

**Diseño de Chasis y sistema antivuelco para vehículo de tracción humana (VTH)**

**2023**

Elaborado por:

Oscar A Gamba y Sebastián Rodríguez

Escuela Tecnológica Instituto Técnico Central.

Facultad de Mecánica

Noviembre 2023

**Diseño de Chasis y sistema antivuelco para vehículo de tracción humana (VTH)**

**2023**

Elaborado por:

Oscar A Gamba y Sebastián Rodríguez

Director:

Alejandro Martínez.

Escuela Tecnológica Instituto Técnico Central.

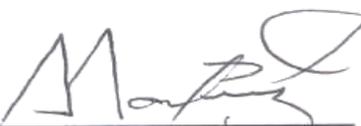
Facultad de Mecánica.

Bogotá DC.

Noviembre 2023.

Acta de firmas Diseño de Chasis y sistema antivuelco para vehículo de tracción humana  
(VTH) 2023

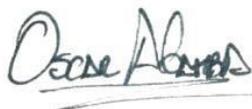
Asesor:



---

Ing. Alejandro Martínez

Elaborado por:



---

Oscar Andrés Gamba Viasus.  
CC 1013603747.



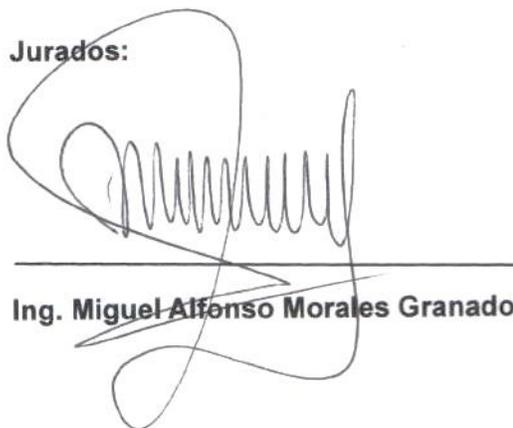
---

Sebastián Rodríguez Hernández.  
CC 1023938243.

**Nota de aceptación.**

Aprobado  
Aprobado

**Jurados:**



A handwritten signature in black ink, consisting of a large initial 'M' followed by several loops and a final flourish. The signature is written over a horizontal line.

**Ing. Miguel Alfonso Morales Granados.**



A handwritten signature in black ink, starting with a large 'P' and ending with a stylized 'P'. The signature is written over a horizontal line.

**Ing. Pedro Emilio Prieto.**

## Contenido

<i>Resumen.</i>	7
<i>Abstract.</i>	8
<i>Introducción.</i>	9
<b>1 Capítulo I - Generalidades del proyecto.</b>	<b>10</b>
<b>1.1 Justificación.</b>	<b>10</b>
<b>1.2 Antecedentes.</b>	<b>10</b>
<b>1.3 Planteamiento del problema.</b>	<b>12</b>
1.3.1 Descripción del problema.	12
1.3.2 Identificación.	12
1.3.3 Formulación del problema.	13
<b>1.4 Tipo de proyecto.</b>	<b>13</b>
<b>1.5 Objetivos.</b>	<b>14</b>
1.5.1 Objetivo general.	14
1.5.2 Específicos.	14
<b>1.6 Alcance.</b>	<b>14</b>
<b>2 Capítulo II - Contextualización del proyecto.</b>	<b>15</b>
<b>2.1 Fundamentación Teórica.</b>	<b>15</b>
2.1.1 Generalidades.	15
2.1.2 Marco teórico.	16
2.1.3 Marco contextual.	24
2.1.4 Marco conceptual.	25
<b>2.2 parámetros de diseño.</b>	<b>26</b>
<b>3 Capítulo III – Estudio de necesidades.</b>	<b>27</b>
<b>3.1 Análisis de soluciones existentes.</b>	<b>27</b>
<b>3.2 Análisis de productos análogos.</b>	<b>28</b>
<b>3.3 Clasificación.</b>	<b>29</b>
<b>3.4 Criterios de análisis- resultados de análisis.</b>	<b>30</b>
<b>4 Capítulo IV – Especificaciones preliminares.</b>	<b>31</b>
<b>4.1 Designación de servicio.</b>	<b>31</b>
<b>4.2 Especificaciones de Diseño.</b>	<b>31</b>
<b>4.3 Especificaciones de manufactura.</b>	<b>32</b>
4.3.1 Proceso de formado.	32
4.3.2 Proceso de soldadura.	32
4.3.3 Ensayos no destructivos (END).	33
<b>4.4 Especificaciones de funcionalidad.</b>	<b>33</b>
4.4.1 Caja negra y caja gris.	34
<b>4.5 Especificaciones de producto.</b>	<b>34</b>

<b>5</b>	<b>Capítulo V – Diseños preliminares.</b>	<b>35</b>
5.1	Diseño y presentación de alternativas.	35
5.1.1	VTH 1.0 alternativa A	35
5.1.2	VTH 2.0 alternativa B	36
5.1.3	VTH 3.0 alternativa C	37
5.2	Análisis y evaluación de alternativas.	38
5.3	Resultados del análisis de alternativa	39
<b>6</b>	<b>Capítulo VI – Diseño de detalle.</b>	<b>40</b>
6.1	Diseño dimensional.	40
6.2	Diseño volumétrico.	41
6.3	Memoria de cálculos.	41
6.3.1	Análisis de carga vertical.	42
	Información de malla - Detalles	42
	<b>Fuerzas resultantes</b>	<b>43</b>
	Fuerzas de reacción	43
6.3.2	Análisis de carga Lateral.	43
	<b>Información de malla</b>	<b>44</b>
	Información de malla - Detalles	44
	<b>Fuerzas resultantes</b>	<b>45</b>
	Fuerzas de reacción	45
6.3.3	Cálculo de resistencia soldadura.	45
6.3.4	Calculo manual.	45
6.4	Resultados.	49
<b>7</b>	<b>Capítulo VII – Proceso de fabricación.</b>	<b>50</b>
7.1	Tabla de materiales.	50
7.2	Lista maestra de planos de fabricación.	51
7.2.1	Listado de planos de fabricación.	52
7.3	Proceso de fabricación.	53
7.3.1	Proceso de ensamble y soldadura.	53
7.4	Análisis de costos.	54
<b>8</b>	<b>Conclusiones.</b>	<b>55</b>
<b>9</b>	<b>Bibliografía</b>	<b>59</b>
<b>10</b>	<b>Webgrafía.</b>	<b>59</b>
<b>11</b>	<b>Anexos.</b>	<b>60</b>

## Resumen.

En el presente trabajo se tiene como objetivo diseñar un chasis y sistema antivuelco (RPS) (**Rollover Protection System**) para la Ed 2023, partiendo de un análisis de resultados en función a las ediciones de VTH anteriores ED 2018 y 2019 respectivamente, lo cual realizaron estudios de funcionamiento, diseño y ergonomía.

Durante el proceso, realizaron diseños preliminares que sirvieron como filtro para el proceso de diseño mejorado para la ED 2023. Una de las alternativas de mejora fue la selección de material previamente calculado y analizado estructuralmente por medio de elementos finitos, teniendo en cuenta manufactura, acabados y funcionalidad.

Una vez terminados los estudios de diseño se realizan planos de fabricación bajo condiciones técnicas, sistema iso A para la interpretación de estos, donde se plasma indicaciones de fabricación, formado, soldadura y acabado superficial del chasis y sistema antivuelco (RPS) y de antemano garantizando el ensamble con los demás subsistemas que componen el VTH (Dirección, transmisión y suspensión).

**Abstract.**

The objective of this work is to design a chassis and anti-roll system (RPS) (Rollover Protection System) for Ed 2023, based on an analysis of results based on the previous VTH editions ED 2018 and 2019 respectively, which was achieved studies of operation, design and ergonomics.

During the process, they made preliminary designs that served as a filter for the improved design process for ED 2023. One of the improvement alternatives was the material selection previously calculated and structurally analyzed through finite elements, taking into account manufacturing, finishes . and functionality.

Once the design studies are completed, manufacturing drawings are made under technical conditions, ISO A system for their interpretation, which reflects manufacturing instructions, forming, welding and surface finishing of the chassis and anti-roll system (RPS) and guaranteeing beforehand the set with the other subsystems that make up the VTH (Steering, transmission and suspension).

## **Introducción.**

El proyecto busca diseñar un vehículo de tracción humana con énfasis en Chasis para competencia 2023, el cual debe cumplir con las especificaciones y requerimientos de seguridad establecidos por el concurso, para así hacer un vehículo competitivo e innovador y funcional a partir de una metodología, aplicándolo al diseño estructural entre esto un análisis de conceptos como esfuerzos y deformaciones físicas utilizando software de elementos finitos Autodesk Inventor.

Con métodos de fabricación según estándares y normas aplicables de calidad en cuanto a material del chasis y soldadura, garantizando seguridad del piloto y una estructura liviana ergonómicamente adecuada

## 1 Capítulo I - Generalidades del proyecto.

### Justificación, antecedentes, planteamiento del problema, objetivos y alcance.

#### 1.1 Justificación.

La elaboración de diseño y fabricación de vehículo de tracción humana (VTH) con énfasis en chasis, se realiza con el fin de dar a conocer los aspectos técnicos y tecnológicos en el proceso, donde se rige con estándares de construcción y calidad asociados a la estructura del chasis.

Los estándares de calidad propuestos para el diseño y construcción del proyecto se plantean con el fin de aumentar la eficiencia en cuanto a seguridad del piloto, resistencia de los materiales a utilizar con enfoque al cumplimiento de las directrices de la competencia 2023, que se presentan en el momento de operar el VTH.

#### 1.2 Antecedentes.

El vehículo de tracción humana (VTH), es un sistema de propulsión generado por la fuerza y resistencia del cuerpo humano que tiene como mecanismo de arrastre un sistema mecánico, soportado por un chasis estructural que resiste y protege al piloto asegurando una ergonomía adecuada para la operación del mismo.

Por lo tanto, las universidades del país consideran un desafío a la ingeniería mecánica; teniendo en cuenta el diseño, innovación y ergonomía que requiere el vehículo, vinculando el proyecto a una eficiencia cada vez óptima.

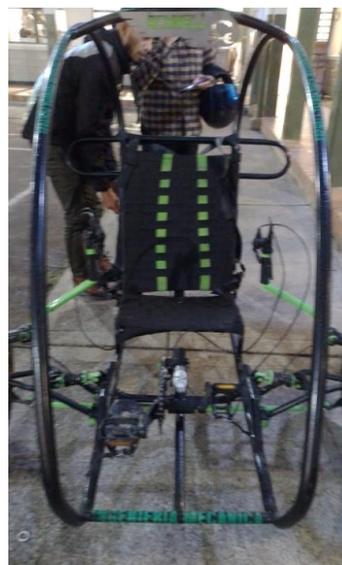
En las ediciones 2018 y 2019, la ESCUELA TECNOLÓGICA INSTITUTO TÉCNICO CENTRAL, se ha unido a la competencia nacional de vehículos de tracción humana de las carreras de Ingeniería mecánica de universidades donde se ha presentado dos diseños diferentes. **Imagen**

**1 y 2.**

En la participación de las anteriores ediciones se han obtenido resultados óptimos en competencia y construcción, obteniendo diseños novedosos y propios de los estudiantes de ingeniería mecánica, con estos diseños la ESCUELA TECNOLÓGICA INSTITUTO TÉCNICO CENTRAL, recibió reconocimientos al quedar en los primeros puestos en los diferentes eventos de la competencia, como son: seguridad, entrada y registro, diseño, velocidad y resistencia.



*Imagen 1, Competencia VTH 2018.*



*Imagen 2, Competencia VTH 2019.*

***Fuente: Escuela Tecnológica Instituto Técnico Central.***

En los diseños propios de cada grupo de trabajo e investigación (Ed 2018 y 2019) de la escuela, obtuvieron registros de cálculos mecánicos por método de análisis finitos, planos de fabricación, sistemas de fabricación y ensamble bajo control de cronogramas y planes detallados de trabajo y optimización de costos y presupuestos.

Conjunto a ello realizaron pruebas de funcionamiento del vehículo, verificando la eficiencia y rendimiento con respecto a vehículos existentes de competencias anteriores.

### **1.3 Planteamiento del problema.**

#### **1.3.1 Descripción del problema.**

Para el diseño del vehículo de tracción humana VTH, se requiere una estructura que sea capaz de asumir las cargas del sistema que requiere características muy importantes que es el cálculo de esfuerzo deformación de los materiales, en el cual, dicho material va a estar expuesto a condiciones de operación en el momento de competencia; calculo que soporta la estabilidad, seguridad y ergonomía del proyecto.

