



DEVELOPMENT OF CHASSIS OF A HUMAN TRACTION VEHICLE, BASED ON GUADUA AND POLYMER.

DESARROLLO DE CHASIS DE UN VEHÍCULO DE TRACCIÓN HUMANA, A BASE DE GUADUA Y POLÍMERO.

**MSc. Salamanca, J.R. * MSc (C) Acosta, L.F. * MSc (C)
Higuera, F.L* Roja, B.S (E).**

***Universidad Santo Tomás**, Ingeniería Mecánica, GIDINT.
Cll. 19 N° 11 - 64 Tunja – Boyacá, Colombia. 57 (8) 7440404.

juan.salamanca@usantoto.edu.co,

luis.acosta@usantoto.edu.co,

fabian.higuera@usantoto.edu.co,

brayan.rojas@usantoto.edu.co

Abstract: A Human Traction Vehicle (VTH), is a mobile that serves for the displacement and recreation of people. You can have three or four wheels and the single wheel goes in the back.

This objective is achieved with aspects such as: ergonomics, weight of the chassis, articulation of the traction systems, brake, steering and chair were taken into account. For greater performance, the development of a chassis built with lightweight materials and easy to obtain is proposed. Guadua Angustifolia Kunt was chosen as the support material and the Low Density Polyethylene (LDPE) as the joining material. The design of the chassis was carried out with the Autodesk Inventor program, the validation was carried out with the NX finite element program, after this validation, the guadua profiles were chosen and the cuts and unions with the molten polymer in extruder were made with screw molten. Once the construction of the chassis was completed, the chassis load tests and the assembly of the traction, steering and saddle systems, as well as wheel alignment, were carried out.

Keywords: *Chassis, Traction, Guadua, Polymer.*





Resumen: Un Vehículo de Tracción Humana (VTH), es un móvil que sirve para el desplazamiento y recreación de las personas. Puede tener tres o cuatro ruedas y la rueda única va en la parte de atrás.

Para lograr este objetivo, se tuvieron en cuenta aspectos como: ergonomía, peso del chasis, articulación de los sistemas de tracción, freno, dirección y silla. Para mayor rendimiento se propone el desarrollo de un chasis construido con materiales livianos y de fácil obtención, De acuerdo a lo anterior se escogió la Guadua Angustifolia Kunt, como material de soporte y el Poli Etileno de Baja Densidad (PEBD) como material de unión. El diseño del chasis se realizó con el programa Autodesk Inventor, se realizó la validación con el programa de elementos finitos NX, posterior a esta validación, se escogieron los perfiles de guadua y se procedió a realizar los cortes y uniones con el polímero fundido en extrusora de tornillo.

Terminada la construcción del chasis, se procedió a realizar las pruebas de carga del chasis y montaje de los sistemas de tracción, dirección y silla, así como la alineación de ruedas.

Palabras clave: Chasis, Tracción, Guadua, Polímero.

1. INTRODUCCIÓN

El uso continuo de polímeros en todas las actividades diarias, exige la búsqueda de productos que ayuden en la búsqueda de agentes de degradación implicados en polímeros y exposición de sus principales límites de descomposición del material (Bustamante, B. P. 2012), de esta forma se genera conciencia en las personas, para que a partir de un pequeño cambio en nuestro comportamiento, se forme una cultura de protección del ambiente, ideando nuevos usos, o usos alternativos a los polímeros desechados como el empleo de plásticos altamente inflamables como propuesta de nuevos combustibles, los cuales se usarán con tratamientos térmicos y para elementos de moldeo (Garrido Sorribes, À. 2016).

A diario se buscan nuevas alternativas a todos los productos contaminantes, se proyectan diversas actividades con fines sociales, o estudios como el de las propiedades físicas del plástico soplado o bien llamado PET para continuar legislando acerca de métodos de reciclaje y nuevos usos de este (Villafañe Calvo, I. 2018). Es

así como en la técnica también se generan propuestas de nuevos usos y nuevas mezclas de polímeros con materiales reciclables, por ejemplo el uso de plástico reforzado con fibra de vidrio que presenta las mejores características de ambos combinadas entre sí, aplicados en materiales que se usan en industrias automovilísticas en formas de paneles y/o carcazas (Iglesias, M, et al .2018). También se encuentra el proceso de invención de materiales poliméricos por medio de la vitrificación o cristalización para que guarde una forma determinada, usando carbono como parte del proceso (QUÍMICO, I, et al. 2017, Mora et al., 2013.)

