

INFORME DE TRABAJO DE GRADO – MODALIDAD: AUXILIAR DE INVESTIGACIÓN

Presenta:

SEBASTIÁN GARCÍA VELANDIA

SEBASTIÁN CASAS SÁNCHEZ

Director(es):

NELSON IVÁN VILLAMIZAR CRUZ, Ingeniero Mecánico, Docente Investigador

YOLANDA TORRES PÉREZ, Doctora en Ingeniería, Docente Investigadora

Asesora Metodológica:

YENNY MARLEN MANCILLA GONZÁLEZ, Magíster en Metalurgia y Ciencias de los Materiales, Docente Investigadora

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS SECCIONAL TUNJA

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

DIVISIÓN DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA

TUNJA - BOYACÁ

2018

INFORME DE TRABAJO DE GRADO – MODALIDAD: AUXILIAR DE INVESTIGACIÓN

Presenta:

SEBASTIÁN GARCÍA VELANDIA

SEBASTIÁN CASAS SÁNCHEZ

Informe final de la trayectoria investigativa, presentado como trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Mecánico

Director(es):

NELSON IVÁN VILLAMIZAR CRUZ, Ingeniero Mecánico, Docente Investigador

YOLANDA TORRES PÉREZ, Doctora en Ingeniería, Docente Investigadora

Asesora Metodológica:

YENNY MARLEN MANCILLA GONZÁLEZ, Magíster en Metalurgia y Ciencias de los Materiales, Docente Investigadora

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS SECCIONAL TUNJA

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

DIVISIÓN DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA

TUNJA - BOYACÁ

2018

PÁGINA DE ACEPTACIÓN

Jurados:

1. (Nombre de jurado)

Firma presidente jurado

2. (Nombre de jurado)

Firma jurado

3. (Nombre de jurado)

Firma jurado

Tunja, ()

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Dios en primer lugar, por otorgar la vida necesaria para poder desarrollar el conocimiento y la investigación, a nuestros padres por brindar el soporte de vida, afecto, y que mantienen la motivación por seguir adelante en todos los proyectos profesionales y de vida.

A la Universidad Santo Tomás Seccional Tunja, por brindar la oportunidad de emprender una carrera no solo por el título sino por la adquisición de conocimientos para ser mejores profesionales, en especial a la Facultad de Ingeniería Mecánica y todo su estatuto docente; al decano, el Ingeniero Alonso Hernández por brindar la oportunidad de iniciar y finalizar la carrera como ingenieros mecánicos, al Ingeniero Nelson Iván Villamizar por ofrecer la oportunidad y acompañarnos durante todo el proceso investigativo y en especial a la Doctora, Ingeniera Yolanda Torres por guiar todo este proceso investigativo de la mejor y más enriquecedora manera.

A Juan David Daza por brindar las ideas y conocimientos de APH y manejo de camillas, a la Cruz Roja Colombiana Seccional Tunja y a la UPTC por brindar la oportunidad de acceder a sus instalaciones para desarrollar y recolectar parte del proceso investigativo.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	11
RESUMEN	15
1. RESUMEN DE ACTIVIDADES 2015	16
1.1. DISEÑO Y SIMULACIÓN DE ESTRUCTURAS	16
1.2. PONENCIAS	18
1.3. PROCESO EXPERIMENTAL	21
2. RESUMEN DE ACTIVIDADES 2016	28
2.1. DISEÑO Y SIMULACIÓN DE ESTRUCTURAS	28
2.2. PROCESO EXPERIMENTAL	31
2.3. PONENCIAS	34
3. RESUMEN DE ACTIVIDADES 2017	36
3.1. DISEÑO Y SIMULACIÓN DE ESTRUCTURAS	36
3.2. PONENCIAS	42
4. RESUMEN DE ACTIVIDADES 2018	50
4.1. PROCESO EXPERIMENTAL	50
4.2. TRABAJOS ESCRITOS	52
CONCLUSIONES	53
REFERENCIAS	54

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Plano múltiples vistas del primer diseño de una Camilla Cuchara a base de bambú en Autodesk Inventor	16
Figura 2. Plano acotado del primer diseño de una Camilla Cuchara a base de bambú en Autodesk Inventor	17
Figura 3. Portada de presentación oral para el XIII encuentro regional de semilleros de investigación REDCOLSI	18
Figura 4. Póster para la segunda feria de ciencias Universidad Santo Tomás Tunja	19
Figura 5. Póster día del Boyacencismo 27 de noviembre 2015 Unicentro Tunja	20
Figura 6. Corte de bambú	21
Figura 7. Unión de bambú en ángulo	21
Figura 8. Fabricación de probetas para ensayo de tracción	22
Figura 9. Probetas para ensayo de tracción terminadas	22
Figura 10. Ensayo de tracción	23
Figura 11. Ensayo de compresión	24
Figura 12. Ensayo de flexión	25
Figura 13. Termografía aplicada al ensayo de tracción	26
Figura 14. Grafica de proceso del ensayo de tracción	26
Figura 15. Doblado de bambú por llama directa	27
Figura 16. Doblado de bambú terminado	27
Figura 17. Segundo diseño de una Camilla Cuchara a base de bambú en Autodesk Inventor	28
Figura 18. Simulación de deformación elástica para la camilla retraída en Autodesk Inventor	29

