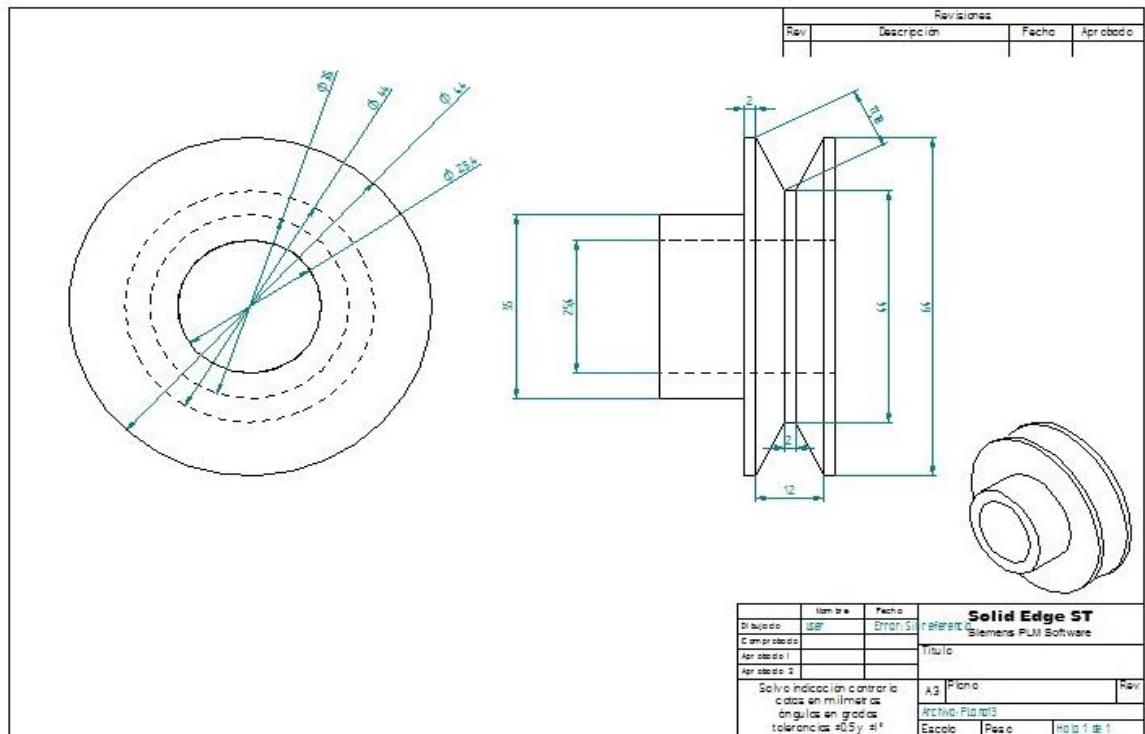
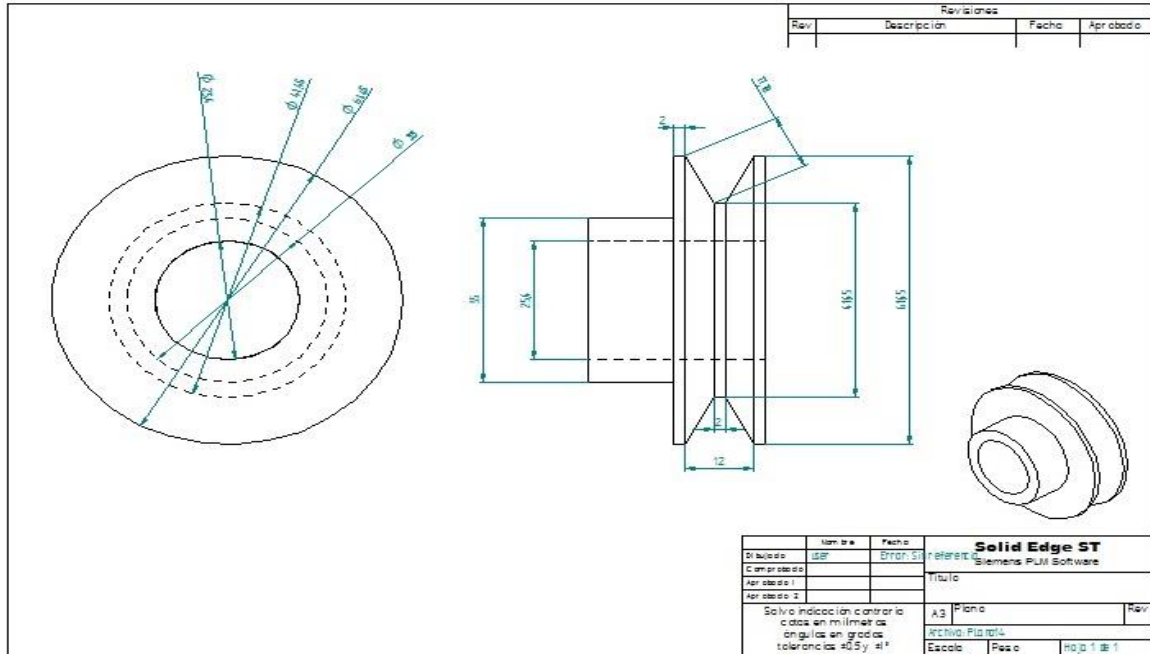
### Planos acople y correa en Solid Edge.