La extrusión de perfiles plásticos es un proceso común, para ayudar a disminuir el impacto de los polímeros en el ambiente, pero usando PET como alternativa eficiente de reciclaje es una innovación, luego de que al realizar la comparación de las propiedades físicas entre este polímero y otros no hay diferencias marcadas. (Gómez, N, et al. 2016).

Sin embargo aunque ya existen múltiples empresas que trabajan con polímeros reciclables, es necesario que cumplan con ciertos aspectos, al igual que cualquier compañía las extrusoras de plástico buscan nuevos estándares de calidad,





producciones más fiables del uso de perfiles concéntricos para el recubrimiento de cables eléctricos con el fin de aislarlos (MIRÓN RASO. 2016). También se ha buscado promover empresas recicladoras y transformadoras como la propuesta de reciclaje con la implementación de trituradoras para plástico, promoviendo nuevas formas de almacenamiento mediante la reducción de tamaño de las presentaciones en las que se transforma este material (Acurio, B. et al. 2018).

Otro frente en este trabajo es la construcción de móviles y partes de chasis o motores, para lograr la fabricación de vehículos pequeños de cuatro ruedas de pedal o con motor eléctrico para ser homologado como nuevo transporte urbano (GALAN, J.2015). Pero prima la construcción de vehículos a pedal que prometen una mejor movilidad dentro de las ciudades que contaminan el medio ambiente, cuadríciclos como una propuesta más económica (Estupiñan, S. et al 2016).

Ya en Colombia se encuentran diversos trabajos en polímeros para fabricación de vehículos de tracción humana (VTH) más amigables con el medio ambiente en zonas de difícil acceso automovilístico, propuesta económica para una población con pocos recursos económicos (García Negrete, A. et al 2018), también se busca el uso de materiales moldeados a base elementos plásticos y botellas recicladas para la fabricación de vehículos monoplace aprovechando los beneficios ambientales y comerciales que esto proporciona (Agurto Salazar, C.2017).

A nivel institucional la Universidad de los Andes lidera una competencia de construcción y manejo de VTH, dirigida a la comunidad Universitaria de Colombia.

Este trabajo desarrolla el concepto de VTH, aplicando materiales no convencionales como soporte y unión, los cuales serán propuestos como alternativa de desarrollo y aprovechamiento en pro del medio ambiente, estos son el polímero y la guadua, luego de estudiar y revisar modelos, se logró diseñar y construir un VTH en estos materiales.

2. MATERIALES

2.1 Guadua.

La guadua empleada en este trabajo, se obtuvo de cultivos del área de Santa Ana en el departamento de Boyacá, se cortaron varas de 3 metros de largo aproximadamente, con diámetros variables de 40 mm. a 70 mm. Las muestras tomadas (20 varas), fueron almacenadas para secado durante una semana, para evitar curvado o alabeo de la guadua se dispusieron horizontalmente y fue necesario amarrar las varas a perfiles rectos de acero, luego de ese tiempo la guadua se mantiene un tanto verde, condición que facilita el doblado y las operaciones de unión.

2.2 Polietileno de Baja Densidad. (PEBD)

El polímero empleado en este trabajo, fue comprado en Color Plastic de Bogotá, con un tamaño de triturado aproximado de 5 mm., tamaño ideal para el trabajo en la extrusora. Se emplea como elemento constitutivo de las uniones de la guadua, este se introduce dentro de la guadua para la unión entre dos partes y como refuerzo se recubre el área de la unión con mas polímero

2.3 Acero. En este material están contruidos los componentes auxiliares (Dirección, tracción,)





2.4 Extrusora.

El equipo empleado para realizar las uniones del chasis, es una extrusora de tornillo, con una capacidad de producción de 5 kilogramos/hora de polímero, y diámetro de salida de una pulgada.

3. ASPECTOS PARA EL DISEÑO DEL VEHÍCULO DE TRACCIÓN HUMANA(VTH)

3.1.Chasis

Es el elemento de soporte del VTH y sobre el que se anclan los sistemas de tracción, dirección y silla.