Figura 19. Simulación de deformación elástica para la camilla extendida en Autodesk Inventor	30
Figura 20. Uniones en ángulo a partir de fibra de vidrio	31
Figura 21. Calentamiento de extrusora para polímeros PET y de molde para uniones mediante soplete	31
Figura 22. Funcionamiento de extrusora para polímeros PET	32
Figura 23. Aplicación de PET extruido en los moldes precalentados para una unión de bambú	32
Figura 24. Unión ángulo a partir de polímeros PET para dos secciones de bambú	33
Figura 25. Ponencia en el 1er Encuentro Regional de Semilleros de Investigación por la USTA Tunja	34
Figura 26. Ponencia en el 1er Encuentro Regional de Semilleros de Investigación por la USTA Tunja	35
Figura 27. Camilla cuchara propiedad de la Cruz Roja Colombiana Seccional Tunja	36
Figura 28. Broches cerrados de la camilla cuchara propiedad de la Cruz Roja Colombiana Seccional Tunja	37
Figura 29. Broches abiertos de la camilla cuchara propiedad de la Cruz Roja Colombiana Seccional Tunja	37
Figura 30. Tercer diseño de una Camilla Cuchara a base de bambú en Autodesk Inventor: camilla extendida	38
Figura 31. Tercer diseño de una Camilla Cuchara a base de bambú en Autodesk Inventor: camilla retraída	38
Figura 32. Tercer diseño de una Camilla Cuchara a base de bambú en Autodesk Inventor: uniones y espaldar	39
Figura 33. Tercer diseño de una Camilla Cuchara a base de bambú en Autodesk Inventor: broches de cierre	39

Figura 34. Simulación mediante elementos finitos de una camilla cuchara de bambú en NX 8.5: desplazamiento nodal	40
Figura 35. Simulación mediante elementos finitos de una camilla cuchara de bambú en NX 8.5: esfuerzo nodal	41
Figura 36. Simulación mediante elementos finitos de una camilla cuchara de bambú en NX 8.5: esfuerzo nodal máximo	41
Figura 37. Ponencia oral en el IV Encuentro Internacional de Semilleros de Investigación y Grupos de Estudio en Ingeniería Mecatrónica y Afines en la Universidad Piloto de Colombia 2017	42
Figura 38. Foto grupal de ponentes de la USTA Tunja en el IV Encuentro Internacional de Semilleros de Investigación y Grupos de Estudio en Ingeniería Mecatrónica y Afines en la Universidad Piloto de Colombia 2017	43
Figura 39. Poster instalado para el III Encuentro Ciencia, Mujer y Tecnología 2017 en la Universidad Santo Tomás Tunja	44
Figura 40. Carta de aceptación para participar en el IMRC 2017 en Cancún México	46
Figura 41. Carta de aceptación para participar en el CCMN 2017	47
Figura 42. Poster del proyecto: “DISEÑO CONCEPTO EN CAD DE UNA CAMILLA CUCHARA LIVIANA A BASE DE GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH” instalado en el XI Congreso Colombiano de Métodos Numéricos 2017 en la Universidad Industrial de Santander	49
Figura 43. Fundición de polímeros PET en recipiente metálico para Moldearlos	50
Figura 44. Moldeo de PET fundido por medio de estufa eléctrica	51
Figura 45. Ensamblaje de las juntas en bambú durante el moldeo	51
Figura 46. Carta de aceptación artículo para revista Ingenio Magno 9.1	52

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Resultados de la resistencia mecánica en prueba de tracción	23
Tabla 2. Resultados de la resistencia mecánica en prueba de compresión	24
Tabla 3. Resultados de la resistencia mecánica en prueba de flexión	25

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO A. PRIMERA ENTREGA DEL ARTICULO “PROTOTIPO Y SIMULACIÓN CAD DE UNA CAMILLA TIPO CUCHARA A BASE DE GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH” PRESENTADO PARA LA REVISTA: INGENIO MAGNO 9.1	A1
ANEXO B: CERTIFICADO DE PARTICIPACIÓN REDCOLSI 2015	A15
ANEXO C. CERTIFICADO DE PARTICIPACIÓN EN LA SEGUNDA FERIA DE CIENCIAS DE LA USTA TUNJA 2015	A17
ANEXO D. CERTIFICADO DE PONENCIA DEL EL 1ER ENCUENTRO REGIONAL DE SEMILLEROS DE INVESTIGACIÓN POR LA USTA TUNJA 2016	A18
ANEXO E. CERTIFICADO DEL IV ENCUENTRO NACIONAL DE GRUPOS Y SEMILLEROS 2016	A20
ANEXO F. CERTIFICADO DE PARTICIPACION EN EL XXV EXPODIME EN MÉXICO	A21
ANEXO G. CERTIFICADO DEL IV ENCUENTRO INTERNACIONAL DE SEMILLEROS DE INVESTIGACIÓN Y GRUPOS DE ESTUDIO EN INGENIERÍA MECATRÓNICA Y AFINES EN LA UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA 2017	A22
ANEXO H. CERTIFICADO DEL EL III ENCUENTRO CIENCIA, MUJER Y TECNOLOGÍA 2017	A24

ANEXO I. CERTIFICADO DEL XI CONGRESO COLOMBIANO DE MÉTODOS NUMÉRICOS 2017	A26
ANEXO J. CERTIFICADO DEL PRIMER ENCUENTRO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN UNIVERSITARIA 2017 EN LA CÁMARA DE COMERCIO DE TUNJA	A27

GLOSARIO

CORROSIÓN: Proceso de deterioro de materiales metálicos mediante reacciones químicas y electroquímicas, debido a que estos materiales buscan alcanzar un estado de menor potencial energético. (Salazar, 2015)

CULMO: Diafragma que separa las fibras del bambú para generar más rigidez en el tallo. El culmo está compuesto por 50% de parénquima, 41% de fibra y 9% de tejido conductivo. Las fibras miden en promedio 2,152 mm de longitud, 13,68 µm de diámetro, 3,29 µm de diámetro de lumen y 10,39 µm de grosor de pared. (Zaragoza, 2014)