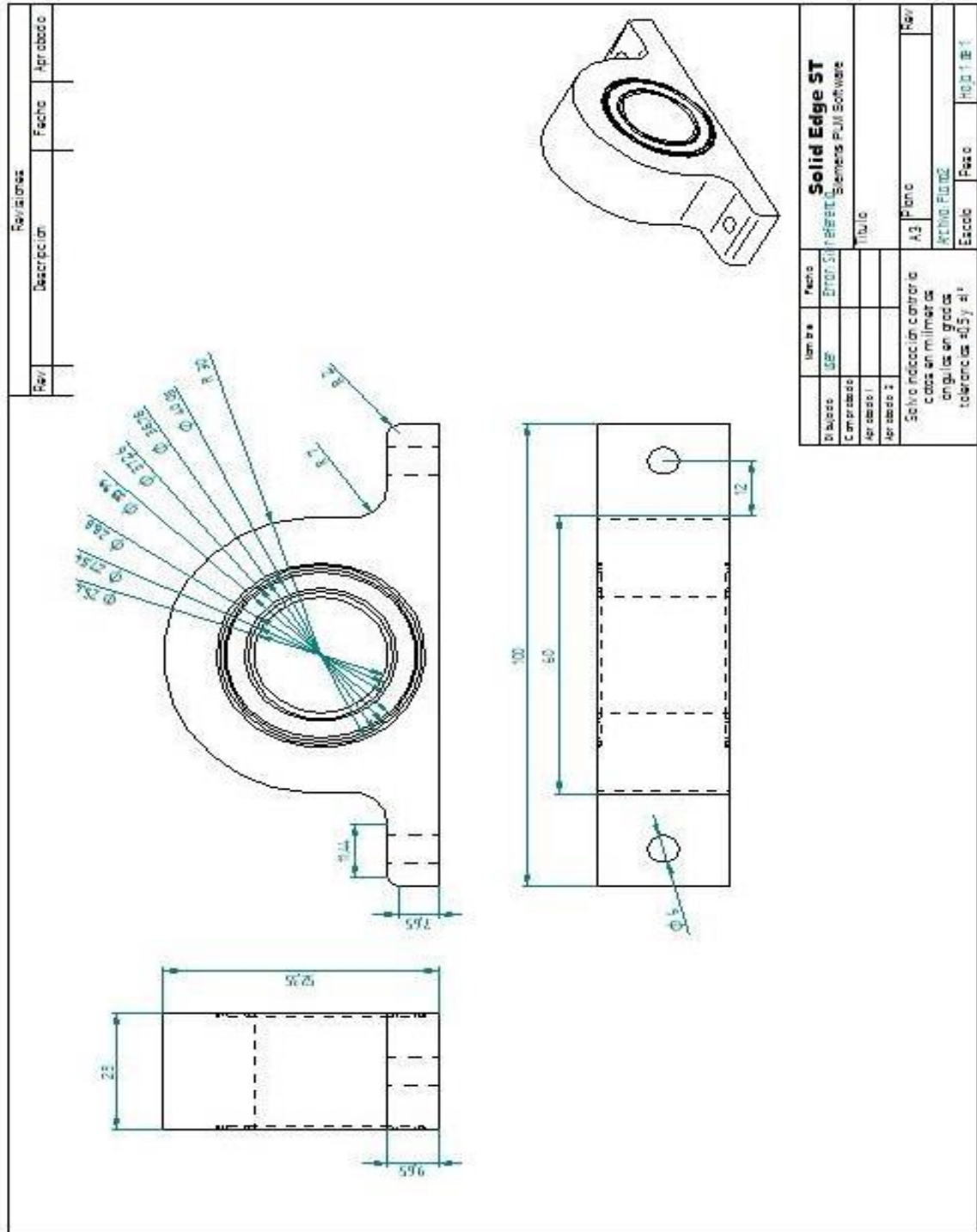
## ANEXO 6

### Plano poleas en Solid Edge.



## ANEXO 7

### Plano chumacera en Solid Edge.



## ANEXO 8 (1)

### Modelo para el reglamento de higiene y seguridad industrial

REGLAMENTO DE HIGIENE Y SEGURIDAD INDUSTRIAL			
Identificación : _____ Nit o cédula de ciudadanía			
La empresa: _____ Nombre o razón social			
_____	_____	_____	_____
Ciudad	Departamento	Dirección	Teléfono
Sucursales o agencias No <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> Número _____ <b>Dirección y domicilios, si los hay</b> _____			
_____			
_____			
<b>NOMBRE DE LA ARP:</b> _____			
<b>Número patronal: N° póliza de afiliación</b> _____			
<b>Clase o tipo de riesgo asignado por la ARP:</b> _____			
<b>Código de la actividad Económica No (7 dígitos):</b> (Según Decreto 1607 del 31 de Julio de 2002 del Ministerio de Protección Social- por el cual se adopta la tabla de clasificación de actividades económicas para el Sistema General de Riesgos Profesionales) _____			
<b>Describe la actividad económica según el anterior Decreto 1607</b> (tenga en cuenta que <b>NO</b> se trata de la descripción del objeto social que consta en el certificado de cámara de comercio)			
_____			
_____			
_____			
_____			
_____			
_____			
Prescribe el siguiente reglamento, contenido en los siguientes términos:			

Tomado de (SURATEP, 2013).

## ANEXO 8 (2)

### Modelo para el reglamento de higiene y seguridad industrial

**ARTÍCULO 1.** La empresa se compromete a dar cumplimiento a las disposiciones legales vigentes, tendientes a garantizar los mecanismos que aseguren una oportuna y adecuada prevención de los accidentes de trabajo y enfermedades profesionales, de conformidad con los artículos 34, 57, 