De acuerdo a los antecedentes hallados, se define realizar un VTH de tres ruedas, con una rueda de gran talla en la parte de atrás y que será la de tracción, y dos ruedas medianas en la parte delantera para la instalación de la dirección, según lo anterior se debe tener en cuenta que la dirección debe incluir el ángulo de avance, ángulo de inclinación y ángulo de convergencia, de igual forma para eliminar elementos y disminuir peso, dentro del desarrollo del chasis se diseñará la silla como parte de la estructura de soporte.

3.2.Sistema de tracción

De acuerdo al diseño del chasis, la tracción se desarrolla con la rueda trasera, que es de 28 pulgadas de diámetro, además el sistema incluye elementos como: biela, pedal, piñon, plato y cadena de rodillos, además de guías y protectores para evitar el descarrilamiento de la cadena. El pedal se instaló, por encima del eje delantero exigiendo un sistema de tensión en la cadena.

3.3.Sistema de dirección

El sistema de dirección seleccionado se apoya en el eje delantero que es soportado por dos ruedas de 15 pulgadas. En este sistema se debieron tener en cuenta los ángulos de avance, inclinación y convergencia, para evitar fuerzas que puedan frenar el vehículo. La dirección del VTH se instalará por debajo de la silla, con conexión directa a las articulaciones de las ruedas delanteras.

3.4.Silla.

La silla que se diseñó para el VTH, es un arreglo de espuma forrada en textil, de acuerdo a las medidas que se muestran, privilegiando la espalda que exige apoyo debido a la inclinación del chasis. Como elemento de soporte, se aprovechó la inclusión de la estructura de la silla en el chasis, haciendo más fácil la instalación y eliminando espacio y peso que se pueda originar con otro diseño.

3.5 Otras consideraciones en el diseño.

3.5.1.Distancia entre ejes

Se definió la distancia entre ejes no mayor a 1,2 metros, lo anterior teniendo en cuenta la exigencia en los diámetros máximos de curva y de la misma forma se determinó que el ancho máximo sea de 90 cm.. Estas medidas se definieron de acuerdo a la Norma ASTM, que se aplica en la Carrera Nacional de VTH, organizada en Colombia por la Universidad de los Andes.

3.5.2. Distribución de cargas.

El peso del VTH debe estar distribuido a lo largo y ancho del mismo, teniendo en cuenta que una mayor concentración de peso en la parte delantera, facilita la





dirección, pero dificulta la estabilidad trasera en las curvas, de la misma forma, un mayor peso en la parte delantera, genera problemas en el sistema de tracción y con aumento de velocidad puede generar volcamiento. Por lo anterior de acuerdo al diseño el peso del VTH quedó con un ligero aumento en la parte delantera, pero esta situación se compensa con el posicionamiento del piloto en la silla que está atrás del eje central del VTH.

3.5.3. Centro de gravedad.

El VTH construido, presenta una distribución de espacios y pesos que lo hacen estable a lo largo del eje del vehículo, debido a que el cuerpo del piloto, se apoya ligeramente acostado. Con respecto a la altura, el peso se encuentra distribuido en la línea de los ejes de las ruedas, haciendo estable el movimiento con aceleración permanente.

4. METODOLOGÍA

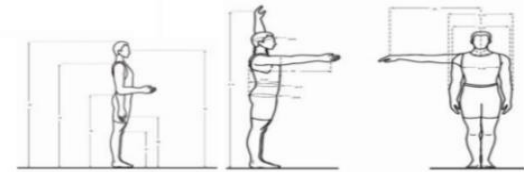
4.1. Diseño del chasis

Mediante el uso del paquete de graficación Autodesk Inventor, se realizó el diseño de un chasis para vehículo de tres ruedas, con sistema de tracción en la rueda trasera.

Las dimensiones del chasis fueron establecidas de acuerdo a las medidas antropométricas de una persona de 60 kilos de peso.

La tabla 1 presenta las medidas de una persona estando de pie, variando según el peso.