DEFORMACIÓN PLÁSTICA: Modo de deformación en que el material no regresa a su forma original después de retirar la carga aplicada. Esto sucede porque en la deformación plástica el material experimenta cambios termodinámicos irreversibles y adquiere mayor energía potencial elástico. (Domingues, 2018)

ESBELTEZ: característica mecánica de las barras estructurales o prismas mecánicos que relaciona la rigidez de la sección transversal de una pieza prismática con su longitud total. (Bolívar, 2018)

GRAMÍNEA: Familia de plantas herbáceas o muy raramente leñosas (bambúes). Están emparentadas con familias pequeñas poco conocidas, como las Restionáceas y las Joinvilleaceas, todas ellas pertenecientes a las monocotiledonáceas (GPWG, 2001)

GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH: nombre científico del Bambú. Es una planta de especie botánica de la subfamilia de las gramíneas Bambusoideae, que tiene su hábitat en la selva tropical húmeda a orillas de los ríos como en Colombia, México y Costa Rica o en el continente de Asia como Indochina

LIGNOCELULÓSICO: principal componente de la pared celular de las plantas, esta biomasa producida por la fotosíntesis es la fuente de carbono renovable más prometedora para solucionar los problemas actuales de energía. (Duque, 2017)

PET (Tereftalato de Polietileno): poliéster, comúnmente llamado PET, que pertenece a la familia de los termoplásticos, es decir, aquellos materiales que pueden ser moldeados cuando se calientan, pudiendo repetir este ciclo infinitas veces. (SEDA, 2008)

RESISTENCIA MECÁNICA: Se define como la capacidad de los cuerpos para soportar las fuerzas aplicadas sin romperse o sin pasar el límite de plasticidad del material. La resistencia mecánica de un cuerpo depende de su material y de su geometría.

INTRODUCCIÓN

La ingeniería, cuya base fundamental es la ciencia de la física, química y matemática, no se limita únicamente a estas ciencias, en especial la ingeniería mecánica que abarca muchas más ciencias como la inteligencia cognitiva, el raciocinio, la ética y la esencia del ser humano en general; son los fundamentos que forman la ingeniería donde, se es capaz de buscar y resolver problemas que envuelven a la sociedad.

Uno de estos problemas y que está ahogando al mundo moderno es la demanda de materiales, ya sean metálicos o polímeros plásticos, los cuales traen consigo problemas que fomentan la crisis ambiental que actualmente sufre el planeta, alterando los ecosistemas y la vida terrestre.

La *Guadua Angustifolia Kunth*, es un recurso muy abundante en muchas zonas del planeta, entre ellas Colombia donde, la mayoría de plantaciones se ubican en el eje cafetero, pero, en Boyacá también existen muchas fuentes para el aprovechamiento de esta planta. (Hidalgo López, 1981)

En las últimas décadas, gracias a la experimentación y diseño realizados por arquitectos e ingenieros de renombre nacional e internacional, este interesante material pasó a considerarse como insumo de construcción y diseño de nuevas edificaciones de gran valor estético y arquitectónico.

El bambú es una planta con características especiales, con elevadas propiedades de resistencia mecánica, relación de rigidez y módulo de elasticidad, la cual puede ser usada como material en la edificación de espacios, no solo desde el campo del diseño arquitectónico, sino en construcciones de bajo costo que prioricen el cuidado del medio ambiente, así como soporte en el desarrollo de economías en vías de desarrollo.

Es un insumo altamente competitivo cuando se compara con los materiales tradicionales, basta decir que posee características mecánicas de esfuerzo y resistencia interesantes en relación con su peso y extrema ligereza, lo que hace que se le conozca también como el “acero orgánico”.

Mientras que un árbol requiere entre 12 y 15 años para ser cortado, el bambú puede ser utilizado como insumo a los tres años, y después cada año se puede aprovechar nuevo material (hijuelos maduros). Puede ser comparado con la fibra de carbono por su esbeltez, ligereza y gran resistencia, además de que es un excelente absorbedor de CO₂ (Dióxido de carbono) durante todo su ciclo de vida.

El bambú también funciona como reserva hídrica, ya que la planta retiene grandes cantidades de agua, limpiándola naturalmente en sus microfibras hasta regresarla a los mantos acuíferos según el Dr. Gerardo J. Arista González y Ricardo Ortiz, en su artículo de investigación titulado “Características físicas y mecánicas del bambú para el diseño de estructuras y construcciones sustentables.”

La *Guadua angustifolia* Kunth, el nombre científico del Bambú, este compuesto por fibras unidireccionales paralelas, lo que genera una resistencia máxima a la flexión de 36 MPa de esfuerzo ejercido perpendicularmente; es por esto, que este material se ha llegado a utilizar en la construcción de puentes según O. Hidalgo López en su artículo titulado “Manual de construcción con bambú: Construcción rural 1”.

Según L. A. Cely Moreno, W. G. Rojas y O. J. Gutiérrez Junco, la caracterización de propiedades mecánicas del bambú son de gran resistencia, lo suficiente para ser utilizada como material de construcción como bases de vigas o techos en la construcción de una casa, donde ha tenido gran acogida en las zonas húmedas como el pueblo de Miraflores-Boyacá, debido a la escasez económica de los campesinos, también lo trabajan en manualidades de ornamentación. Este tipo de planta Gramínea es llamada “El acero colombiano”; según el artículo titulado “Caracterización de la *Guadua Angustifolia* Kunth cultivada en Miraflores (Boyacá)”.