#### **1.3.2 Identificación.**

Teniendo en cuenta el problema de resistencia en materiales del chasis, hay que considerar la calidad del material, proceso de soldadura y certificación de esta con WPS (Welding Procedure Specification) calificado, ensayos no destructivos a las juntas soldables y personal idóneo para el proceso de construcción del prototipo.

Se debe tener en cuenta los siguientes aspectos:

1. La posición de conducción y pedaleo del piloto.
2. Las cargas multidireccionales ejercidas por el peso del chasis, sistema antivuelco, subsistemas (suspensión, frenos, transmisión, etc) y piloto.
3. Se debe tener en cuenta a la hora de ensamblar que todos los subsistemas (suspensión, frenos, transmisión, etc). No pueden tener interferencia entre ellos.

### **1.3.3 Formulación del problema.**

Se consideran los siguientes interrogantes:

1. ¿El diseño es ergonómicamente adecuado para que el piloto logre pedalear y controlar el VTH?
2. ¿El material seleccionado es resistente para soportar la carga del piloto y la resistencia mecánica mínima establecida por las normas de la competencia?
3. ¿Cómo garantizar que el ensamble de todos los subsistemas con la estructura que permita la correcta operación de estos, sin interferencia entre ellos?

### **1.4 Tipo de proyecto.**

Proyecto de desarrollo tecnológico, realizar validaciones funcionales. Su objetivo es reducir la incertidumbre generada de las soluciones teóricas planteadas, con posibles resultados como: Prototipos, plantas piloto y modelos.

- Diseño, optimización y/o estandarización de nuevos procesos a nivel piloto.
- Validación de diseño y su impacto en la mejora de calidad de bienes o servicios.
- Desarrollo de tecnologías de la información en lo relativo a sistemas operativos, lenguajes de programación, gestión de datos, programas de comunicaciones y herramientas para el desarrollo de software.
- El desarrollo de software que produzca avances en los planteamientos genéricos para la captura, transmisión, almacenamiento, recuperación, tratamiento o presentación de información. (Fuente el documento de tipologías de proyectos Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación).

(Central, 2022)

## **1.5 Objetivos.**

### **1.5.1 Objetivo general.**

Diseñar chasis y sistema antivuelco para vehículo de tracción humana (VTH) para competencia 2023.

### **1.5.2 Específicos.**

- 1- Diseñar chasis que sea ergonómicamente adecuado para la maniobrabilidad del vehículo y pedaleo del piloto.
- 2- Elaborar cálculos de cargas, esfuerzos y selección de materiales que garanticen la resistencia a las cargas y esfuerzos que se verá sometido el VTH en la competencia
- 3- Realizar un diseño en el cual se tenga en cuenta todos los subsistemas y requerimientos del prototipo.

## **1.6 Alcance.**

Diseñar, documentar y sustentar ante los jurados chasis para vehículo de tracción humana (VTH) asegurando el ensamble eficiente de los subsistemas.

## **2 Capítulo II - Contextualización del proyecto.**

**En este capítulo encuentra la fundamentación teórica para diseño, construcción y ensayos no destructivos del vehículo de tracción humana (VTH).**

### **2.1 Fundamentación Teórica.**

#### **2.1.1 Generalidades.**

Para el proceso de diseño del vehículo de tracción humana (VTH) Ed 2023 se tienen en cuenta una serie de argumentos y conceptos técnicos ya establecidos en la ingeniería mecánica como lo son:

##### **2.1.1.1 La Asociación Americana de Ingenieros Mecánicos (ASME).**

La Society of Mechanical Engineers, más conocida como ASME, Estándar de fabricación y seguimiento para el control de personal calificado e idóneo para el proceso de soldadura y ensayos no destructivos en proyectos mecánicos de ingeniería.

##### **2.1.1.2 Competencia: Human Powered Vehicle Challenge (HPVC) de ASME.**

Es una competencia de innovación y diseño que brinda a los estudiantes de ingeniería mecánica de todo el mundo a establecer contacto y aplicar principios de ingeniería y fabricación en vehículos de tracción impulsados por motricidad y potencia humana.

##### **2.1.1.3 ASTM International (American Society for Testing and Materials).**

Sociedad americana de pruebas y materiales para construcción que conllevan los lineamientos mecánicos, para brindar un marco de calidad al proyecto de ingeniería.

##### **2.1.1.4 Vehículo de tracción humana (VTH).**

VTH es cualquier vehículo de tracción que sea impulsado por la fuerza motriz humana, se puede considerar como medio de transporte sostenible en la actualidad debido a implementación de

energías renovables y la minimización de los vehículos de combustión interna con emisión de CO<sub>2</sub>.

### 2.1.1.5 AWS D1.1.

Estándar de diseño de fabricación en estructuras de aceros al carbono y de baja aleación.

### 2.1.2 Marco teórico.

Los vehículos de tracción humana son impulsados exclusivamente por la fuerza muscular del ser humano. Los diseños de VTH varían según su función y el objetivo que se pretenda.

#### 2.1.2.1 Chasis.

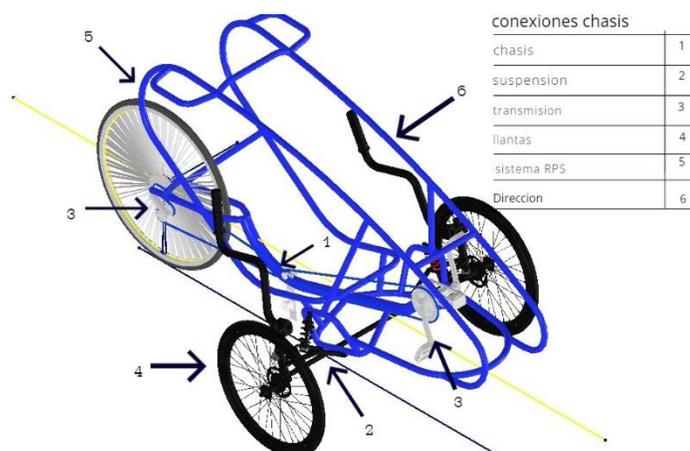


Imagen 3, estructura chasis VTH 2023 Gamba-Rodríguez

Chasis o también denominado bastidor es un sistema cuyo propósito es fijar los distintos elementos que conforman un vehículo, entre ellos están la transmisión, suspensión, sistema de frenos, dirección y el sistema de protección antivuelco (RPS). Entre otros.

El mismo permite la relación de cada subsistema, donde además de soportar el peso de todos los elementos que constituyen el VTH, debe soportar las sobrecargas incluyendo peso del piloto y cargas de fricción por funcionamiento, debe estar fabricado por material debidamente resistente a la deformación y/o rotura del vehículo.

Los diseños de chasis se han convertido en un desafío a la ingeniería teniendo en cuenta la evolución en forma y materiales, donde cada vez se busca optimizar diseños en ergonomía y disminución en masa.

### **2.1.2.2 Propiedades de los materiales: análisis y diseño de una estructura.**

Tanto el análisis como el diseño de una estructura dada involucran la determinación de esfuerzos y deformaciones. La principal razón de la determinación de los esfuerzos es la seguridad, puesto que, sin un previo análisis de estos, no se puede determinar dónde pueda fallar o romperse una estructura. La determinación de la ruptura en una estructura no solo depende de la fuerza externa que actúa en la misma, sino de su sección transversal y del material con que se está elaborando. El material con que se elabora una estructura juega un papel fundamental ya que es en función de este que ocurren las rupturas, puesto que, es este el que soporta el valor correspondiente de las fuerzas distribuidas a través de la sección transversal de la misma (esfuerzo ( $\sigma$ ), ver Ecuación 1) (Beer, Johnston, & DeWolf, 2010).

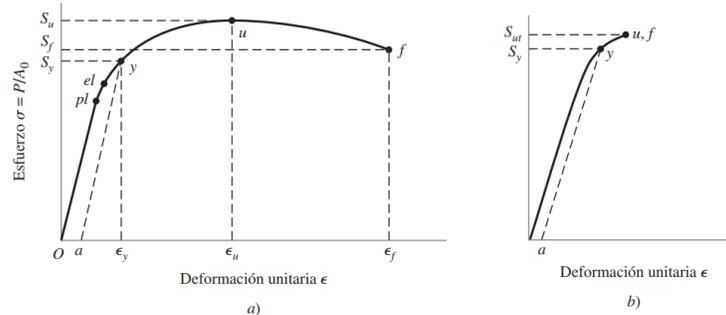
$$\sigma = P/A$$

*Ecuación 1. Esfuerzo en un elemento.*

Nota. Tomado de Mecánica de materiales (5a. ed.) (Beer, Johnston, & DeWolf, 2010)

Donde P representa la carga o fuerzas que actúan sobre la estructura y A representa la sección transversal de la misma. Debido al sistema SI, P se expresa en unidades de Newtons (N) y A en metros cuadrados ( $m^2$ ), por lo tanto, el esfuerzo  $\sigma$  se expresa en  $N/m^2$ . A esta unidad se le denomina pascal (Pa). Sin embargo, esta unidad tiende a muy pequeña, por lo cual se utilizan algunos prefijos para su expresión, tales como el kilopascal (kPa), el megapascal (MPa) o el gigapascal (GPa). (Beer, Johnston, & DeWolf, 2010).

Dada la anterior relación se denomina diagrama esfuerzo deformación del material, con representación gráfica de límites elásticos de materiales dúctiles y frágiles para el formado del material, ver imagen 4.

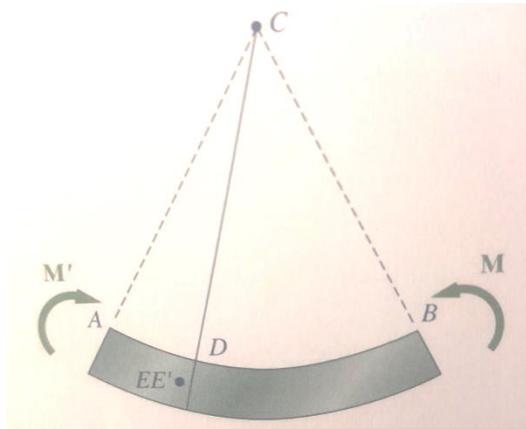


**Imagen 4,** diagrama esfuerzo deformación materiales dúctiles, *Diseño de ingeniería mecánica de Shigley, Novena edición.*

Diagrama de esfuerzo-deformación unitaria que se obtiene de la prueba de tensión estándar a) material dúctil, b) material frágil. En este caso, *pl* marca el límite de proporcionalidad; *el*, el límite elástico; y la resistencia a la fluencia según lo define la deformación *a*; *u* la resistencia máxima o última; y *f* la resistencia a la fractura.

### 2.1.2.3 Deformaciones en un elemento simétrico sometido a flexión.

Las deformaciones de un elemento que posee un plano de simetría y está sometido a pares iguales y opuestos  $M$  y  $M'$ , que actuaran en el plano de simetría. El elemento se flexionará bajo la acción de los pares de manera uniforme. Así, la línea de intersección AB entre la cara superior del elemento y el plano de los pares tendrá una curvatura constante, se analizará cualquier acción transversal perpendicular al eje C que actúa sobre el elemento, *Figura 1*.



*Figura 1. Deformación de un elemento simétrico, Mecánica de materiales Ferdinand P. Beer, E.Russell Johnston, Jr. Jhon T.DeWolf, David F. Mazurek. VI Edición.*

Por medio de la teoría de la elasticidad para elementos delgados que sufren pequeñas deformaciones. Se concluye que la única componente del esfuerzo no nula es la componente normal. Así, en cualquier punto de un elemento delgado en flexión pura se tiene un *esfuerzo uniaxial* donde si la resultante es negativa en la parte superior del elemento en *Compresión* y positivos bajos *Tensión*.