Tabla 1 Medidas antropométricas para personas en posición de pie-

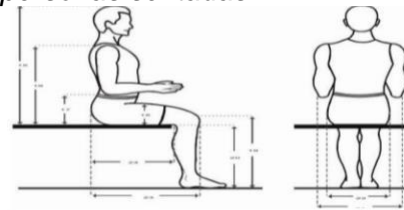


		15 - 59 años				
DIMENSIONES		\bar{X}	D.E.	Percentiles		
				5	50	90
1	Peso	72	11.69	54.55	70.00	91.25
2	Estatura	1680	60.70	1579	1682	1792
3	Altura de ojos	1564	59.32	1470	1563	1666
4	Altura al hombro	1391	55.08	1306	1386	1492
5	Altura al codo flexionado	1042	43.47	970	1038	1117
6	Altura al nudillo	755	33.97	697	754	821
7	Altura rodilla	466	28.77	414	469	505
8	Alcance lateral	766	31.03	711	768	814
9	Alcance frontal	747	36.06	685	744	821
10	Profundidad abdominal	278	34.00	226	266	347
11	Alcance máximo vertical	2045	81.86	1909	2044	2174
12	Anchura máxima bideitoidea	473	32.36	421	471	536
13	Anchura máxima del cuerpo	535	50.87	463	526	624
14	Anchura tórax	322	25.79	290	322	354
36	Perímetro de cabeza	551	15.01	510	554	608
37	Perímetro de cintura	873	109.50	845	961	1090
38	Perímetro de cadera	969	74.88	940	1026	1112

Fuente: Carmenate L, 2014 Manual de medidas antropométricas

La tabla 1 presenta las medidas de una persona estando de pie, variando según el peso.

Tabla 2: Medidas antropométricas para personas sentadas.



DIMENSIONES		\bar{X}	D.E.	Percentil		
				5	50	95
15	Altura normal sentado	876	29.56	818	884	918
16	Altura al hombro sentado	588	24.7	542	590	627
17	Altura al codo sentado	243	25.8	200	242	287
18	Altura al muslo sentado	158	16.41	125	159	185
19	Altura a la rodilla sentado	527	25.92	479	530	571
20	Altura poplitea	428	26	387	428	468
21	Anchura de codos sentado	546	50.47	459	544	638
22	Anchura de caderas sentado	383	46.11	335	374	442
23	Longitud nalga-rodilla	587	31	530	584	654
24	Longitud nalga-poplitea	474	27.88	428	470	531

Fuente: Carmenate L, 2014 Manual de medidas antropométricas

De acuerdo a la tabla se definieron las medidas así:

Tabla 3: Medidas definitivas del VTH

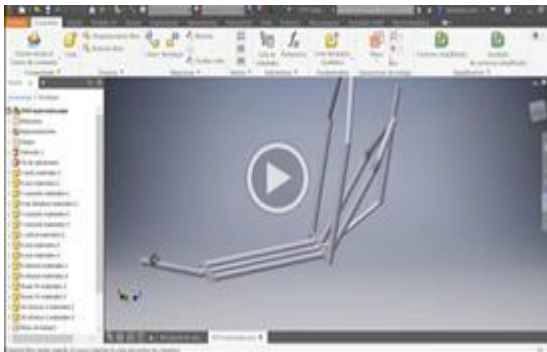


ELEMENTOS	VISTA		
	FRONTAL	SUPERIOR	LATERAL
Eje Principal	80 cm		
Altura Apoyo pedales	14,40 cm		
Altura Maxima	18,3 cm		
ancho refuerzo pedales		60 cm	
Ancho espaldar silla		36,3 cm	
Ancho rueda trasera		17,3 cm	
Distancia maxima chasis			46,7 cm
distancia pedales-silla			40,73 cm
Angulo inclinacion silla			75 °
Angulo inclinación pedales			45°