Respecto a la atención pre hospitalaria (APH) con ayudas técnicas, en las actuales unidades de soporte vital básico o avanzado, el profesional de la asistencia pre hospitalaria de emergencias, dispone de un verdadero arsenal de dispositivos, donde se destacan las ayudas técnicas, entre ellas la camilla cuchara, y procedimientos que pueden emplearse para la movilización e inmovilización de los pacientes traumáticos, como lo indica Francisco Martín Rodríguez en su artículo titulado “Comparación del modelo de camilla cuchara ferno con la tabla de inmovilización larga para la inmovilización de la columna vertebral”.

Es por esto, que la camilla cuchara entra en un rol bastante importante del tema del transporte a pacientes con lesiones en la zona raquídea medular; este tipo de ayuda técnica consta de dos perfiles iguales unidos por medio de un broche con regulación longitudinal y acoplado a un espaldar de superficie voluminosa, ideal para el acoplamiento de la columna vertebral.

La camilla cuchara se utiliza en la recogida y traslado del paciente hasta la ambulancia y desde ésta hasta el servicio de urgencias del hospital. En el mercado, los dos modelos más usados son de material de aluminio y de plástico, estos, son materiales con propiedades de resistencia mecánica que oscilan entre 0.15 a 0.225 Mpa para el caso de la resistencia mecánica de flexión. Así mismo cuenta con propiedades de gran ligereza, lo que beneficia de gran manera a los operarios que lo manejan.

El manejo pre hospitalario es muy riguroso en cuanto a los equipos de traslado, por lo que camillas cuchara como la camilla tipo ferno, o spencer sx, son hechas a base de aluminio ligero y plásticos, pero son demasiado costosas respecto a la *Guadua Angustifolia Kunth*.

Según el plan de emergencias y contingencias del Ministerio de tecnologías de la información y las comunicaciones, la atención en Primeros Auxilios se debe contar con una camilla tipo FEL (Férula Espinal Larga) plástica ubicada en cada uno de los pisos al lado de los ascensores y capacitar continuamente a los brigadistas en su uso en caso de emergencia; al acatar esta normativa al proyecto, las entidades

públicas y privadas de zonas con escasos recursos económicos podrán acoplar al uso de la camilla cuchara a base de la *Guadua Angustifolia Kunth* en cada piso, teniendo un plan de emergencias y primeros auxilios, ahorrando dinero, compitiendo con dotaciones hechas de materiales mucho más costosos, incluso brindando un toque rustico y austero.

Con los factores mencionados de resistencia mecánica y ligereza, se ideó construir una camilla cuchara a base de un material sustentable y de gran abundancia en la región de Boyacá, como el bambú, contando con la resistencia mecánica a la flexión suficiente para cargar a un paciente de 80 Kg. Es una idea innovadora de gran impacto en la región Boyacense, debido a que los factores principales que debe tener este tipo de camilla es una reducción de kilogramos de peso, estética en la presentación de ésta, reducción de costos y en base al diseño y funcionalidad poder mantener la resistencia mecánica para soportar al paciente en comparación a las camillas convencionales.

RESUMEN

En este informe se aprecia una recopilación de todo el procedimiento investigativo en relación a las ayudas técnicas en base a *Guadua Angustifolia Kunth*, perteneciente al semillero de Biomecánica del grupo GIDINT, a lo largo de la carrera de Ingeniería Mecánica en la Universidad Santo Tomás Tunja.

El proceso investigativo abarcó un periodo que inició en el primer semestre de 2015 y finalizó en el primer semestre de 2018 donde, como objetivo y reto en la ingeniería, se quiso plantear la *Guadua Angustifolia Kunth* como material estructural para ayudas técnicas como camillas, especialmente la camilla tipo cuchara.

La idea inició planteando una ayuda técnica que, para este proyecto se escogió la camilla tipo cuchara, muy utilizada en atención pre hospitalaria (APH) a accidentes que comprometan el sistema nervioso central a través de lesiones a nivel cervical, en donde la *Guadua Angustifolia Kunth*, siendo un tipo de bambú, se tomó como referencia para implementar en una camilla tipo cuchara.

Como productos de investigación se realizaron ponencias, redacción de artículos, entre otros temas que se abarcaron en este semillero para dar excelentes resultados frente a la principal problemática, reducir tanto costos de la ayuda técnica como peso en kilogramos en toda la estructura de la camilla cuchara.

Para este proceso fue necesaria la búsqueda de fuentes, el diseño y simulación de prototipos, experimentación con bambú y finalmente la explicación de resultados a través de ponencias, en un largo proceso de tres años que concluyen en este informe detallado a continuación.