58, 108, 205, 206, 217, 220, 221, 282, 283, 348, 349, 350 y 351 del Código Sustantivo del Trabajo, la Ley 9a de 1.979, Resolución 2400 de 1.979, Decreto 614 de 1.984, Resolución 2013 de 1.986, Resolución 1016 de 1.989, Resolución 6398 de 1.991, Decreto 1295 de 1994 y demás normas con tal fin se establezcan

**ARTÍCULO 2.** La empresa se obliga a promover y garantizar la constitución y funcionamiento del Comité paritario de Salud Ocupacional de Medicina, Higiene y Seguridad Industrial, de conformidad con lo establecido por el Decreto 614 de 1.984, la Resolución 2013 de 1.986, la Resolución 1016 de 1.989 y Decreto 1295 de 1994

**ARTÍCULO 3.** La empresa se compromete a destinar los recursos necesarios para desarrollar actividades permanentes, de conformidad con el programa de salud ocupacional, elaborado de acuerdo con el Decreto 614 de 1.984 y la Resolución 1016 de 1.989, el cual contempla, como mínimo, los siguientes aspectos:

a) Subprograma de medicina preventiva y del trabajo, orientado a promover y mantener el más alto grado de bienestar físico, mental y social de los trabajadores, en todos los oficios, prevenir cualquier daño a su salud, ocasionado por las condiciones de trabajo, protegerlos en su empleo de los riesgos generados por la presencia de agentes y procedimientos nocivos; Colocar y mantener al trabajador en una actividad acorde con sus aptitudes fisiológicas y psicosociales.

b) Subprograma de higiene y seguridad industrial, dirigido a establecer las mejores condiciones de saneamiento básico industrial y a crear los procedimientos que conlleven a eliminar o controlar los factores de riesgo que se originen en los lugares de trabajo y que puedan ser causa de enfermedad, disconfort o accidente.