Fuente: Los autores

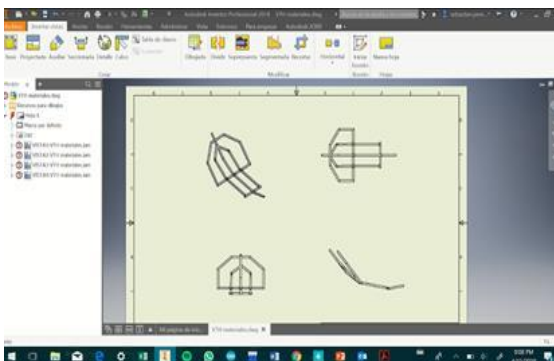
Diseño y Vistas

Imagen 1: Desarrollo del diseño Inventor Autodesk



Fuente: Los autores

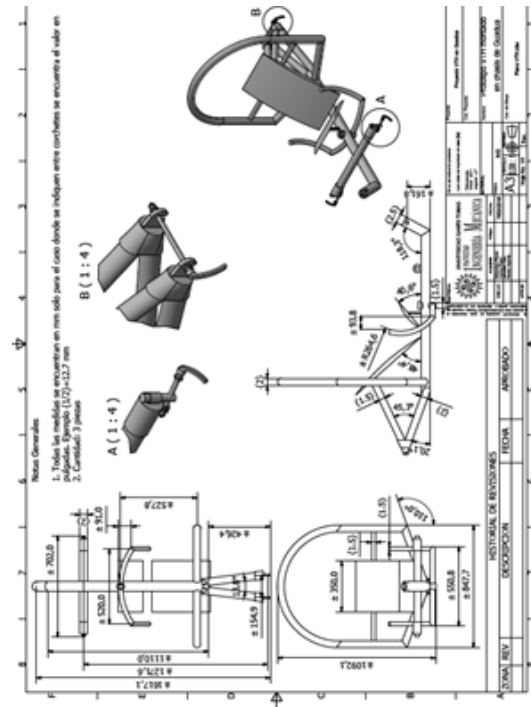
Imagen2: Vistas e isométrico del diseño de VTH



Fuente :Los autores

En las imágenes 1 y 2 se muestra el desarrollo del diseño mediante el programa Autodesk Inventor.

Imagen 3: Plano definido del VTH



Fuente: Los autores

En la Imagen 3 se muestra el plano definitivo del VTH con los elementos necesarios para la construcción.

Obtenido el chasis, se procede a la evaluación del diseño.

1.2. Validación de diseño del chasis.

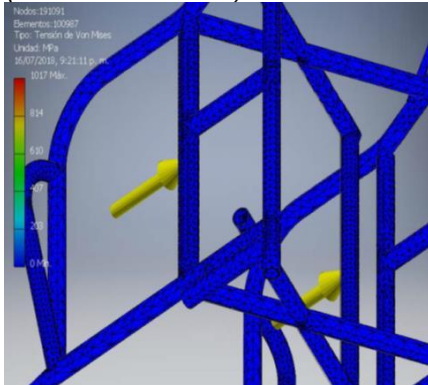
1.3.

Posteriormente se realizó la evaluación del diseño obtenido, mediante el uso del paquete de Elementos Finitos NX. Para revisar la resistencia en los puntos más expuestos a tensión o compresión .





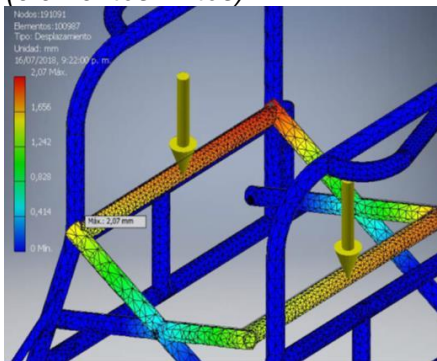
Imagen 4: Evaluación de carga en el chasis mediante Autodesk NX (elementos finitos)



Fuente: Los autores

En la imagen 4 se ve la simulación realizada al chasis con carga aplicada en la silla del chasis, el color azul indica que la fuerza no afecta la resistencia del material.

Imagen 5: Evaluación de carga sobre el chasis mediante Autodesk NX (elementos finitos).



Fuente: Los autores

En la imagen 5, se realiza la simulación de cargas sobre el chasis, los puntos rojos, son las zonas que soportan más carga.

4.3. Construcción de uniones guadua-polímero.

Para la construcción del chasis del vehículo, es importante la definición de las uniones de los diversos perfiles de guadua, teniendo en cuenta que los materiales metálicos, emplean uniones de soldadura, tornillos o soportes

laminados, para la madera, en diferentes estructuras se emplean pegantes, resinas y mezcla de fibras con resinas que con el tiempo se degradan, adicional a esto se hace necesario que las uniones actúen como parte del mismo material.