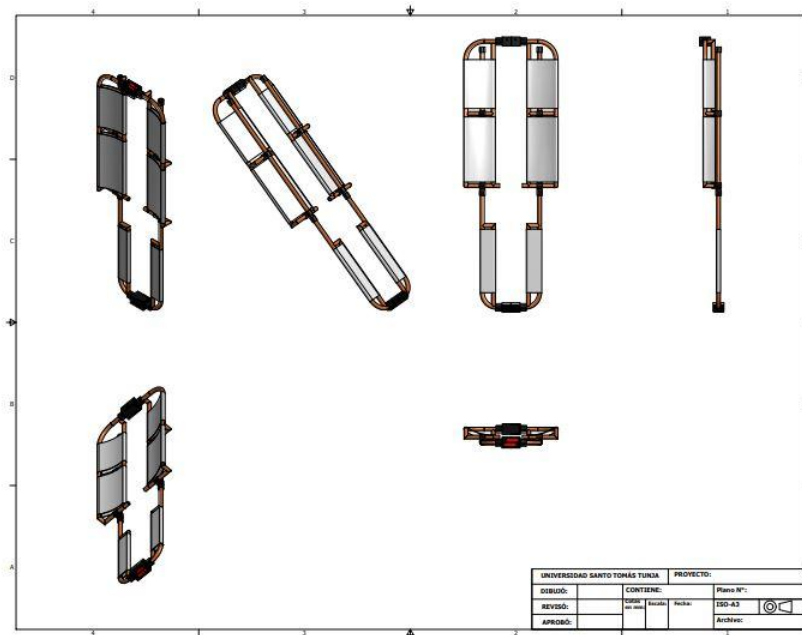
1. RESUMEN DE ACTIVIDADES 2015

1.1. DISEÑO Y SIMULACIÓN DE ESTRUCTURAS

El proceso investigativo se inició con la tutoría y dirección total del Ingeniero Nelson Iván Villamizar Cruz, docente de la facultad de Ingeniería Mecánica de la Universidad Santo Tomás Tunja donde, aquí se planteó una ayuda técnica utilizando biomateriales mecánicamente resistentes y económicamente asequibles, así que se propuso la idea de diseñar y construir una camilla tipo cuchara con base estructural de bambú.

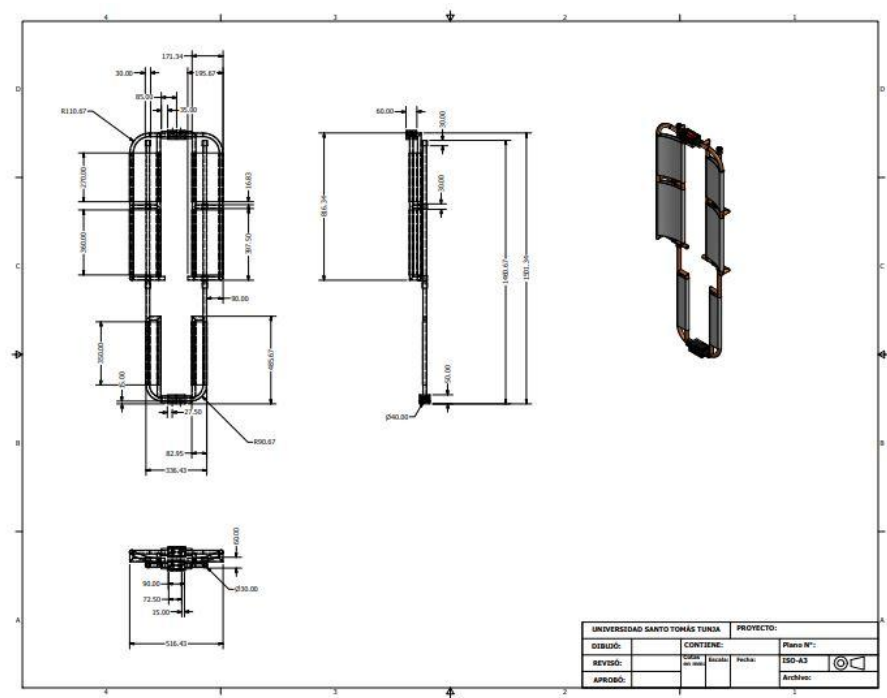
Como primer concepto se planteó dentro de las ayudas técnicas, herramientas para rescate y transporte de pacientes como camillas que entre los tipos de estas existe la camilla cuchara, presentada en base de bambú como concepto preliminar, la cual fue diseñada en el software de Autodesk para ingeniería, Inventor Professional, donde se obtuvo el diseño CAD y un plano con sus respectivas vistas observadas en la figura 1, y un plano con acotaciones observadas en la figura 2.

Figura 1. Plano múltiples vistas del primer diseño de una Camilla Cuchara a base de bambú en Autodesk Inventor



Fuente: Autores

Figura 2. Plano acotado del primer diseño de una Camilla Cuchara a base de bambú en Autodesk Inventor



Fuente: Autores

1.2. PONENCIAS

El primer evento en el que se participó fue en el XIII encuentro regional de semilleros de investigación REDCOLSI, celebrado en los días 13, 14 y 15 de mayo de 2015 en la Universidad de Boyacá sede Sogamoso. En la figura 3 se observa la portada de la presentación en modalidad de ponencia oral con la que se participó con el proyecto: Camilla cuchara a base de guadua.

Figura 3. Portada de presentación oral para el XIII encuentro regional de semilleros de investigación REDCOLSI



Fuente: Autores

El segundo evento fue la feria de ciencias desarrollada en la Universidad Santo Tomás Tunja en la sede centro el día 28 de octubre de 2015, donde se dieron a conocer todos los proyectos de las ingenierías incluyendo los semilleros de investigación. En la figura 4 se muestra el poster presentado en conjunto con el semillero de ayudas técnicas cuyo proyecto fue: Diseño y construcción de ayudas técnicas para personas en condición de discapacidad a partir de la caracterización de la guadua.

Figura 4. Póster para la segunda feria de ciencias Universidad Santo Tomás Tunja



Fuente: Autores

El siguiente evento en el que se participó fue en el día del Boyacencismo celebrado el 27 de noviembre de 2015 en Unicentro Tunja donde se presentó el póster llamado: Camilla cuchara a base de bambú, mostrado en la figura 5.

Figura 5. Póster día del Boyacencismo 27 de noviembre 2015 Unicentro Tunja



Fuente: Autores

1.3. PROCESO EXPERIMENTAL

Para el primer semestre de 2015, específicamente en mayo, se inició con la experimentación de uniones en ángulo para secciones de bambú de 1pulg a 1.5pulg de diámetro, enfocando las uniones hacia la aplicación en una camilla tipo cuchara en base estructural de bambú.