#### **2.1.2.4 Deformaciones en una sección transversal.**

La sección transversal de un elemento sometido a flexión pura permanece plana, no se excluye la probabilidad que se presenten deformaciones dentro del plano de la sección, es evidente si se recuerda que los elementos en un estado uniaxial de esfuerzo se forman tanto en las direcciones transversales Y y Z, como la dirección axial X, las deformaciones normales dependen del módulo de Poisson ( $\nu$ ) del material usado dada la ecuación 2.

$$\epsilon_y = -\nu \epsilon_x$$

$$\epsilon_z = -\nu \epsilon_x$$

*Ecuación 2, módulo de poisson Mecánica de materiales Ferdinand P. Beer, E.Russell Johnston, Jr. Jhon T.DeWolf, David F. Mazurek. VI Edición.*

Las relaciones obtenidas muestran que los elementos situados por encima de la superficie neutra ( $y>0$ ) se expande en ambas direcciones Y y Z, en tanto que los elementos por debajo de la superficie neutra ( $y<0$ ) se contraen. En cuanto a las deformaciones en la dirección transversal horizontal Z, la expansión de los elementos situados sobre la superficie neutra y la contracción correspondiente de las cargas situadas debajo, producirán que las líneas longitudinales de la sección se conviertan en arcos de círculo.

### 2.1.2.5 Soldaduras a tope y filete.

Para el proceso de soldadura del vehículo de tracción humana VTH, se identifican juntas a tope y de filete que van a estar expuestas a esfuerzo combinados estimados en función de la carga que debe soportar la estructura por requerimientos de competencia (carga vertical 2670N).

El cálculo de estas soldaduras está dado por esfuerzos cortantes causados por flexión del prototipo en servicio, dado lo anterior estos se dan de la relación.

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

Ecuación 3, *cortante primario, Diseño de ingeniería mecánica de Shigley, Novena edición.*

Donde A es el área total de la garganta y V fuerza cortante.

El momento  $M$  induce un componente de esfuerzo cortante horizontal en las soldaduras. Si se consideran las dos soldaduras de la *figura 1* como líneas, se observa que el segundo momento del área unitaria es:

$$I_u = \frac{bd^2}{2}$$

Ecuación 4, *Segundo momento del área unitaria, Diseño de ingeniería mecánica de Shigley, Novena edición*

El segundo momento del área  $I$ , con base en el área de la garganta de la soldadura, es:

$$\tau'' = \frac{Mc}{I} = \frac{Md/2}{0.707hbd^2/2} = \frac{1.414M}{bdh}$$

Ecuación 5, *Segundo momento del área unitaria, Diseño de ingeniería mecánica de Shigley, Novena edición.*

El modelo proporciona el coeficiente de 1.414, en contraste a la forma de las juntas de soldadura del prototipo que son circulares, *ver imagen 5.*

Donde:

$M$ = Momento unitario

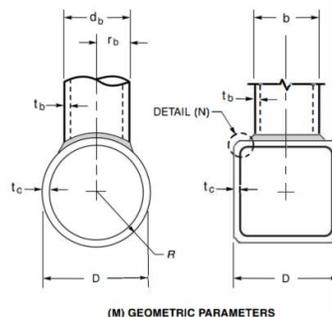
$d$ = Distancia entre las soldaduras.

$h$ = Altura de la soldadura.

$d$ = Ancho del cordón de soldadura

1.1414= Coeficiente en función a la sección.

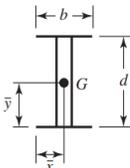
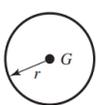
0.707= Constante porcentaje altura de la garganta.



*Imagen 5, parámetros de geometría, American Welding Society AWS D1.1 edición 2020,*

*clausula 10.*

En la siguiente tabla se relaciona las propiedades flexionantes de las soldaduras de filete correspondiente a la geometría circular del diseño de junta para el vehículo de tracción humana (VTH). *Tabla 1.*

Soldadura	Área de la garganta	Ubicación de G	Segundo momento unitario del área
8. 	$A = 1.414h(b + d)$	$\bar{x} = b/2$ $\bar{y} = d/2$	$I_u = \frac{d^2}{6}(3b + d)$
9. 	$A = 1.414\pi hr$		$I_u = \pi r^3$

\*  $I_u$ , segundo momento de área, se toma respecto de un eje horizontal que pasa por G, el centroide del grupo de soldaduras, siendo  $h$  el tamaño de la soldadura; el plano del par flexionante es normal al plano de la página y paralelo al eje  $y$ ; todas las soldaduras son del mismo tamaño.

*Tabla 1, propiedades flexionantes en relación con la geometría, Diseño de ingeniería mecánica de Shigley, Novena edición.*

### 2.1.2.6 Ensayos no destructivos, líquidos penetrantes (PT).

Las soldaduras que estén sujetas a inspección por medio de ensayos no destructivos (PT), serán evaluadas con base a criterios de aceptación de inspección visual, *tabla 3.*

Esta técnica se realiza con el fenómeno de capilaridad con tres tipos de componentes que son: líquido limpiador, líquido penetrante y líquido revelador.

### 2.1.2.7 Ensayos no destructivos, inspección visual (VT).

Todas las soldaduras son inspeccionadas visualmente bajo criterios de aceptación AWS D1.1

CLAUSULA 8 ED 2020, *ver tabla 2.*

CRITERIOS DE ACEPTACION VISUAL.	
Categoría de discontinuidad y criterios de inspección	Conexiones tubulares (todas las cargas)
<b>1. Prohibición de grietas.</b> Cualquier grieta será inaceptable, independientemente de su tamaño o ubicación.	X
<b>2. Soldadura/Fusión de metales base</b> Deberá existir una fusión completa entre capas adyacentes de metal de soldadura y entre el metal de soldadura y el metal base.	X
<b>3. Sección transversal del Cráter</b> Todos los cráteres se rellenarán para proporcionar el tamaño de soldadura especificado, excepto los extremos de las soldaduras de filete intermitentes fuera de su longitud efectiva.	X
<b>4. Perfiles de soldadura.</b> Las caras de las soldaduras de filete pueden ser ligeramente convexas, planas o ligeramente cóncavas	X
<b>5. Socavado.</b> En miembros primarios, el socavado no debe tener más de 0,01 pulgadas [0,25 mm] de profundidad cuando la soldadura es transversal al esfuerzo de tracción bajo cualquier condición de carga de diseño. El corte no deberá tener más de 1/32 de pulgada [1 mm] de profundidad para todos los demás casos.	X
<b>6. Porosidad.</b> La frecuencia de la porosidad de la tubería en soldaduras de filete no deberá exceder uno en cada 4 pulgadas [100 mm] de longitud de soldadura y el diámetro máximo no deberá exceder 3/32 pulgadas [2,5 mm]. Excepción: para soldaduras de filete que conectan refuerzos al alma, la suma de los diámetros de la porosidad de la tubería no debe exceder 3/8 de pulgada [10 mm] en cualquier pulgada lineal de soldadura y no debe exceder 3/4 de pulgada [20 mm] en cualquier 12 en [300 mm] de longitud de soldadura.	X
Las soldaduras de ranura CJP en juntas a tope transversales a la dirección de la tensión de tracción calculada no deberán tener porosidad en la tubería. Para todas las demás soldaduras de ranura, la frecuencia de la porosidad de la tubería no debe exceder uno en 4 pulgadas [100 mm] de longitud y el diámetro máximo no debe exceder 3/32 pulgadas [2,5 mm].	X

*Tabla 2, criterios de aceptación de inspección visual, American Welding Society AWS D1.1  
Clausula 8 Edición 2020*

Teniendo en cuenta los principios de esfuerzo deformación y construcción, el chasis y sistema antivuelco será fabricado en función a los materiales calculados y soldaduras, dicho material debe cumplir con las especificaciones técnicas requeridas, basado en normas y estándares de calidad que aseguran la viabilidad de cada proceso como lo es AWS D1.1 (American Welding Society).

Este código cubre los requisitos de soldadura para cualquier tipo de estructura soldada realizada con aceros al carbono y de baja aleación utilizados comúnmente en la construcción.

### **2.1.2.8 Recubrimiento externo.**

El recubrimiento o acabado de la superficie externa del chasis y sistema antivuelco es por el método de pintura en polvo horneable (pintura electrostática), este proceso es una alternativa para superficies metálicas y permite el ahorro de material ya que este es reutilizable.

Este recubrimiento se aplica con una pistola electrostática para pintura el polvo, que mezcla el aire con las partículas cargándolas eléctricamente para generar adherencia a la superficie por carga estática y posteriormente ser calentadas en horno, siendo un resultado uniforme y atractivo a la vista.

Esta alternativa en acabado permite un adecuado espesor de película, brillo textura, color y alta calidad (dureza, resistencia química, resistencia a los rayos ultravioleta, etc.)

### **2.1.3 Marco contextual.**

El diseño, construcción, sustentación y competencia del vehículo de tracción humana será ejecutado en la ciudad de Bogotá-Colombia para el año 2023, por estudiantes de onceavo semestre de ingeniería mecánica de la ESCUELA TECNOLÓGICA INSTITUTO TÉCNICO CENTRAL, teniendo en cuenta las siguientes consideraciones en las que va a estar expuesto el VTH, como son:

- Temperatura: promedio 9°C - 20°C.
- Clima: lluvia, sol, estado de nubosidad.
- Estado de la vía donde se opera el VTH.
- La gravedad específica de Bogotá: 977.41 cm/seg.
- Cargas:
  - Sistema antivuelco: 2670 N.
  - Peso promedio colombianos hombres: 75.7 Kg.
  - Estura promedio colombianos hombres: 1.71 m

Con las anteriores consideraciones climáticas, estado de las vías, peso y estatura promedio y fuerzas de gravedad que se va a someter el VTH desde el diseño hasta la competencia 2023.

#### **2.1.4 Marco conceptual.**

En el desarrollo de diseño y construcción del vehículo de tracción humana (VTH), se realizará por medio de un software especializado en diseño Autodesk Inventor Ed 2022, donde se modela y ensambla.

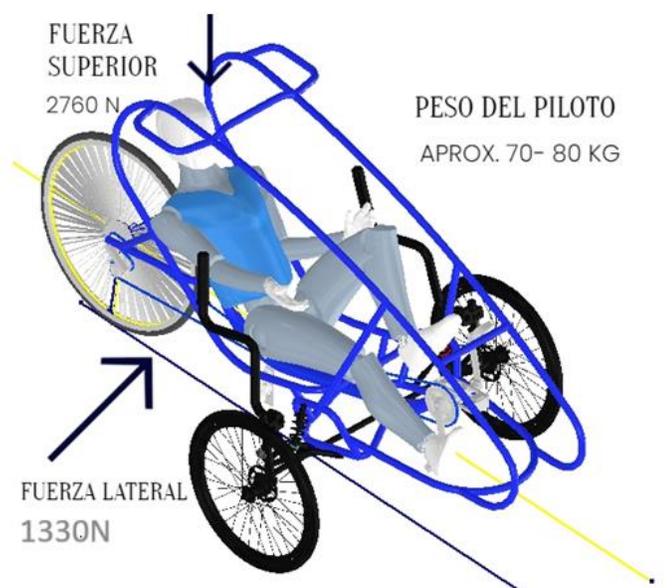
SolidWorks Ed 2022 ejecución Cálculos por elementos finitos, asignación de material según especificaciones técnicas y normatividad aplicable, planos de construcción y fabricación del VTH enfocado en chasis y sistema antivuelco

el método de fabricación del chasis y sistema antivuelco, se ejecutara por conformado, rolado y soldadura a cada empalme a unir, teniendo en cuenta que se debe asegurar cada proceso de fabricación, empleando un plan de calidad ejecutable con ensayos no destructivos (END), líquidos penetrantes por personal capacitado (Nivel II), proceso de soldadura WPS calificado para la aplicación de soldaduras, registros dimensionales de formado en frio y en caliente para el desarrollo de las curvas que conforman el chasis y el sistema antivuelco.

Una vez construidas las partes a suministrar al VTH, se procede al ensamble con los demás subsistemas que lo componen, transmisión, silla ergonómica y dirección para realización de pruebas de funcionamiento ejerciendo peso y fuerzas de rozamiento y determinar la eficiencia de diseño.

## 2.2 parámetros de diseño.

Los parámetros de diseño suministrado son: el tiempo de diseño y fabricación, cargas laterales (1330N) y superior (2670N), imagen 6.