Por lo anterior, y aprovechando los trabajos realizados con polímeros, se probaron las características de una unión de guadua, con adición de polímero fundido como agente de ligante.

Para la realización de las uniones, se tuvo en cuenta:

- Los perfiles de guadua se cortaron entre nudos, para poder llenar las cámaras de la guadua, con polímero fundido.

- Previo a la unión con polímero, se hizo un desbaste grueso a los bordes de la guadua, como se muestra en la imagen 6, esto para mejorar el agarre del polímero con la guadua.

Imagen 6. Guaduas desbastadas en las puntas



Fuente: Los autores.

Posteriormente con el material listo y la extrusora con T°entrada:90°C y T°salida: 190 °C, se procede a rellenar las cámaras de la guadua con Polietileno de baja densidad (PEBD), este proceso se hace de forma manual. Luego de llenar la guadua, se alinean los perfiles según el ángulo y se procede a recubrir la unión con una capa de polímero como se muestra en la imagen 7.





1.4. Construcción del chasis.(pruebas)

Imagen 7. Recubrimiento de la unión.



Fuente: Los autores.

Luego de obtener la unión con el diseño específico, se deja enfriar esta, cuidando que no se vaya a deformar, de esta forma se obtienen uniones rectas, anguladas o en "Y", como se observa en las imagen 8 e imagen 9.

Imagen 8: Uniones en "Y" de guadua-polímero



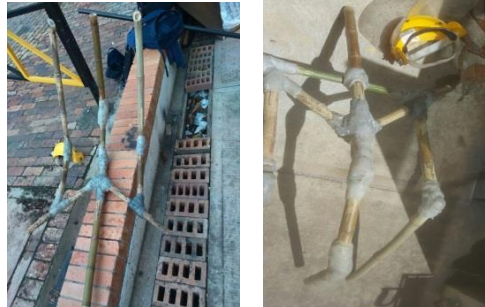
Fuente: Los autores.

Imagen 9.: Unión de 90° de guadua-polímero



Fuente: Los autores.

Imagen10. :Chasis-inicio Figura 6:Chasis-constr.



Fuente: Los autores.

Para la construcción del chasis se realizó la metodología explicada en el punto anterior, haciendo cada corte y unión a medida que se avanzaba, en algunos casos se hicieron algunos cambios por la dificultad en las uniones al aplicar el polímero fundido.(imagen10)

Durante el proceso de unión de los perfiles de guadua, se ensayo una mezcla de polímeros (80%PEBD-20%PET), obteniendo una resistencia superior, en cuanto a agarre de la guadua, como a estabilidad de la unión, este análisis y el de la unión con PEBD, se hace en otro documento desarrollado previo a este.

Imagen 11: Acabado del chasis.



Fuente: Los autores.

En la imagen 11 se puede ver la terminación del chasis en cuanto a construcción, con uniones de polímero mezclado, y en la figura 12 se aprecia el



espaldar de la silla y los apoyos para la rueda de tracción.

Imagen 12. :Estructura de silla y apoyos.



Fuente: Los autores.

4.5. Instalación del sistema de tracción.

El sistema de tracción del VTH, se definió de acuerdo al diseño realizado, con unas variaciones en la longitud de la cadena y la ubicación de un sistema tensor, para generar un ángulo en el recorrido de la cadena, como se ve en la imagen 13, el pedal se instaló por encima del chasis a la altura superior de las llantas,

Imagen 13: Instalación del pedal.



Fuente: Los autores.

En la imagen 14 se aprecia el chasis terminado, con el montaje del sistema de tracción, que pasa por debajo del chasis, con un tensor y el pedal por encima de la altura de la silla.

Imagen 14 Chasis con sistema de tracción



Fuente: Los autores.

En la imagen 14 también se pueden ver los ejes de la dirección que se decidieron inicialmente, también se indican las partes del vehículo.

4.6. Instalación del sistema de dirección.

De acuerdo al diseño inicial, se buscó usar elementos que facilitarían el desplazamiento, por esta razón se construyeron inicialmente soportes de tenedor para las dos ruedas delanteras, como se aprecia en la imagen 15.

Imagen 15. :VTH terminado con tenedores



Fuente: Los autores.