En la figura 6 se observa el proceso de corte a 45° de una sección de bambú con una amoladora manual, mientras en la figura 7 se observa la unión en ángulo ya terminada pero unida por clavos.

Figura 6. Corte de bambú



Fuente: Autores

Figura 7. Unión de bambú en ángulo



Fuente: Autores

En el segundo semestre de 2015 a mediados del mes de septiembre se inició el proceso de experimentación a través de ensayos destructivos a probetas de bambú determinadas por la Norma Técnica Colombiana NTC 5525. Se inició con la fabricación de las probetas según lo indica la norma, en la figura 8 se observa el proceso de fabricación de las probetas del ensayo por tracción, mientras en la figura 9 se observan las probetas ya terminadas.

Figura 8. Fabricación de probetas para ensayo de tracción



Fuente: Autores

Figura 9. Probetas para ensayo de tracción terminadas



Fuente: Autores

Los días 19 y 20 de octubre se realizaron los ensayos destructivos a las probetas de bambú determinadas por la Norma Técnica Colombiana NTC 5525 en una máquina universal de ensayos destructivos certificada y referencia: Shimadzu UH50KNI. En la figura 10 se observa el procedimiento del ensayo de tracción de una de las 6 probetas utilizadas que, según la norma la velocidad del cabezal de la máquina para la prueba debe ser de 0,6mm/min.

Figura 10. Ensayo de tracción



Fuente: Autores

Para este ensayo y como se puede apreciar en la Tabla 1, la carga máxima de 10,016 KN, generó un esfuerzo máximo de 219,785 MPa.

Tabla 1. Resultados de la resistencia mecánica en prueba de tracción

Probeta	Esfuerzo (Mpa)	Alargamiento (mm)	Carga (KN)	Velocidad (mm/min)
1	151,5151515	6,302	7,5	0,6
2	78,36419753	5,608	6,348	0,6
3	175,7392473	7,174	8,172	1
4	196,2365591	6,636	9,125	5
5	219,7856046	8,55	10,016	8
6	134,6700175	5,386	7,703	15

Fuente: Autores

En la figura 11 se observa el ensayo de compresión que, al igual que el ensayo por tracción la velocidad del cabezal debe ser de 0,6mm/min, y al igual que en las dos pruebas anteriores, se utilizaron 6 probetas.

Figura 11. Ensayo de compresión



Fuente: Autores

Como se puede apreciar en la Tabla 2, la carga de esfuerzo máxima para este ensayo fue de 31.844 KN generando un esfuerzo de 29,616 MPa.

Tabla 2. Resultados de la resistencia mecánica en prueba de compresión

Probeta	Esfuerzo (Mpa)	Alargamiento (mm)	Carga (KN)	Velocidad (mm/min)
1	29,267	1,106	29,625	0,6
2	27,236	1,282	28,969	0,6
3	29,406	1,518	30,266	0,6
4	24,478	1,446	22,094	0,8
5	29,616	1,046	31,844	1
6	28,133	0,924	25,844	1,2

Fuente: Autores

En la figura 12 se observa el procedimiento del ensayo de flexión que, según la norma, la velocidad para este ensayo debe ser de 30mm/min, de igual forma se experimentó con 6 probetas.

Figura 12. Ensayo de flexión



Fuente: Autores

Como se puede apreciar en la Tabla 3, la carga de esfuerzo máxima para este ensayo fue de 3.86 KN generando un esfuerzo de 189 KPa.

Tabla 3. Resultados de la resistencia mecánica en prueba de flexión

Probeta	Esfuerzo (Mpa)	Alargamiento (mm)	Carga (KN)	Velocidad (mm/min)
1	0,102	17,204	2,203	0,6
2	0,189	26,692	3,86	5
3	0,0955	16,554	2,063	7
4	0,0565	12,594	1,188	10
5	0,0744	11,024	1,25	12,5
6	0,1295	22,82	2,875	15

Fuente: Autores

A partir del artículo: “Alcance de la termografía infrarroja en la evaluación no destructiva de las estructuras de madera”, se quiso experimentar con el método de la termografía infrarroja aplicándolo a ensayos destructivos como los mencionados anteriormente, y realizar un comparativo entre el esfuerzo mecánico y la generación de calor de las probetas a través de su comportamiento físico-mecánico. El análisis termo grafico se aplicó por medio de una cámara infrarroja Flir E30, la cual capturó las imágenes termográficas de todos los ensayos aplicados a cada una de las probetas, en la figura 13 se observa el ejemplo con una termografía aplicada a una de las 6 probetas en el ensayo de tracción.

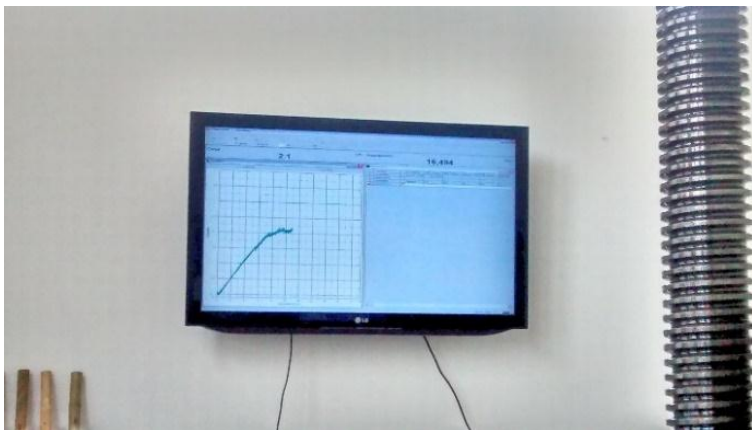
Figura 13. Termografía aplicada al ensayo de tracción



Fuente: Autores

Durante los ensayos destructivos se pudo observar el comportamiento mecánico de esfuerzo y deformación de la probeta en tiempo real a través de una gráfica generada por la máquina universal que acoplada a un software en computadora, se pudo observar en un monitor externo como el que se observa en la figura 14, el cual es uno de los 6 ensayos de tracción.