**ARTÍCULO 4.** Los riesgos existentes en la empresa, están constituidos, principalmente, por:  
(En este artículo se relacionarán los riesgos característicos de la actividad económica y los específicos de la empresa).

#### **VER CLASIFICACION DE RIESGOS - ANEXO 2**

**PARÁGRAFO.** - A efecto de que los riesgos contemplados en el presente artículo, no se traduzcan en accidente de trabajo o enfermedad profesional, la empresa ejerce su control en la fuente, en el medio transmisor o en el trabajador, de conformidad con lo estipulado en el programa de salud ocupacional de la empresa, el cual se da a conocer a todos los trabajadores al servicio de ella.

**ARTÍCULO 5.** La empresa y sus trabajadores darán estricto cumplimiento a las disposiciones legales, así como a las normas técnicas e internas que se adopten para lograr la implantación de las actividades de medicina preventiva y del trabajo, higiene y

Tomado de (SURATEP, 2013).

## ANEXO 8 (3)

### Modelo para el reglamento de higiene y seguridad industrial

seguridad industrial, que sean concordantes con el presente Reglamento y con el programa de salud ocupacional de la empresa.

ARTÍCULO 6. La empresa ha implantado un proceso de inducción del trabajador a las actividades que deba desempeñar, capacitándolo respecto a las medidas de prevención y seguridad que exija el medio ambiente laboral y el trabajo específico que vaya a realizar.

ARTÍCULO 7. Este Reglamento permanecerá exhibido en, por lo menos dos lugares visibles de los locales de trabajo, junto con la Resolución aprobatoria, cuyos contenidos se dan a conocer a todos los trabajadores en el momento de su ingreso.

ARTÍCULO 8. El presente Reglamento entra en vigencia a partir de la aprobación impartida por el Ministerio de Protección Social y durante que la empresa conserve, sin cambios substanciales, las condiciones existentes en el momento de su aprobación, tales como actividad económica, métodos de producción, instalaciones locativas o cuando se dicten disposiciones gubernamentales que modifiquen las normas del Reglamento o que limiten su vigencia.

Representante legal,

Firma \_\_\_\_\_  
Antefirma y sello\*

- Si lo hubiese.

Tomado de (SURATEP, 2013).



## ANEXO 8 (4)

### Modelo para el reglamento de higiene y seguridad industrial

#### ANEXO 2

##### CLASIFICACION DE LOS FACTORES DE RIESGO

##### CONDICIONES FÍSICAS

- FÍSICOS :**
- Radiaciones (Ionizantes y no Ionizantes)
  - Iluminación
  - Vibración
  - Temperaturas extremas (calor o frio)
  - Ruido.
  - Presiones anormales

##### CONDICIONES QUÍMICAS

- QUÍMICOS :**
- Gases y vapores
  - Polvos inorgánicos
  - Polvos orgánicos
  - Humos
  - Rocíos
  - Neblinas

- MECÁNICOS:**
- Maquinas
  - Equipos
  - Herramientas

- ELÉCTRICOS:**
- Puestas a tierra
  - Instalaciones en mal estado
  - Instalaciones recargadas

:

- BIOLÓGICOS:**
- Virus
  - Hongos
  - Bacterias

##### ERGONOMICOS

- Posiciones Forzadas
- Sobre esfuerzos
- Fatiga
- Ubicación inadecuada de puesto de trabajo

##### PSICOSOCIALES

- Exceso de Responsabilidades
- Trabajo bajo presión
- Monotonía y Rutina
- Problemas Familiares

- Problemas laborales
- Movimientos repetitivos
- Turnos de trabajo

##### LOCATIVOS

- Pisos
- Techos
- Almacenamiento
- Muros
- Orden y Limpieza

##### RIESGOS NATURALES

- Tormentas eléctricas
- Huracanes
- Terremotos
- Incendio y / o explosión deslizamientos

##### RIESGOS DE TRANSITO

- Colisiones
- Volcamientos
- Varadas
- Obstáculos
- Atropellamientos

##### OTROS RIESGOS

- Trabajo en alturas
- Incendio y / o explosión

Tomado de (SURATEP, 2013).