Sin embargo en las pruebas fallaron los soportes de tenedor, debido a la altura y poco apoyo, por esta razón se cambió el diseño para apoyar todo el chasis en un eje delantero más bajo, de igual manera la dirección se construyó conectando directamente las articulaciones con barras de guadua que se manipulan lateralmente como se puede ver en la imagen 16.



Imagen 16: Sistema de eje y dirección



Fuente: Los autores.

4.7. Instalación de la silla.

Con el chasis terminado y los sistemas de tracción y dirección montados, se procedió a fijar la silla que se diseñó con altura de la espalda de 50X 40 cm. y la base de 40X40 cm. , construida en espuma de densidad media (Naranja), y forrada en material sintético, anclada al chasis mediante correas y seguros, como se observa en la imagen 17 y 18.

Imagen 17: VTH terminado con silla.



Fuente: Los autores.

Imagen 18 : Vista de la silla



Fuente: Los autores.

4.8. Ruedas.

Finalmente, se eligieron tres ruedas del mismo tamaño (27 pulgadas), de esta forma se asegura el avance y la

estabilidad en los giros. Como se puede apreciar en las diferentes figuras que se muestran sobre la construcción, la estabilidad exigió bastante trabajo, durante el desarrollo del vehículo.

5. RESULTADOS OBTENIDOS

Como resultados, se mencionan las características mecánicas del VTH, tanto de construcción, como de rendimiento.

- Peso del VTH: 20 kg.
- Distancia entre ejes: 1,10 m
- Ancho del eje delantero: 0,80 m.
- Avance por cada pedal: 5,3 m.
- Giro mínimo realizado: 3,8 m.
- Peso soportado: 80 kg.

El vehículo ha servido como modelo para cambios más avanzados en la construcción de VTH, en otros materiales y para mejorar características técnicas. En la imagen 19 se observa el VTH terminado con todos los elementos definidos.

Imagen 19: VTH terminado.



Fuente: Los autores.

6. ANÁLISIS DE RESULTADOS

De acuerdo a las evidencias presentadas, se puede establecer que el desarrollo del VTH , se realizó de forma integral, involucrando cálculos y medidas en el diseño y la validación.

Durante la selección de materiales se estudiaron alternativas que involucran, evaluación de propiedades físicas y



mecánicas de los materiales seleccionados, nuevos usos y aprovechamiento de materiales de desecho, todo como alternativa a los medios de transporte actuales y que generan congestiones, con la correspondiente afectación ambiental.

Por lo anterior la presentación de el VTH construido en guadua y unido con polímero reciclado, da respuesta a diversas necesidades de la población en general. Como punto adicional el diseño presenta unas ventajas de comodidad y desarrollo innovador, respondiendo a la búsqueda de alternativas en el transporte.

Los resultados obtenidos se igualan o mejoran los esfuerzos previos (Correa y Ramírez 2017).

Como resumen, se puede afirmar que el desarrollo del Vehículo de Tracción Humana, en materiales de guadua y polímero reciclable, es un trabajo de enseñanza-investigación integral, abarcando campos desde el diseño, materiales, ingeniería, recursos naturales, medio ambiente, movilidad y sociedad.

7. CONCLUSIONES

-El desarrollo de un modelo de VTH hace necesario el trabajo de modelado mecánico, de esta forma se aclaran dudas en cuanto a la construcción y los materiales.

-Un Vth es alternativa de transporte, deporte y salud integral.

-La construcción de vehículos de tracción humana, potencia el cuidado del medio ambiente con el uso de materiales de reciclaje.

-El empleo como ligante o conector que presenta el Polímero en este proyecto es novedoso en el campo de la construcción de mobiliario básico y una

alternativa a productos comerciales que contaminan.

-La adaptación de los sistemas de dirección, tracción y silla en un vehículo de tracción humana, acordes a los diseños y materiales existentes, son una herramienta funcional en el desarrollo de nuevos vehículos.

-El desarrollo de alternativas de transporte y recreación se fortalece con trabajos de nuevos vehículos y materiales, haciendo accesible económicamente estos móviles.

-El uso de la guadua en este trabajo se sale de su función de lujo o artesanal, para convertirse en una alternativa estructural.

-La combinación de las propiedades de la guadua con el Polímero, son una alternativa real y suficiente en el campo de las estructuras.