Figura 14. Grafica de proceso del ensayo de tracción



Fuente: Autores

Para el mes de diciembre se decidió seguir con la experimentación de uniones, pero para éste caso se quiso experimentar con el doblado del bambú una técnica que, si se realiza adecuadamente, puede ahorrar técnicas de uniones en ángulo para secciones de bambú. Para este caso se experimentó con la técnica de doblado por llama, donde el interior de la caña de bambú contiene arena para evitar una deformación asimétrica en la forma tubular de la caña durante su doblado.

Se inició perforando los nodos en el interior de la caña con una vara metálica, con el fin de rellenar con arena la caña, posteriormente se calentó la zona del dobléz, por medio de una llama proveniente de un soplete y paralelo a esto, se fue doblando el bambú desde los extremos poco a poco, como se observa en la figura 15.

Figura 15. Doblado de bambú por llama directa



Fuente: Autores

Finalmente se obtuvo un ligero doblado de la caña de bambú, pero no como se deseó a 90° ya que, la caña sufrió deformaciones permanentes a causa de fisuras y también porque la arena no fue suficiente para evitar las fracturas axiales del material. En la figura 16 se observa el doblado final, el cual no fue el esperado.

Figura 16. Doblado de bambú terminado



Fuente: Autores

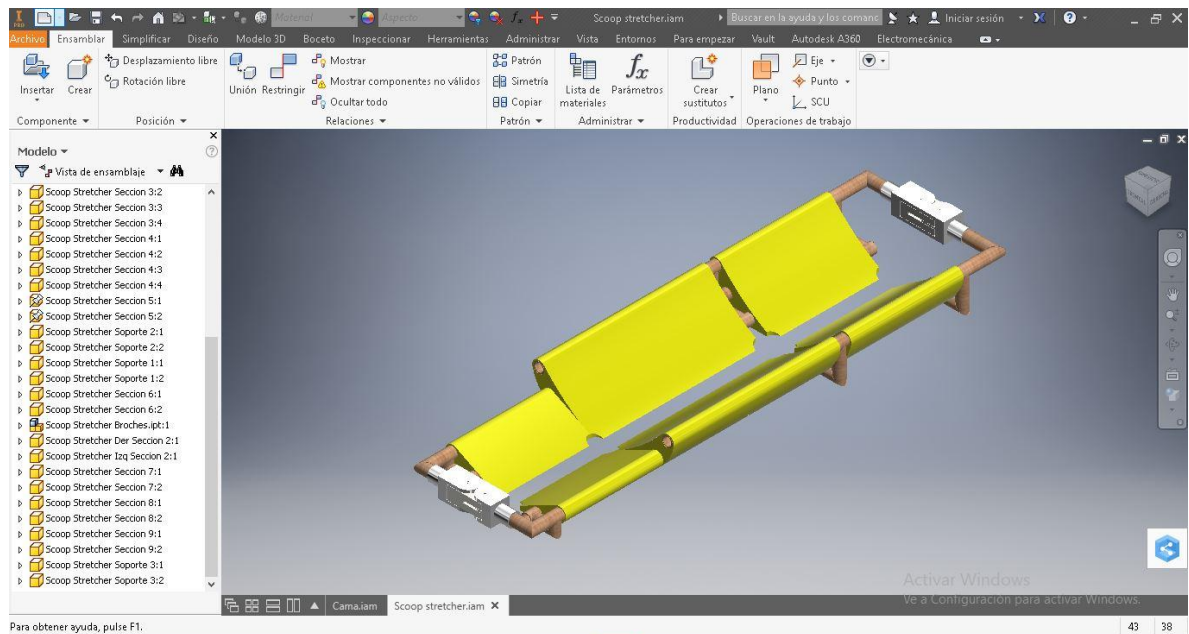
2. RESUMEN DE ACTIVIDADES 2016

2.1. DISEÑO Y SIMULACIÓN DE ESTRUCTURAS

Para el primer semestre de 2016, se hizo un rediseño del primer concepto de la camilla cuchara de las figuras 1 y 2, mostrado en la figura 17, donde se observa el rediseño de la camilla cuchara, planteando uniones en ángulo en lugar de un doblado como el que presenta el primer diseño ya que, como se pudo observar en las figuras 15 y 16, el doblado de bambú no es el adecuado y si se quiere realizar un doblado perfecto hay que recurrir a técnicas por profesionales en el área.

De igual forma se rediseñaron los broches y las secciones para espalda y pies, tomando como punto de partida el diseño y funcionalidad de la camilla de propiedad de la Cruz Roja Colombiana seccional Tunja la cual se compone de aluminio casi en su totalidad, pero a diferencia de ésta, se planteó la implementación de polímero PET para las secciones de espalda y pies.