## ANEXO 9 (1)

### Plan de negocios con la disponibilidad de maquinaria, herramientas e insumos dentro de la institución

Tiempo estimado de construcción: 3 MESES	
	Mes 0
<b>Gastos de fabricación</b>	
<b>Maquinaria</b>	
Sierra de disco	\$0
Soldadura GMAU	\$4.061.000
Oxicorte	\$0
Torno	\$0
Taladro de árbol	\$0
<b>Herramientas</b>	
Juego llaves boca fija	\$0
Lima	\$0
Taladro de mano	\$0
Prensa de barra	\$0
Prensa de banco	\$0
Nivel	\$0
Martillo	\$0
Juego llave hexagonal	\$0
Juego de brocas	\$0
Regulador	\$83.990
Tacómetro	\$0
Interruptor	\$248.900
<b>Insumos</b>	
Tubos circulares de Acero 1020	\$1.450.000
Tubos cuadrados de Acero 1020	\$1.450.000
Ángulos en Acero 1020	\$1.600.000
Motor 1.1 Kw con motoreductor	\$0
Soldadura	\$0
Discos de corte	\$0
Refrigerante	\$0
Buriles	\$0
Peso	\$835.500
Energía	\$13.250
Agua	\$8.400
<b>Inversión para operar</b>	
Publicidad	\$0
Permisos	\$0
Adaptación laboratorio	\$0
<b>Otros gastos</b>	
Técnico de laboratorio para construcción	\$2.213.151
Técnico de laboratorio para operación	\$0
<b>NECESIDADES TOTALES DE CAPITAL</b>	<b>\$11.964.191</b>

## ANEXO 9 (2)

### Plan de negocios con la disponibilidad de maquinaria, herramientas e insumos dentro de la institución

Supuestos	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
IPCO IPP - Variación estimada anual		3,4%	3,40%	3,40%	3,40%	3,40%
Inflación usa	2,00%	2,0%	2,00%	2,00%	2,00%	2,00%
Honorarios por servicio (7 días)	\$ -	\$ 840.000,00	\$ -	\$ 970.200,00	\$ -	\$ 1.068.200,00
Cuentas por cobrar (Días en promedio)	0	30	0	30	0	30
Inventario (Días en promedio)	0	0	0	0	0	0
Cuentas por pagar otros(Días en promedio)	0	45	0	45	0	45
Ventas (\$)	\$ -	\$ 190.000.000,00	\$ -	\$ 190.000.000,00	\$ -	\$ 190.000.000,00
Costo de ventas(% de ventas)	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Costos operacionales (% de ventas)	0%	1%	0%	1%	0%	1%
Depreciación (tangibles)	\$ -	\$ 1.229.708,10	\$ 1.229.708,10	\$ 1.229.708,10	\$ 1.229.708,10	\$ 1.229.708,10
Tasa Impositiva	0	0%	0%	8.3%	17%	26,0%
<b>Capital de Trabajo</b>						
Cuentas por cobrar - Clientes	\$ -	\$ 18.085,56	\$ -	\$ 21.363,13	\$ -	\$ 24.678,18
Cuentas por pagar	\$ -	\$ 27.128,34	\$ -	\$ 32.044,69	\$ -	\$ 37.017,27
Total capital de trabajo	0	\$ (9.042,78)	\$ -	\$ (10.681,56)	\$ -	\$ (12.339,09)
Inversión de Capital de Trabajo	-\$ 9.042,78	\$ 9.042,78	-\$ 10.681,56	\$ 10.681,56	-\$ 12.339,09	\$ 12.339,09