8. REFERENCIAS.

Acurio, B., Stalin, W., Capilla, P., & Steve, I. (2018). Implementación de una máquina trituradora para el reciclado del material de Tereftalato de Polietileno (Bachelor's thesis, Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi; Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas; Carrera de Ingeniería Electromecánica).

Agurto Salazar, C. A. (2017). Diseño y construcción de una carrocería de un vehículo monoplaza con materiales moldeados reciclables (Bachelor's thesis).

Bustamante, B. P. (2012). La degradación de los plásticos. *Rev. Univ. EAFIT*, 30(94), 67-86.

-Chan Yah R., Interian C., Pereira E., 2012, Informe de la investigación científica de la Península del Yucatán, Universidad de Guadalajara, Centro de





Investigaciones en Ergonomía, Jaguar 2012, Guadalajara, Jalisco, México.

Estupiñan, S. C. M., Galvis, J. S. R., Jaimes, C. J. V., Iguaran, J. A. M., & Cárdenas, J. E. C. (2016). Diseño conceptual, formal y funcional de un vehículo de tracción humana como propuesta de movilidad urbana. *Revista Integra: Investigación Aplicada, Desarrollo Tecnológico e Innovación*, 4(2), 84-105.

GALAN, J. A. C. (2015). Diseño de un cuatriciclo ligero para su homologación (Doctoral dissertation)

García Negrete, A., & Peña Doria, A. A. (2018). Diseño y construcción de un vehículo de tracción humana (VTH), enfocado a la movilidad sostenible y adaptable a las condiciones del terreno en el municipio de Montería (Doctoral dissertation).

Garrido Sorribes, À. (2016). Estudio experimental de desarrollo de plásticos ignífugos (Bachelor's thesis, Universitat Politècnica de Catalunya)

G. Correa-Henao, A. Ramírez-Piñeros, "Prototipo de Bicicleta para Transporte Urbano Individual Sostenible", *Lámpsakos*, no. 17, pp 40-51, 2017
DOI:
<http://dx.doi.org/10.21501/21454086.2055>

Carmenate Milián, Lino Manual de medidas antropométricas / Lino Carmenate Milián, Federico Alejandro Moncada Chévez, Engels Waldemar Borjas Leiva -1 ed. – Costa Rica: SALTRA / IRET-UNA, 2014. 80 p.: il.; 25

cm. (Instituto Regional de Estudios en Sustancias Tóxicas Informes Técnicos IRET; n°19)

García Negrete, A., & Peña Doria, A. A. (2018). Diseño y construcción de un vehículo de tracción humana (VTH), enfocado a la movilidad sostenible y adaptable a las condiciones del terreno en el municipio de Montería (Doctoral dissertation).

Gómez, N. M., Gutiérrez, G., & Vera, F. L. (2016). Evaluación del uso de PET reciclado como componente de mezclas poliméricas para producción de perfiles plásticos. *Informador Técnico*, 80(2), 87. (2016). Evaluación del uso de PET reciclado como componente de mezclas poliméricas para producción de perfiles plásticos. *Informador Técnico*, 80(2), 87.

Iglesias, M., Lesa, A. I., Pérez, C., Mosca, D., & Raimonda, P. (2018). El plástico reforzado con fibra de vidrio. *INNOTEC Gestión*, (8 ene-dic), 56-60.

MIRÓN RASO, V. Í. C. T. O. R. (2016). Puesta en marcha de una extrusora de plástico para la fabricación de filamento destinado a impresoras 3D (Doctoral dissertation).

Mora E., William J., Ramón V., Bladimir A., Ramon V., Fabuer. (2013). Desarrollo de materiales biocompuestos reforzados con fibras naturales colombianas. *Revista Ambiental Agua, Aire y Suelo*. ISSN 1900-9178, 4 (2). pp: 1 – 7.

Químico, I. C., Maire, C. I. S., Cordero, H. P., Abarca, R. Q., & Encina, P. j. (2017). Polímeros compuestos basados en nanoestructura de carbono para desarrollar materiales con memoria de forma. Santiago. Chile.





Villafañe Calvo, I. (2018). Análisis mecánico del material polimérico PET proveniente de botellas de plástico.