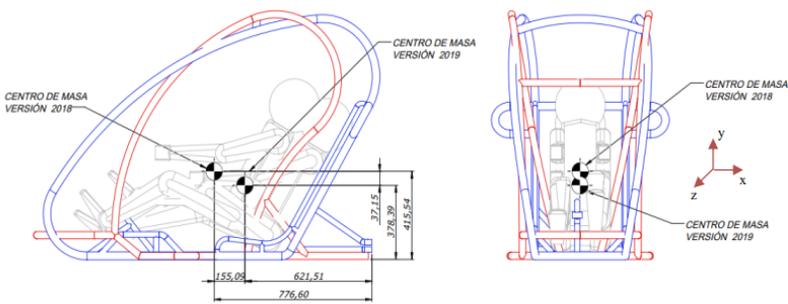
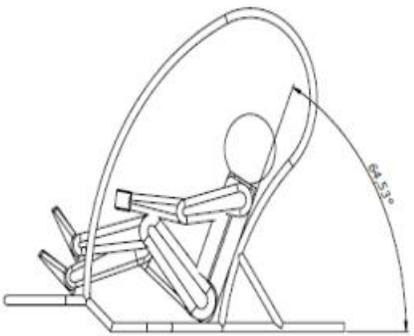
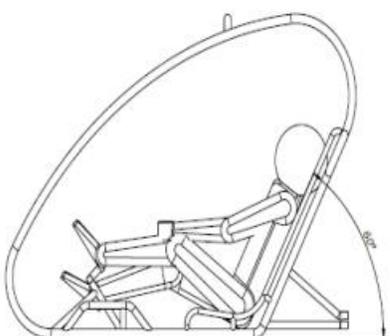
*Imagen 6, aplicación de cargas superior y lateral. Gamba- Rodríguez VTH 2023.*

Requerimientos de seguridad de la competencia, elaboración de informe técnico, cálculos, pruebas y ensayos no destructivos. Participación de competencia para el año 2023 en la ciudad de Bogotá- Colombia

### 3 Capítulo III – Estudio de necesidades.

#### Análisis de soluciones existentes, análisis de productos análogos y clasificación.

##### 3.1 Análisis de soluciones existentes.

Edición 2018	Edición 2019
<b>Material:</b> Tubería estructural 1" espesor 2.5m	<b>Material:</b> tubería AISI 1030 1" espesor 2.5mm. Tubería es AISI 1030 ¾" espesor 2.5mm
<b>Dimensiones:</b> largo 1489mm, alto 852mm y ancho 784mm.	<b>Dimensiones:</b> largo 1142,38mm, ancho 887,45mm
<b>Peso:</b> 46.8 KG	<b>Peso:</b> 35.16 Kg
<b>Centro de gravedad:</b> 	
<b>Inclinación del piloto: 64°</b> 	<b>Inclinación del piloto: 60°</b> 

### 3.2 Análisis de productos análogos.

Posibles problemas.	Soluciones y control.
<p>En el proceso de formado del material se pueden presentar problemas en la fabricación de curvas, teniendo en cuenta que va de la mano del personal y maquinaria seleccionada para el proceso de fabricación, donde la fuerza ejercida para formado en frío, dependiendo sí sobre pasa o no el límite elástico del material se pueden generar una serie de discontinuidades abiertas a la superficie que afectan la integridad del material.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Controlar la fuerza ejercida a la máquina de rolado para evitar imperfecciones.</li> <li>➤ Personal adecuado para la ejecución de la labor.</li> <li>➤ Realizar END, líquidos penetrantes a curvas con más proyección de radio.</li> <li>➤ Realizar inspección visual al 100% de la superficie, asegurando la no presencia de discontinuidades abiertas a la superficie.</li> <li>➤ Realizar informe técnico de la inspección END</li> </ul>
<p>El VTH existente de la presentación de competencia para el año 2020, presenta nivel alto en el centro de gravedad del vehículo con respecto a la altura a nivel de piso, aumentando la fuerza de fricción en el momento de operar el vehículo.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Realizar ajuste para competencia 2023 del nivel para el centro de gravedad, disminuyendo la altura con respecto a nivel de piso y así disminuir la fuerza de fricción al momento de operar el VTH.</li> </ul>
<p>En el proceso de soldadura a chasis y sistema antivuelco del vehículo de tracción humana se puede presentar la utilización de materiales y procedimientos no adecuados para la ejecución de la labor, lo que generaría un cambio drástico en el comportamiento del material vs metal de aporte de la soldadura a utilizar a la presencia de cargas en el momento de competencia.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Suministrar al soldador procedimiento de soldadura (WPS) calificado.</li> <li>➤ Realizar END, líquidos penetrantes a soldaduras de mayor presencia de cargas y riesgo de rotura en competencia.</li> <li>➤ Realizar inspección visual al 100% de soldaduras existentes en el VTH.</li> <li>➤ Realizar informe técnico de la inspección END.</li> </ul>

### 3.3 Clasificación.

Los vehículos de tracción humana (VTH) corresponden a cualquier vehículo impulsado únicamente por la fuerza muscular generada por el ser humano, donde se diseñan dependiendo de su función, cuyo objetivo es relacionar potencia y velocidad.

Los VTH's para competencia más comunes son las bicicletas y los velocípedos que son compuestos por mecanismos con pedales capaces de generar la suficiente velocidad y torque para una adecuada competencia

- **Bicicleta:** vehículo de transporte personal por propulsión humana compuesta por elementos básicos de dos ruedas, chasis, sistema de transmisión (pedales) y dirección, imagen 7.



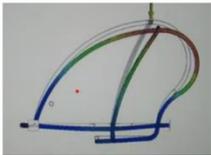
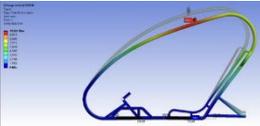
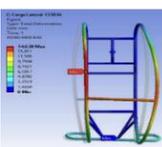
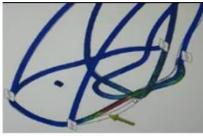
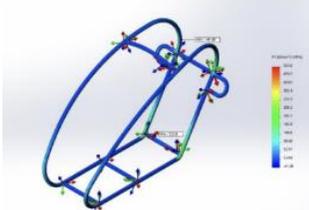
*Imagen 7, bicicleta de competencia. Fuente: [es-academic.com/dic.nsf/eswiki/172091](http://es-academic.com/dic.nsf/eswiki/172091).*

- **Velocípedo:** vehículo de tracción humana reclinado que proporciona mayor fuerza de pedaleo, velocidad, apoyado en el asiento al hacerlo, en relación con un sistema de transmisión de pedales, tres ruedas, chasis, sistema antivuelco y dirección, ver imagen 8



*Imagen 8, vehículo de tracción humana (VTH) velocípedo, Fuente [es.wikipedia.org/wiki/Vehículos\\_de\\_tracción\\_humana](http://es.wikipedia.org/wiki/Vehículos_de_tracción_humana).*

## 3.4 Criterios de análisis- resultados de análisis.

VEHICULO DE TRACCION HUMANA ED 2018 Y 2019.		
CRITERIOS DE ANALISIS ED 2018.	CRITERIOS DE ANALISIS ED 2019.	RESULTADOS DE ANALISIS.
<b>ANÁLISIS DE CARGAS:</b> <b>LATERAL: 1330N</b> <b>VERTICAL: 2670N</b>	<b>ANÁLISIS DE CARGAS:</b> <b>LATERAL: 1330N</b> <b>VERTICAL: 2670N</b>	Por medio de programa especializado para análisis de elementos finitos se somete a cargas el sistema de chasis y RPS obteniendo como resultados deformaciones vertical de 10.667mm, deformación lateral 14.638mm, aceptables para competencia ED 2019, para la ED 2018 presenta deformación vertical de 17 mm y lateral de 1 mm
 Análisis de carga vertical	 Análisis vertical Ed 2019	 Análisis lateral Ed 2019
 Análisis de carga vertical		
Sistema RPS no cumple con los parametros de la compatencia.(protección total del piloto)	Sistema RPS cumple con requerimientos de la competencia.	Material: tubería AISI 1030 1" espesor 2.5mm. Tubería es AISI 1030 ¾" espesor 2.5mm y peso total chasis y RPS de 44Kg. ED 2019. Para la ED 2018, se utilizó tubería ANSI 1030 1" espesor de 2.5mm, peso 32.5 kg
		
No se realizó análisis y cálculo de juntas soldables.	<b>PROCESO DE SOLDADURA.</b>  ANALISIS DE UNIONES SOLDADAS ED 2019	Por medio del programa especializado para análisis de elementos finitos, se determina la resistencia mecánica del proceso de soldadura a utilizar en el prototipo VTH Ed 2019, lo cual es E6013, con capacidad de carga de 60000 psi

## 4 Capítulo IV – Especificaciones preliminares.

**Designación de servicio, especificaciones de diseño, especificaciones de manufactura, especificaciones de funcionalidad y especificaciones de producto.**

### 4.1 Designación de servicio.

El vehículo de tracción humana VTH, es un método de transporte alternativo para la sociedad propulsado con potencia humana por la transmisión de movimiento por medio de pedales y sistemas mecánicos de piñones y cadena, este sistema busca fomentar la implementación de energías limpias para trayectos cortos y de fácil acceso para el operador del vehículo.

En el transcurso del tiempo los vehículos de combustión interna tienden a minimizar su uso o utilidad ya que la emisión de gases contaminantes al medio ambiente sigue en aumento y se ha creado medidas para minimizar su uso, alternarlos con vehículos de tracción humana, en pro del cambio y de conservación del medio ambiente.

### 4.2 Especificaciones de Diseño.

El diseño del vehículo de tracción humana con énfasis en chasis y sistema antivuelco se determina según indicaciones de participación de la competencia Ed 2019 que son los siguientes:

➤ **Casos de carga del RPS (Rollover Protection System)**

**Carga Superior:** Una carga de 2670 N, el RPS es aceptable sí:

1. No hay indicación de deformación permanente, fractura, o fisura en la estructura del vehículo.
2. La máxima deformación elástica es menor a 5 cm.

**Carga Lateral:** Una carga de 1330 N se aplicará horizontalmente

Para este caso el RPS es aceptable si:

1. No hay indicación de deformación permanente, fractura, o fisura en el vehículo.
2. La máxima deformación elástica debe ser menor que 3.8 cm.

➤ **Sistema de Protección Antivuelco.**

Todos los vehículos deben tener un Sistema de Protección Antivuelco (RPS por sus siglas en inglés) que proteja a todos sus conductores en caso de accidente. Un RPS funcional debe:

1. Absorber suficiente energía en un accidente severo para minimizar el riesgo de heridas.
2. Prevenir contacto físico significativo con el suelo en caso de caída (de lado) o vuelco (invertido).
3. Proveer resistencia abrasiva adecuada para proteger en caso de deslizamiento en el suelo.

#### **4.3 Especificaciones de manufactura.**

##### **4.3.1 *Proceso de formado.***

Para el proceso de formado de chasis y sistema antivuelco, se realizará por medio de una máquina de rolado de tubería, lo cual ejerce una fuerza lateral al perfil redondo dando forma circular y aproximando al radio deseado, lo que se verificará con plantilla escala 1-1 del chasis y sistema antivuelco para asegurar el empalme de cada una de las partes y no presente ningún tipo de deformación que este por fuera del diseño.

##### **4.3.2 *Proceso de soldadura.***

El proceso de soldadura se ejecutará con personal competente, WPS (welding procedure specification) calificado para ejecutar la labor, lo cual, asegura que la aplicación de dicha soldadura es adecuada según el tipo de material y clasificación ASME, para ejercer la resistencia requerida en el momento de suministrar las cargas al operar el vehículo de tracción humana.

#### **4.3.3 Ensayos no destructivos (END).**

Por medio de ensayos no destructivos, inspección visual (VT) y líquidos penetrantes (PT), se realiza verificación de la superficie formada por curvado y soldaduras aplicadas en las costuras de mayor concentración de esfuerzos, garantizado que no presente ningún tipo de discontinuidad abierta a la superficie y que pueda generar daño a la integridad del VTH y por supuesto asegurar la homogeneidad del material.

#### **4.4 Especificaciones de funcionalidad.**

El diseño y construcción del vehículo de tracción humana VTH Ed 2023, enfocado en chasis y sistema antivuelco RPS, debe ser liviano ergonómico y capaz de soportar las cargas externas (Ver numeral 4.2), no presentar deformación mayor a 5cm en cada fuerza aplicada.