Concepto / Item	0	1	2	3	4	5
Ingresos	\$ -	\$ 190.000.000,00	\$ -	\$ 190.000.000,00	\$ -	\$ 190.000.000,00
(Costos Variables)	\$ -	\$ 217.027	\$ -	\$ 256.358	\$ -	\$ 296.138
(Costos y Gastos Fijos)	\$ -	\$ 1.840.000	\$ -	\$ 1.970.200	\$ -	\$ 2.068.200
(Depreciación Activos Fijos)	\$ -	\$ 1.229.708,10	\$ 1.229.708,10	\$ 1.229.708,10	\$ 1.229.708,10	\$ 1.229.708,10
UTILIDAD ANTES DE IMPUESTOS	\$ -	\$ 186.713.265,16	-\$ 1.229.708,10	\$ 186.543.734,40	-\$ 1.229.708,10	\$ 186.405.953,72
Impuestos	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 15.483.130	-\$ 209.050	\$ 48.465.548
UTILIDAD NETA	\$ -	\$ 186.713.265	-\$ 1.229.708,10	\$ 171.060.604	-\$ 1.020.657,72	\$ 137.940.406
Depreciación Activos Fijos	\$ -	\$ 1.229.708,10	\$ 1.229.708,10	\$ 1.229.708,10	\$ 1.229.708,10	\$ 1.229.708,10
(Inversión Inicial)	\$ 11.964.191	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
(Inversión Capital de Trabajo)	-\$ 9.042,78	\$ 9.042,78	-\$ 10.681,56	\$ 10.681,56	-\$ 12.339,09	\$ 12.339,09
FLUJO DE CAJA DEL PROYECTO	-\$ 11.955.148	\$ 187.933.930	\$ 10.682	\$ 172.279.631	\$ 221.389	\$ 139.157.775



## ANEXO 9 (3)

### Plan de negocios con la disponibilidad de maquinaria, herramientas e insumos dentro de la institución

Costo Ke	6,43%	6,43%	6,43%	6,43%	6,43%	6,43%					
Tasa Libre de Riesgo ( $R_f$ )	2,38%										
Retorno del Mercado ( $R_m$ )	4,75%										
Premio por el Riesgo del Mercado ( $R_m - R_f$ )	2,37%										
Riesgo País $R_n$ (embi) para Colombia	1,96%										
Prima Tamaño	4,20%										
WACC para el proyecto	6,43%	6,43%	6,43%	6,43%	6,43%	6,43%					
Industry Name	Number of firms	Beta	D/E Ratio	Tax rate	Unlevered beta	Cash/Firm value	Unlevered beta corrected for cash	HiLo Risk			
Engineering/Construction	48	1.18	32.45%	15.15%	0.93	8.26%	1.01	0.5056	44.23%	20.48%	
	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5						
Para hallar $\beta_L$											
$\beta_u$	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01						
Deuda	0%	0%	0%	0%	0%						
Patrimonio	100%	100%	100%	100%	100%						
Impuestos	0%	0%	8,3%	17,0%	26%						
$\beta_L$	1,010	1,010	1,010	1,010	1,010						

	0	1	2	3	4	5
WACC Dinámica		6,43%	6,43%	6,43%	6,43%	6,43%
Factores Costo Capital		0,939552	0,939552	0,939552	0,939552	0,939552
Factores Costo Capital Acumulados		0,939552209	0,882758353	0,82939756	0,779262309	0,732157623
FC	-\$ 11.955.148,22	\$ 187.933.930,48	\$ 10.681,56	\$ 172.279.630,98	\$ 221.389,47	\$ 139.157.774,76
VPN	\$ 409.574.272,10					
TIR	1478%					
TIRM	117%					
PRI (años)	1,980	PRI (meses)	24			
	Año	FC	VA	PRI		
	0	-\$ 11.955.148,22	-\$ 11.955.148,22	-\$ 11.955.148,22		
	1	\$ 187.933.930,48	\$ 176.573.739,44	\$ 164.618.591,22		
	2	\$ 10.681,56	\$ 9.429,24	\$ 164.628.020,45		
	3	\$ 172.279.630,98	\$ 142.888.305,53	\$ 307.516.325,98		
	4	\$ 221.389,47	\$ 172.520,47	\$ 307.688.846,45		
	5	\$ 139.157.774,76	\$ 101.885.425,65	\$ 409.574.272,10		