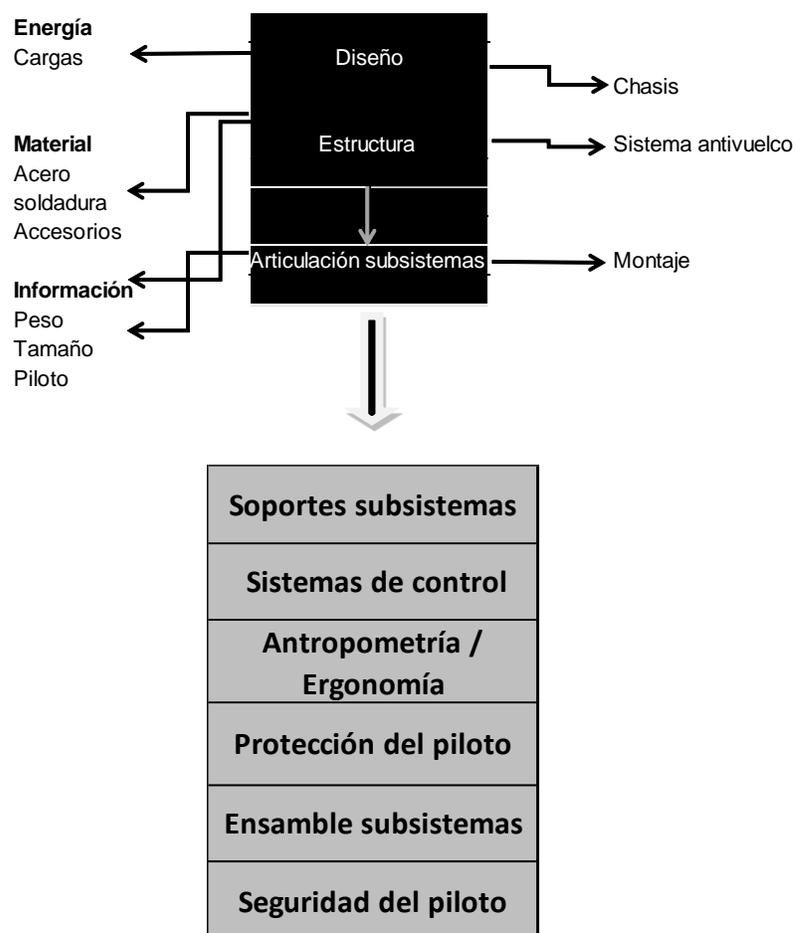
El sistema RPS debe estar debidamente adherido al chasis del vehículo, lo cual debe proporcionar la seguridad necesaria al piloto en caso de colisión o volcamiento teniendo en cuenta las siguientes características.

1. Absorber suficiente energía en un accidente severo para minimizar el riesgo de heridas.
2. Prevenir contacto físico significativo con el suelo en caso de caída (de lado) o vuelco (invertido).
3. Proveer resistencia abrasiva adecuada para proteger en caso de deslizamiento en el suelo, en función al material seleccionado capaz de resistir el impacto y la fricción de contacto.

Dadas las especificaciones de funcionalidad se implementa pruebas de penetración de la caja negra y caja gris, donde la caja negra integra los conceptos de diseño y funcionalidad iniciales sin tener conocimiento del resultado final, diseño y fabricación de vehículo de tracción humana VTH.

La caja gris proporciona el resultado parcial de diseño y funcionalidad basado en análisis de esfuerzo de formación por software especializado en elementos finitos Autodesk SOLIDWORKS ED 2021.

#### 4.4.1 Caja negra y caja gris.



#### 4.5 Especificaciones de producto.

El diseño del vehículo de tracción humana VTH Ed 2023, debe cumplir con requerimientos de construcción y diseño de la competencia Ed 2019, y tener la capacidad operativa, maniobrabilidad seguridad y resistencia mecánica, lo cual, será juzgado por jueces competentes en ingeniería mecánica.

## 5 Capítulo V – Diseños preliminares.

Este capítulo está basado en alternativa de diseño del prototipo VTH, en el cual, se presenta las propuestas de diseño y parámetros.

### 5.1 Diseño y presentación de alternativas.

#### 5.1.1 VTH 1.0 alternativa A

El diseño propuesto en la alternativa A, es la primera propuesta de rediseño en cuanto a las ediciones de VTH ED 2018 y 2019, construidas por la Escuela Tecnológica Instituto Técnico Central, ver *imagen 9*.



*Imagen 9, alternativa de diseño A, Gamba-Rodríguez.*

Estos fueron los primeros bocetos con los cuales se planteó el prototipo, teniendo en cuenta el material a utilizar bajo requerimientos de diseño y construcción de la competencia, lo cual no se direcciono como alternativa final hasta validar cada propuesta por el grupo de trabajo, Gamba-Rodríguez

#### Ventajas

- Fácil de ensamblar
- Buenos puntos de sujeción amortiguación
- Cumple con las normas de protección del vehículo

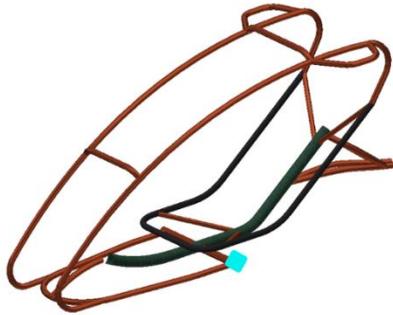
## Desventajas

- Rustico
- Pesado
- No tiene sujeción para la silla del piloto
- Poca ergonomía

## Materiales

- Tubo de 1" x 2.8 mm de espesor acero suave.

### 5.1.2 VTH 2.0 alternativa B



*Imagen 10, alternativa de diseño B, Gamba-Rodríguez.*

La alternativa de diseño B, se ha tenido en cuenta en diseños de chasis de ediciones anteriores (Ed 2019), se realizó cambio en el centro de gravedad y las sujeciones de las llantas y todo el sistema de suspensión, se pensó en la ubicación del piloto y posición para el pedaleo con el fin de optimizar el funcionamiento.

## Ventajas

- ergonomía en pedaleo
- menor riesgo de lesiones en volcamiento
- mayor sujeción en la llanta trasera

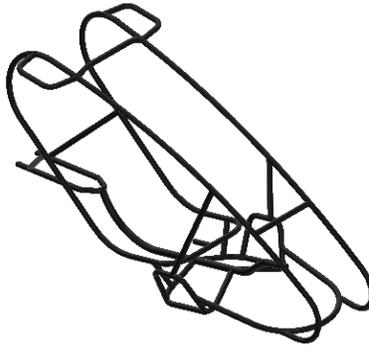
## Desventajas

- la posición del piloto es muy recta provocando mayor riesgo de lesiones lumbares
- chasis muy pesado aumentando el desgaste del piloto en el pedaleo
- agarra de la suspensión es muy débil

## Material

- Tubo de 1" x 2.5 mm de espesor acero al carbono
- Tubería de ¾" x 2.5 mm de espesor acero al carbono

### 5.1.3 VTH 3.0 alternativa C



*Imagen 11, alternativa de diseño C, Gamba-Rodríguez.*

Para esta tercera propuesta de chasis se tuvieron en cuenta varios factores de los dos prototipos anteriores los cuales eran la posición del piloto, el peso del prototipo, la sujeción de la suspensión, y la rueda trasera, el soporte general de la estructura para tener mayor resistencia al impacto, volcamiento y fuerza en el pedaleo

## Ventajas.

- Su diseño estuvo basado en las reglas de la competencia
- La principal característica de este diseño es mantener protegido al piloto en todo momento ante choques o volcamientos.
- El centro de gravedad es muy bajo dándole más estabilidad al momento de la conducción.

- Liviano, pues este tiene un peso de 31.71 kg comparado con sus anteriores versiones este tiene menor peso
- Ergonomía en la silla con un ángulo de inclinación de 35 °, permitiendo mayor facilidad en la posición de pedaleo del piloto permitiendo ejercer más fuerza en el pedaleo y mayor velocidad.

Desventajas.

- tiene un gran volumen
- la silla es fija no es adaptable para todo tipo de medidas en personas de baja o gran estatura

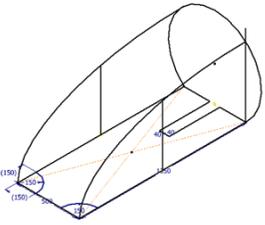
Material.

- Tubería de  $\frac{3}{4}$ " x 2.81 mm de espesor acero al carbono para la mayor parte de la estructura
- Tubo de 1"x 2.5 mm de espesor acero al carbono este se utiliza para el soporte de todo el sistema del chasis

## 5.2 Análisis y evaluación de alternativas.

critérios de selección	Criterios de análisis	porcentaje de importancia
<b>Diseño</b>	Óptimo diseño ayudará con la reducción de costos y tiempos de fabricación.	10%
<b>Peso</b>	Reducción de peso es indispensable para el diseño, es necesario para optimizar funcionamiento con los subsistemas.	12%
<b>Estabilidad</b>	Disminución en el centro de gravedad y estabilidad.	16%
<b>Resistencia</b>	Tener en cuenta cualquier tipo de impacto tanto vertical como lateral.	9%
<b>Seguridad</b>	La seguridad es un factor determinante por las pruebas que se realizaran, para el óptimo funcionamiento del chasis del VTH	20%
<b>Costo</b>	Optimización de costos y presupuestos	6%
<b>Ergonomía</b>	La ergonomía en la posición del piloto permitirá mayor torque en el pedaleo generando velocidad en el vehículo	16%
<b>Facilidad de ensamble.</b>	práctico y de fácil ejecución, genera disminución en los tiempos de fabricación y mantenimiento en competencia.	5%
<b>Ponderado</b>		<b>100%</b>

## 5.3 Resultados del análisis de alternativa

Resultados de análisis.				
Alternativas	Boceto	Descripción	ponderado	Análisis
Alternativa A.		<p>Este diseño fue el primer boceto, tenía presenta criterios de análisis y mejoras las cuales con las siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Ensamble fácil.</li> <li>➤ Bajo costo</li> </ul>	50%	Con el ponderado se reflejó que esta es la opción menos pertinente a la hora de decidir cuál es la mejor opción de diseño
Alternativa B		En el primer diseño, pero este es más rustico y por ende más pesado influyendo en la selección de la mejor alternativa	73%	con los parámetros que se requerían para el diseño, pero en algunos criterios de diseño le faltó un poco para seleccionarla como opción.
Alternativa C		Este diseño muy similar a la segunda opción tiene mejoras en la selección de la tubería y la posición del piloto la cual es importante para el sistema	87%	Esta con un total del 87% de los criterios es la mejor opción en cuanto a diseño costos y tiempo de fabricación y es la opción elegida para nuestro prototipo de VTH

## 6 Capítulo VI – Diseño de detalle.

El presente capítulo hace referencia a la ingeniería, optimización y eficiencia del Vehículo de tracción humana VTH.

### 6.1 Diseño dimensional.

Para el diseño dimensional del vehículo de tracción humana VTH, ED 2023 fue necesario realizar estudio de ergonomía y posición del piloto junto con el punto de gravedad (CDG) para aumentar la eficiencia y grado de inclinación del piloto con respecto a diseño de Edición 2019, ver imagen 12.

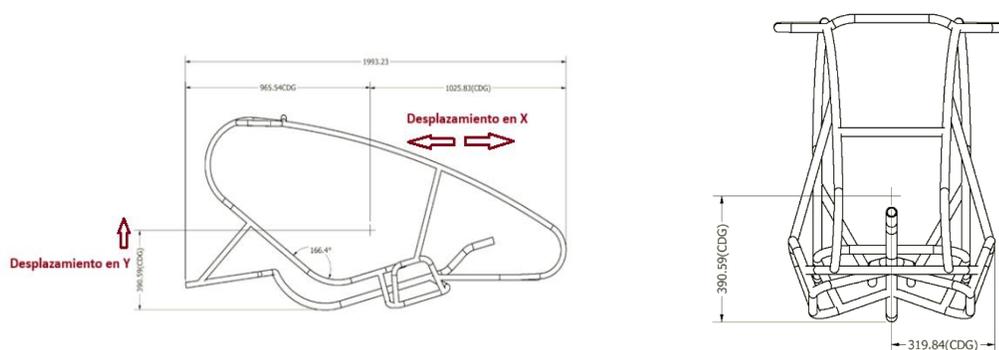


Imagen 12, VTH Edición 2023, Gamba- Rodríguez.

Cuadro comparativo de diseño ED 2023-2019 CDG-inclinación.			
Edición	Desplazamiento en X (mm)	Desplazamiento en Y (mm)	Inclinación (Grados)
2023	390,59	965,54	166,4
2019	415,54	621,51	130
Diferencia	-24,95	344,03	36.4

## 6.2 Diseño volumétrico.

El diseño volumétrico consta de un largo total de 2351mm, ancho de 1304mm y alto de 1219mm, estas dimensiones finales se concluyen con base al diseño ergonómico investigado y realizado para el vehículo de tracción humana (VTH) Ed 2023, lo cual se garantiza la adecuada operación, seguridad, maniobrabilidad, estabilidad, torque y velocidad necesaria en competencia.

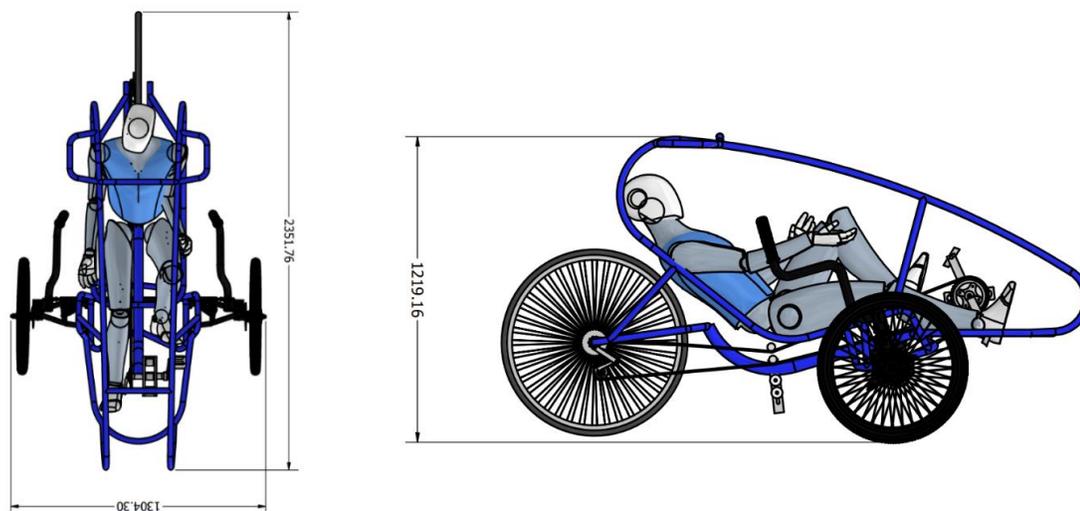


Imagen 13, diseño volumétrico VTH Edición 2023, Gamba- Rodríguez.

## 6.3 Memoria de cálculos.

En la elaboración de la memoria de cálculos para el vehículo de tracción humana VTH Ed 2023, se utilizó un software especializado en elementos finitos Autodesk SOLIDWORKS ED 2021, **ver anexo 6 y 7.**

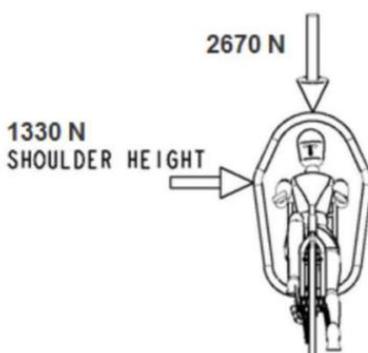


Imagen 14 Aplicación de las cargas superior y lateral Fuente: 2019 HPVC rules, ASME.

### 6.3.1 Análisis de carga vertical.

Sometiendo la estructura al análisis de cargas en cada una de las uniones ejerciendo fuerza de 3000N verticalmente obteniendo los siguientes resultados, ver imagen 15.

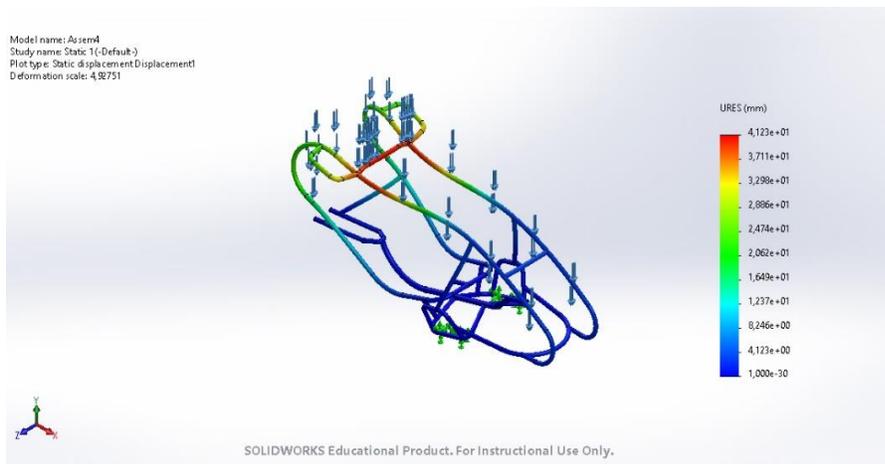


Imagen 15, análisis de carga vertical AUTODESK SOLIDWORKS. Gamba-Rodríguez 2023

### Información de malla

Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado:	Malla combinada basada en curvatura
Puntos jacobianos para malla de alta calidad	16 puntos
Tamaño máximo de elemento	33,2622mm
Tamaño mínimo del elemento	4,00471mm
Calidad de malla	Alto
Remesh piezas fallidas de forma independiente	Apagado

### Información de malla - Detalles

Nodos totales	209507
Elementos Totales	102552
Relación de aspecto máxima	104,68

% de elementos con relación de aspecto < 3	42,1
Porcentaje de elementos con Aspect Ratio > 10	0,121
Porcentaje de elementos distorsionados	0
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:02:18
Nombre de la computadora:	

## Fuerzas resultantes

## Fuerzas de reacción

Conjunto de selección	Unidades	Suma X	Suma Y	Suma Z	Resultante
Modelo completo	norte	0,00646973	27.000	0,000366211	27.000

### 6.3.2 Análisis de carga Lateral.

Sometiendo la estructura al análisis de cargas en cada una de las uniones ejerciendo fuerza de 2000N verticalmente obteniendo los siguientes resultados, *ver imagen 16*.

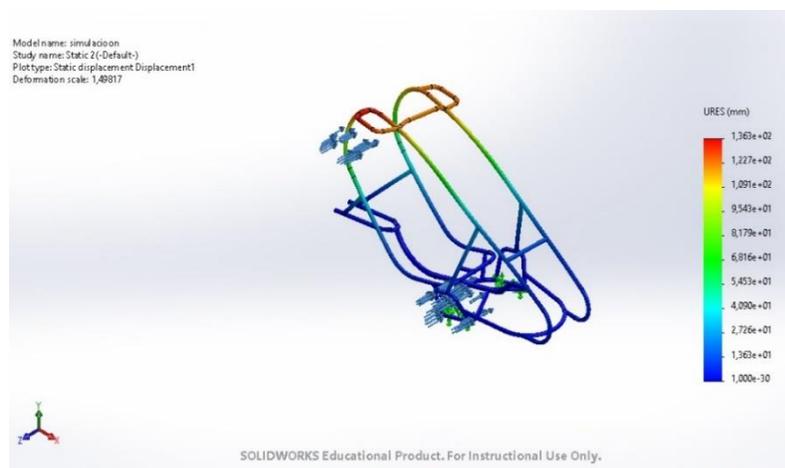


Imagen 16, análisis de carga horizontal AUTODESK SOLIDWORKS, Gamba-Rodríguez 2023

### Información de malla

<b>Tipo de malla</b>	Malla sólida
<b>Mallador utilizado:</b>	Malla combinada basada en curvatura
<b>Puntos jacobianos para malla de alta calidad</b>	16 puntos
<b>Tamaño máximo de elemento</b>	33,2622mm
<b>Tamaño mínimo del elemento</b>	4,00471mm
<b>Calidad de malla</b>	Alto
<b>Remesh piezas fallidas de forma independiente</b>	Apagado

### Información de malla - Detalles

<b>Nodos totales</b>	209507
<b>Elementos Totales</b>	102552
<b>Relación de aspecto máxima</b>	104,68
<b>% de elementos con relación de aspecto &lt; 3</b>	42,1
<b>Porcentaje de elementos con Aspect Ratio &gt; 10</b>	0,121
<b>Porcentaje de elementos distorsionados</b>	0
<b>Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):</b>	00:02:24
<b>Nombre de la computadora:</b>	

## Fuerzas resultantes

### Fuerzas de reacción

Conjunto de selección	Unidades	Suma X	Suma Y	Suma Z	Resultante
Modelo completo	norte	-0,0012207	0,00402832	28.000	28.000

### 6.3.3 Cálculo de resistencia soldadura.

Para el diseño del vehículo de tracción humana se suministra calculo manual y por elementos finitos, se calcula la altura del filete de soldadura y cantidad de esta, para una adecuada aplicación sin afectar la resistencia mecánica de los materiales y dando cumplimiento a las directrices de cargas de la competencia VTH 2023, el cálculo a realizar es en el área de mayor deformación en el numeral 6.3.2.

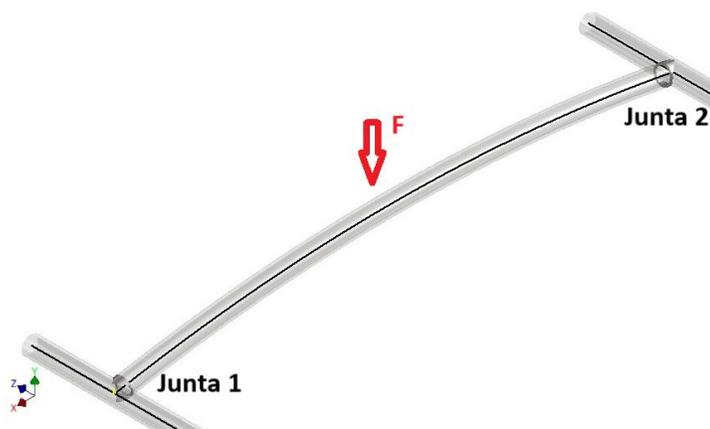


Imagen 17, Punto de análisis estructural de junta soldada VTH 2023 Gamba- Rodríguez.

### 6.3.4 Calculo manual.

Por medio del software MATHCAD, se ejecuta calculo manual de la junta soldable obteniendo los siguientes resultados:

La fórmula general para calcular el área de la sección transversal de la garganta de la soldadura (A) es:

$$A = S_c \cdot t$$

**A**= Área de la sección transversal de la garganta de la soldadura.

**S<sub>c</sub>**= Tamaño del cordón de soldadura (ancho del cordón), que en este caso es (1.143 mm) por el rango de 0.7 a 1.6 veces el diámetro del electrodo

**L**=longitud de la soldadura.

➤ **Cálculo de la sección transversal del filete de soldadura.**

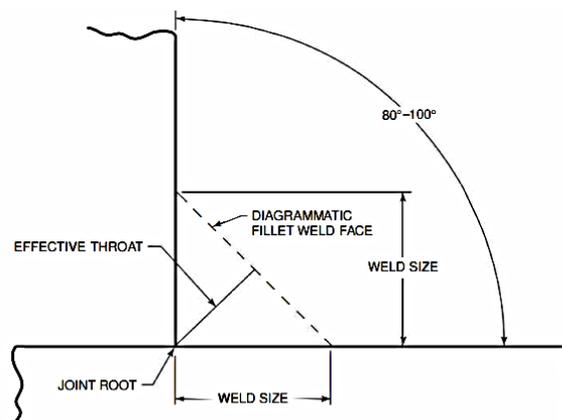


Imagen 18, Diseño de junta de filete, American Welding Society AWS D1.1 Clausula 4

Edición 2020

$$d := 27 \text{ mm}$$

$$r := \frac{d}{2} = 13.5 \text{ mm}$$

$$S_c := 0.045 \text{ in} \cdot 1.6 = 1.829 \text{ mm}$$

$$L_c := 2 \cdot \pi \cdot r = 84.823 \text{ mm}$$

$$A := S_c \cdot L_c = 155.124 \text{ mm}^2$$

el área 2 es igual al área 1 por la aplicación de la carga

$$A_2 := A = 155.124 \text{ mm}^2$$

➤ **Esfuerzo cortante:**

$$\tau(\text{Trab}) = F \div (A + A_2) + \infty$$

$\tau(\text{Trab})$  = esfuerzo cortante de trabajo permisible en la garganta de la soldadura.

**A** = área transversal de la soldadura

**F** = fuerza o carga aplicada

$$F := 2640 \text{ N}$$

$$\tau_{Trab1} := \frac{F}{A + A_2} = 9.67 \text{ MPa}$$

Para calcular el factor de seguridad se toma el esfuerzo cortante de trabajo y la resistencia a la fluencia  $\tau(\text{Max})$ , donde la resistencia a la fluencia se divide por la cantidad de juntas a soldar, en el caso de estudio son dos:

$$FS = \tau(\text{Max}) / \tau(\text{Trab})$$

$$\tau_{Max} := \frac{393}{2} \text{ MPa} = 196.5 \text{ MPa}$$

$$FS := \frac{\tau_{Max}}{\tau_{Trab1}} = 14.433$$

$$\tau_{trab} := \frac{\tau_{Max}}{3} = 65.5 \text{ MPa}$$

➤ **Altura del filete de soldadura:**

$$\tau_{trab} = \frac{f}{L_c * N * h * 0,707}$$

**L<sub>c</sub>** = longitud del cordón

**N** = número de cordones

**h** = altura del cordón

**Constante:** 0,707 (70%)

$$h := \frac{F}{Lc \cdot N \cdot \tau_{trab} \cdot 0.707} = 0.382 \text{ mm}$$

#### 6.3.4.1 Cálculo con elementos finitos.

Por medio de software especializado en análisis de elemento finitos Autodesk inventor ED 2022, se calcula la altura del filete y resistencia de la misma en función del material de aporte ER 70XX **ver anexo 8.**

##### ☐ Cargas

Fuerza de plegado	$F_y$	3000,000 N
Brazo de fuerza	e	55,000 mm

##### ☐ Cotas

Altura de soldadura	a	2,000 mm
Longitud de soldadura	L	90,000 mm

##### ☐ Material y propiedades de la junta

Electrodo E70XX		
Límite de elasticidad	$S_y$	390 MPa
Resistencia máxima a tracción	$S_u$	480 MPa
Coef. de seguridad	$n_s$	3,000 su
Tensión admitida	$S_{al}$	130,000 MPa

##### ☐ Resultados

Tensión admitida	$T_A$	130,000 MPa
Altura mín. de soldadura	$a_{min}$	0,450 mm
Longitud de soldadura mínima	$L_{min}$	51,650 mm
Tensión de corte de soldadura máx.	$\tau$	28,553 MPa
Fuerza de plegado máxima	$F_{ymax}$	13658,700 N
Comprobar cálculo		<b>Positivo</b>

*Análisis por elementos finitos, Autodesk Inventor Ed 2022. Gamba- Rodríguez*

#### 6.3.4.2 Cálculo fuerza de impacto.

Bajo el concepto de energía cinética y aceleración, se realiza cálculo manual para determinar la fuerza de impacto en un posible choque en operación y simular este resultado por medio de elementos finitos en un posible impacto posterior o frontal y evitar cualquier ruptura del material que pueda alterar la integridad del piloto en operación.

- El resultado de la fuerza de impacto calculado es de 2472.9 N, **anexo 10**.
- De acuerdo con la fuerza de impacto calculada la deformación elástica posterior en el VTH es de 80.82mm, y frontal de 34.46mm no superando el límite elástico de 305 Mpa correspondiente al material utilizado, **anexo 11 y 12**.

#### 6.4 Resultados.

Teniendo en cuenta la relación existente de los cálculos realizados por medio de elementos finitos y método manual de la resistencia de los materiales ASTM 500 y la soldadura a aplicar AWS ER70S-6, ver anexo 5 (WPS GMAW), en el **Diseño de Chasis y sistema antivuelco para vehículo de tracción humana ED 2023**, y las fichas técnicas de los mismos se determina la viabilidad en formado, construcción y soldabilidad de cada uno de los ítems estructurales con las siguientes características.

1. El cálculo realizado con carga vertical de 3000N (0.003Mpa) al material estructural ASTM A 36 arroja como resultado deformación elástica de 4,82 milímetros y carga lateral de 2000 N (0.002Mpa) presentando deformación elástica de 1.49mm, límite elástico de 250 Mpa y resistencia a la tracción de 400 Mpa.
2. Cálculo realizado por método manual para la aplicación de soldadura en el material ASTM A 36, con carga de 2640N, presenta resultado en la altura del cateto (filete de soldadura) de 0.382 milímetros y por análisis de elementos finitos de 0.450 milímetros, determinando para la aplicación soldadura electrodo sólido con gas de protección CO<sub>2</sub> (GMAW) AWS ER70S-6.

3. Los resultados obtenidos en el numeral 1 y 2 fueron verificados con las fichas técnicas de acuerdo con condiciones mecánicas y químicas del material estructural y soldadura a aplicar, dando cumplimiento con las especificaciones de diseño y construcción IX COMPETENCIA DE VEHICULOS DE TRACCIÓN HUMANA ED 2019.

## 7 Capítulo VII – Proceso de fabricación.

En el presente capítulo se relaciona el proceso de fabricación, costos y planos de construcción del vehículo de tracción humana VTH Ed 2023.

### 7.1 Tabla de materiales.

ELEMENTO	CANTIDAD	DESCRIPCION / PULGADAS	DESCRIPCIÓN
1	16,270 in	ANSI - 1 1/4 x 0.191 - 16,270264	Tubería
2	21,654 in	ANSI - 1 1/4 x 0.191 - 21,653543	Tubería
3	4,351 in	ANSI - 1 1/4 x 0.191 - 4,3509376	Tubería
4	4,040 in	ANSI - 1 1/4 x 0.191 - 2,0200044	Tubería
5	4,405 in	ANSI - 1 1/4 x 0.191 - 4,40545250	Tubería
6	26,235 in	ANSI - 3/4 x 0.113 - 26,235	Tubería
7	25,951 in	ANSI - 3/4 x 0.113 - 12,975	Tubería
8	7,875 in	ANSI - 3/4 x 0.113 - 3,937	Tubería
9	26,023 in	ANSI - 3/4 x 0.113 - 13,012	Tubería
10	25,055 in	ANSI - 3/4 x 0.113 - 6,264	Tubería
11	21,988 in	ANSI - 3/4 x 0.113 - 2,749	Tubería
12	7,871 in	ANSI - 3/4 x 0.113 - 3,936	Tubería
13	15,748 in	ANSI - 3/4 x 0.113 - 7,874	Tubería
14	17,204 in	ANSI - 3/4 x 0.113 - 8,602	Tubería
15	6,047 in	ANSI - 3/4 x 0.113 - 3,023	Tubería
16	9,895 in	ANSI - 3/4 x 0.113 - 4,947	Tubería
17	14,094 in	ANSI - 3/4 x 0.113 - 7,047	Tubería

18	18,656 in	ANSI - 3/4 x 0.113 - 9,328	Tubería
19	14,961 in	ANSI - 3/4 x 0.113 - 7,48	Tubería
20	12,368 in	ANSI - 3/4 x 0.113 - 6,184	Tubería
21	4,263 in	ANSI - 3/4 x 0.113 - 4,263	Tubería
22	10,236 in	ANSI - 3/4 x 0.113 - 5,118	Tubería
23	40,157 in	ANSI - 3/4 x 0.113 - 20,079	Tubería
24	131,246 in	ANSI - 3/4 x 0.113 - 65,623	Tubería
25	13,386 in	ANSI - 3/4 x 0.113 - 13,386	Tubería
26	38,583 in	ANSI - 3/4 x 0.113 - 19,291	Tubería
27	7,825 in	ANSI - 3/4 x 0.113 - 3,912	Tubería
28	9,449 in	ANSI - 3/4 x 0.113 - 4,724	Tubería
29	8,690 in	ANSI - 3/4 x 0.113 - 4,345	Tubería
30	44,422 in	ANSI - 3/4 x 0.113 - 22,211	Tubería
31	34,252 in	ANSI - 3/4 x 0.113 - 17,126	Tubería
32	30,010 in	ANSI - 3/4 x 0.113 - 15,005	Tubería
33	4,331 in	ANSI - 3/4 x 0.113 - 2,165	Tubería
34	5,203 in	ANSI - 3/4 x 0.113 - 2,602	Tubería
35	1,113 in	ANSI - 3/4 x 0.113 - 0,557	Tubería
36	2,597 in	ANSI - 3/4 x 0.113 - 2,597	Tubería
37	9,055 in	ANSI - 3/4 x 0.113 - 9,055	Tubería
38	5,237 in	ANSI - 3/4 x 0.113 - 2,619	Tubería
39	2,044 in	ANSI - 3/4 x 0.113 - 1,022	Tubería
40	13,386 in	ANSI - 3/4 x 0.113 - 6,693	Tubería

## 7.2 Lista maestra de planos de fabricación.

Para el diseño de chasis y sistema antivuelco RPS de vehículo de tracción humana (VTH) Ed 2023, fue necesario emitir planos de fabricación en función de cálculos de materiales y características mecánicas de los mismos, **ver anexos 1, 2 y 3** (ficha técnica del material utilizado).

En los planos de fabricación se detalla información correspondiente al proceso de fabricación, donde encuentra lista de materiales por ítem, dimensiones, características de conformado, proceso de soldadura (WPS) y acabado superficial, junto con ello información técnica en el rotulo de cada plano, **ver anexo 4**.

### **7.2.1 Listado de planos de fabricación.**

- ITC-GENERAL-VTH-2023-01, plano general de ensamble.
- ITC-MAPA-VTH-2023-02, mapa de soldadura.
- ITC-CHASIS-VTH-2023-03, ensamble y formado de chasis.
- ITC-SISTEMA RPS-VTH-2023-04, ensamble y formado de sistema antivuelco (RPS)
- ITC-SUSPENSION-2023-05, ensamble y formado de soportes de suspensión.
- ITC-SUBSISTEMAS-VTH-2023-06, nombramiento ubicación subsistemas.
- ITC-AMORTIGUACION-VTH-2023-07, formado soporte de suspensión.
- ITC-SOPORTE LATERAL-VTH-2023-08, formado soporte lateral suspensión.
- ITC-BARRA SUPERIOR-VTH-2023-09, formado barra superior RPS.
- ITC-BARRRA AMORTIGUACION-VTH-2023-10, barra soporte de suspensión.
- ITC-BARRA LLANTAS-VTH-2023-11, barra soporte llanta posterior.
- ITC-SOPORTE LLANTAS-VTH-2023-12, barra sujetadora de llanta posterior.
- ITC-SOPORTE BARRAS LATERALES-VTH-2023-13, formado barra frontal RPS.
- ITC-COMPLEMENTO BARRAS LATERALES-VTH-2023, formado barra soporte asiento RPS.
- ITC- BARRAS LATERALES-VTH-2023-15, formado sistema de protección externa piloto RPS

### **7.3 Proceso de fabricación.**

#### **7.3.1 Proceso de ensamble y soldadura.**

En función del material utilizado ASTM 500 y verificación con certificado de calidad del mismo, se identifica que es un material de acero al carbono estructural dúctil de baja aleación fácilmente soldable, teniendo en cuenta lo anterior se suministra procedimiento de soldadura (WPS), precalificado (**ITC-WPS-PRE-1 REV 0**) por la norma de estructuras metálicas AWS D1.1 ed 2020.

#### **Ver anexo 5**

Donde se identifican las variables esenciales para realizar un adecuado proceso de soldadura y garantizar la seguridad del piloto e integridad del vehículo de tracción humana VTH, las variables a considerar son:

- Proceso de soldadura GMAW.
- Tipo de metal de aporte ER70S-6
- Gas de protección.
- Posiciones de aplicación.
- Temperatura.
- Parámetros del equipo de soldadura.
- Técnica.

## 7.4 Análisis de costos.

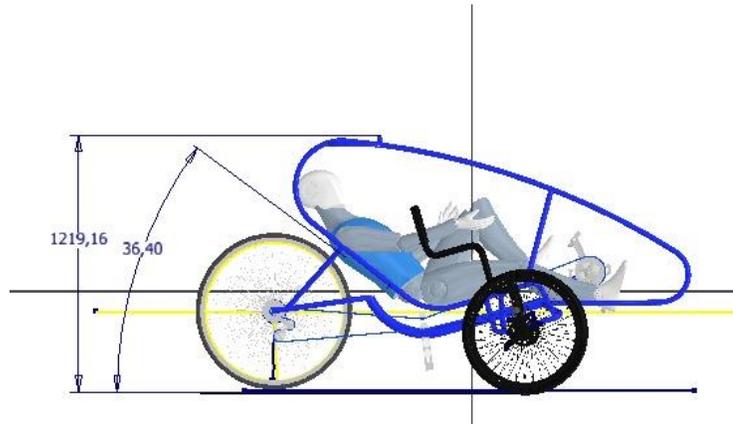
<b>Relación de costos VTH (Chasis-Sistema antivuelco)</b>				
<b>Costos Directos</b>				
	Unidad	Cantidad	Costo unitario	Costo total
<b>Materia prima</b>				
Tubería AN Ø3/4" x 6000mm	und	5	\$ 47.000,00	\$ 235.000,00
Tubería AN Ø1 1/4" x 1500mm	und	1,5	\$ 10.000,00	\$ 15.000,00
Líquidos penetrantes	Kit	0,25	\$ 120.000,00	\$ 120.000,00
Soldadura ER70S-6	kg	5	\$ 12.600,00	\$ 63.000,00
Gas 90% Ar 10% CO2	und	0,25	\$ 80.000,00	\$ 80.000,00
<b>Mano de obra</b>				
Ingeniería	und	2	\$ 500.000,00	\$ 500.000,00
<b>Operativa</b>				
Conformado	und	1	\$ 300.000,00	\$ 300.000,00
Ensamble	und	2	\$ 300.000,00	\$ 300.000,00
Acabados	und	1	\$ 400.000,00	\$ 400.000,00
Costo Directo total			\$ 1.769.600,00	\$ 2.013.000,00
<b>Costos Indirectos</b>				
	Unidad	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Transporte material	und	2	\$ 35.000,00	\$ 70.000,00
Transporte material Formado	und	1	\$ 50.000,00	\$ 50.000,00
total costos indirectos	und	3	\$ 85.000,00	\$ 120.000,00
<b>Costos totales Directos e Indirectos</b>				
Costo Directo total	\$		2.013.000,00	
Costo Indirecto total	\$		120.000,00	
Total Costos	\$		2.133.000,00	

## 8 Conclusiones.

Se diseña chasis y sistema antivuelco para vehículo de tracción humana (VTH) ED 2023, bajo argumentos técnicos de ingeniería para la adecuada construcción y especificaciones de la competencia.

1- Se diseña chasis ergonómico adecuado para maniobrabilidad del vehículo y pedaleo del piloto, con los siguientes resultados:

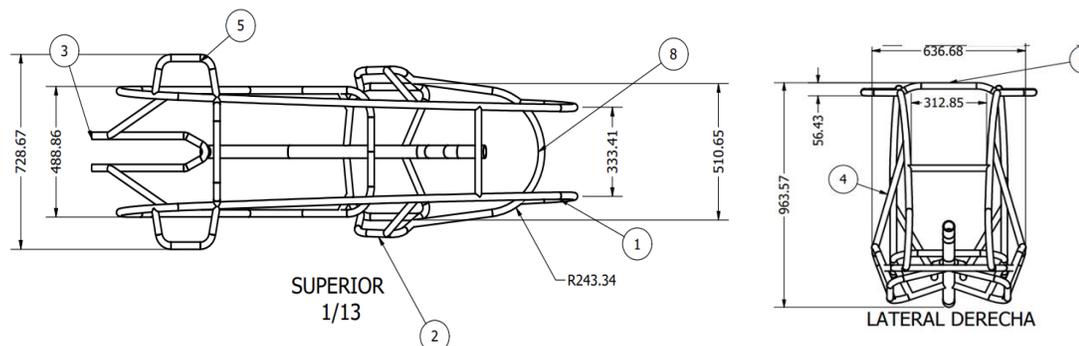
1.1. Inclinación con respecto a la horizontal de pedaleo es de  $166^\circ$  y en relación con el prototipo VTH ED 2019, la ubicación del piloto presenta un aumento de inclinación de 36.4 grados, lo cual, genera menor oposición al viento y distribución de fuerza en el piloto en el 100% del cuerpo, optimizando potencia y menor esfuerzo físico en la operación del VTH ED 2023, **imagen 19**.



*Imagen 19, ángulo de inclinación y posición del piloto chasis VTH ED 2023 Gamba- Rodríguez*

1.2. Se logra disminuir el centro de gravedad con relación a VTH 2019 de 24 milímetros con respecto a la vertical en Y y desplazamiento en X de 344 milímetros, **ver numeral 6.1**. Siendo VTH Ed 2023 más cercano al piso con mejora de diseño en estabilidad, lo cual, minimiza el riesgo de volcamiento en operación de giro y de mayor longitud en (X), permitiendo la distribución del peso del piloto en el VTH.

- 1.3.** La altura total del chasis y sistema antivuelco para VTH Ed 2023 es de 963.57 milímetros, ancho de 728 milímetros, lo cual, presenta disminución de altura de un 18% con relación a VTH Ed 2019, garantizando aun área segura de operación para el piloto, donde no va a presentar daños a la integridad de este, **imagen 19**

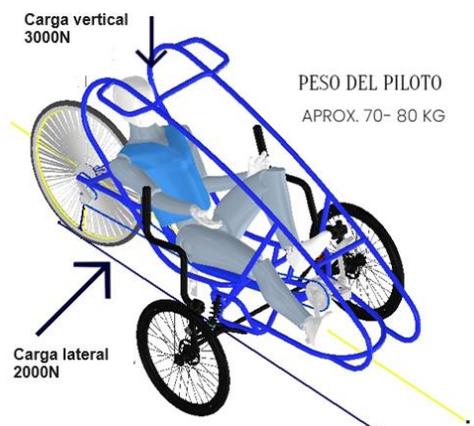


**Imagen 20, dimensiones generales chasis y RPS ED 2023 Gamba- Rodríguez**

- 1.4.** Teniendo en cuenta los resultados del numeral **1.1**, **1.2** y **1.3**, se optimiza la posición de pedaleo, ergonomía, ubicación del piloto y seguridad, lo que garantiza la eficiencia en potencia y maniobrabilidad en el momento de operar el vehículo de tracción humana (VTH) ED 2023, de esta manera dando cumplimiento en diseño con las indicaciones de competencia en el numeral 3, IX COMPETENCIA DE VEHICULOS DE TRACCIÓN HUMANA ED 2019.
- 2-** Se realiza cálculos mecánicos por medio de elementos finitos Autodesk SOLIDWORKS ED 2021 y herramientas manuales para garantizar la menor deformación elástica del material y seguridad en el momento de ejercer cargas y esfuerzos multidireccionales, bajo parámetros de la competencia ED 2019, donde la deformación elástica máxima permitida es de 50mm en la carga vertical y en la carga lateral es de 38mm.
- 2.1.** Por medio de simulación de elementos finitos Autodesk SOLIDWORKS ED 2021, el material seleccionado para el diseño de chasis y sistema antivuelco del vehículo de tracción humana (VTH) es tubería ASTM 500 de  $\frac{3}{4}$ " de diámetro, espesor 2.87mm para el sistema antivuelco,  $1 \frac{1}{4}$ " de diámetro, espesor de 4.85mm para el

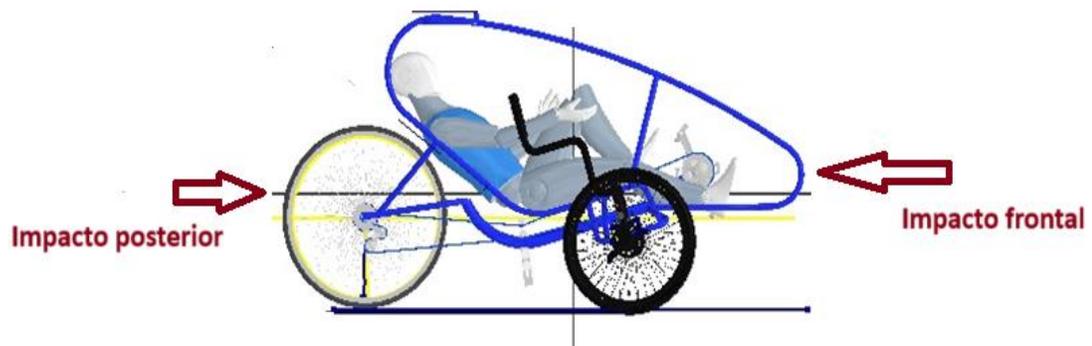
chasis, este material cumple con las especificaciones químicas y mecánicas capaces de no exceder la deformación elástica permitida.

- 2.2. En relación con VTH 2019, presenta disminución de peso en 7 Kg es decir 24% con un total de 33.5KG para VTH Ed 2023, utilizando material ASTM 500, mencionado en el **numeral 2.1** y en conjunto a la eficiencia de diseño, permite mejora en condición de potencia y velocidad en relación con la edición anterior.
- 2.3. El prototipo soporta carga vertical máxima de 3000N, generando deformación elástica del 9.84% (4.92mm), lo cual cumple con la deformación máxima permitida en especificación de competencia ED 2019, **ver imagen 21**.
- 2.4. El prototipo soporta carga lateral de 2000N generando deformación elástica de 3.92% (1.49mm), lo cual cumple con la deformación máxima permitida en especificación de competencia ED 2019, **ver imagen 21**.
- 2.5. Teniendo en cuenta las relaciones de deformación elástica de los numerales **2.3** y **2.4** respectivamente y las condiciones mecánicas del material según ficha técnica del mismo, el material seleccionado ASTM 500, registra mejora de diseño en cuanto a peso y deformación, dando cumplimiento con el numeral 3, IX COMPETENCIA DE VEHICULOS DE TRACCIÓN HUMANA ED 2019.



*Imagen 21, análisis de cargas VTH ED 2023, Gamba- Rodriguez.*

- 2.6. Se realiza calculo manual y simulación por elementos finitos de la fuerza de impacto frontal y posterior en un posible choque en operación, de tal manera asegurando la resistencia del material y prevenir una posible fractura de este dando cumplimiento en condiciones de seguridad al piloto, imagen 22.



*Imagen 21, análisis de impacto VTH ED 2023, Gamba- Rodriguez.*

- 2.7. Proceso de soldadura para material de acero al carbono de alambre sólido con gas de protección CO<sub>2</sub>, MIG (GMAW) de 0.045" y capacidad de carga de 70000 psi y especificación según AWS ER70S-6, se calcula por medio de elemento finitos y calculo manual, la altura de filete capaz de soportar carga máxima de 3000N, en el área que presento mayor deformación elástica en la simulación de elemento finitos, **ver numeral 6.3.4.**
- Obteniendo una aplicación mínima en altura del cateto de 0.38mm en contorno al material utilizado, garantizando factor de seguridad de 14.43.
- 3- El diseño realizado fue simulado y ensamblado en software AUTODESK INVENTOR ED 2022 donde cada uno de los subsistemas que componen el vehículo de tracción humana (VTH) ED 2023, no presentan obstrucción e interferencias generando un diseño volumétrico total eficiente con longitud de 2351mm, ancho de 1304mm y alto de 1219mm,

asegurando el correcto funcionamiento, maniobrabilidad, seguridad y las dimensiones máximas permitidas en las especificaciones de competencia, **ver anexo 4.**

- 3.1. Se realiza instructivo de ensamble para el chasis y sistema antivuelco RPS, de tal manera instruyendo el proceso de fabricación adecuado de cada uno de los componentes relacionados en los planos de fabricación, **anexo 13**

## 9 Bibliografía

- Reglas de competencia nacional de vehículos de tracción humana Cali-Colombia 2019.
- Código ASME SECCION IX Ed 2021.
- AWD D1.1 Edicion 2020.
- Diseño de ingeniería mecánica de Shigley, Novena edición.

## 10 Webgrafía.

- <https://www.eafit.edu.co/escuelas/administracion/kratos/Paginas/vehiculo-de-traccion-humana.aspx>.
- <https://www.datosmundial.com/estatura-promedio.php>.
- [https://www.axalta.com/blog\\_mx/es\\_ES/pintura\\_industrial/que-es-pintura-electroestatica-como-funciona-y-sus-beneficios.html](https://www.axalta.com/blog_mx/es_ES/pintura_industrial/que-es-pintura-electroestatica-como-funciona-y-sus-beneficios.html).
- [https://es.wikipedia.org/wiki/Veh%C3%ADculos\\_de\\_tracci%C3%B3n\\_humana](https://es.wikipedia.org/wiki/Veh%C3%ADculos_de_tracci%C3%B3n_humana).
- <https://es-academic.com/dic.nsf/eswiki/1465604>.

## 11 Anexos.

Anexo 1. Certificado de material tubería  $\frac{3}{4}$ ".

Anexo 2. Certificado de material tubería 1  $\frac{1}{4}$ ".

Anexo 3. Certificado de soldadura.

Anexo 4. Planos de fabricación.

Anexo 5. procedimiento de soldadura (WPS). **ITC-WPS-PRE-1 REV 0**

Anexo 6. Cálculos mecánicos carga vertical.

Anexo 7. Cálculos mecánicos carga lateral.

Anexo 8. Cálculo de soldadura.

Anexo 9. Reglas competencia VTH ED 2019.

Anexo 10. Calculo manual de fuerza de impacto.

Anexo 11. Simulación fuerza de impacto posterior.

Anexo 12. Simulación fuerza de impacto frontal.

Anexo 13. Instructivo de ensamble VTH ED 2023