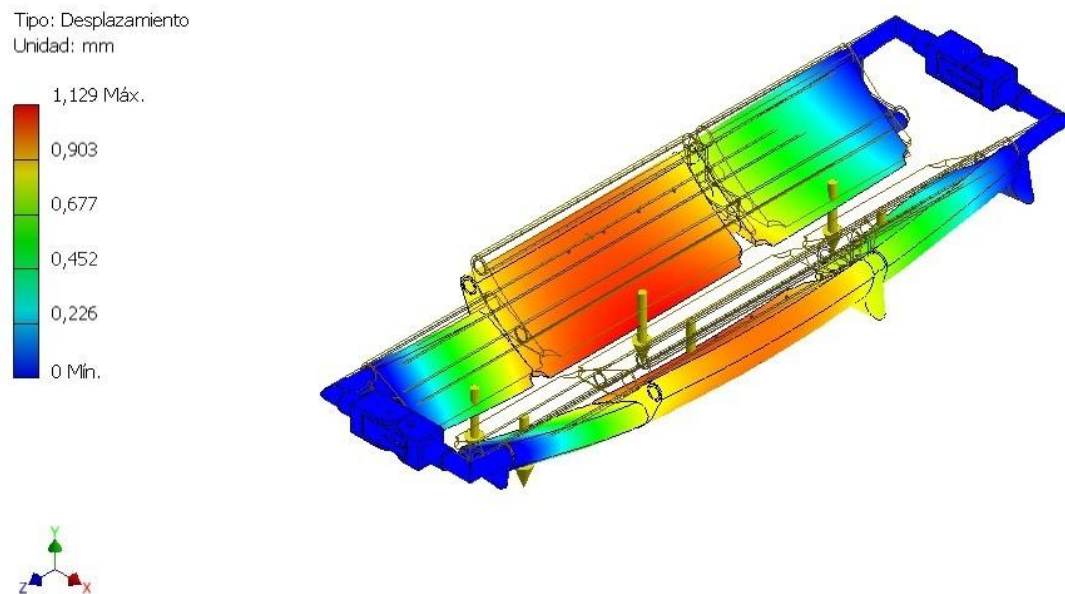
Figura 17. Segundo diseño de una Camilla Cuchara a base de bambú en Autodesk Inventor



Fuente: Autores

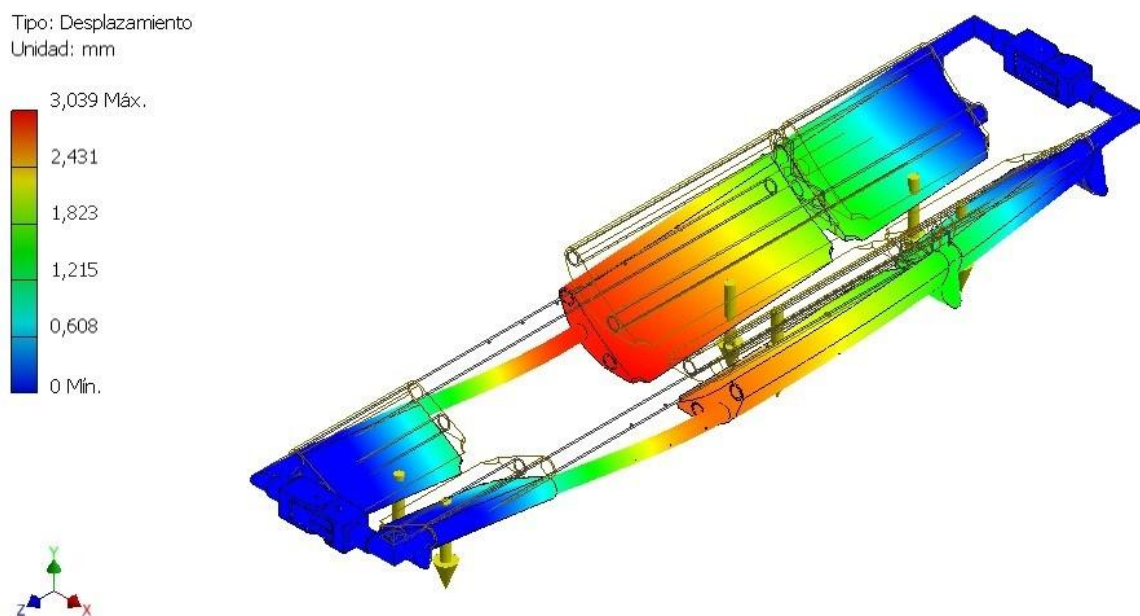
En las figuras 18 y 19 se observa una simulación estática de cargas generada por Autodesk Inventor aplicada a la camilla diseñada, pero ya que éste software no arroja resultados tan precisos como si se hiciera en un software con capacidad para modificar y analizar un objeto mediante elementos finitos, sus resultados aproximados permitieron observar los puntos críticos de la deformación elástica de la camilla cuchara a base de bambú, donde el diseño al cual se le aplicó una carga distribuida de 0,8 KN (fuerza del peso promedio de un paciente), sufrió deformaciones máximas de 1,129 mm a 3,039 mm para la camilla retraída como extendida respectivamente.

Figura 18. Simulación de deformación elástica para la camilla retraída en Autodesk Inventor



Fuente: Autores

Figura 19. Simulación de deformación elástica para la camilla extendida en Autodesk Inventor



Fuente: Autores

2.2. PROCESO EXPERIMENTAL

En marzo de 2016 se inició con el proceso experimental de uniones en fibra de vidrio, se realizó la visita a un taller de fibra de vidrio, donde un experto en trabajar este material permitió aprender sobre el proceso y crear dos uniones experimentales en ángulo, las cuales quedaron muy rígidas y resistentes como se observa en la figura 20, pero una desventaja es el incremento de peso de las mismas, las cuales no favorecerían en implementarlas en una camilla cuchara

Figura 20. Uniones en ángulo a partir de fibra de vidrio



Fuente: Autores

Para mayo de 2016 se inició con la experimentación de uniones a partir de la extrusión de polímeros PET en una máquina experimental, propiedad de la facultad de Ingeniería Mecánica de la Universidad Santo Tomás, en la que se pudo extrudir gránulos de PET para adaptarlos a una unión en ángulo por medio de un molde que es previamente calentado por soplete como se observa en la figura 21.

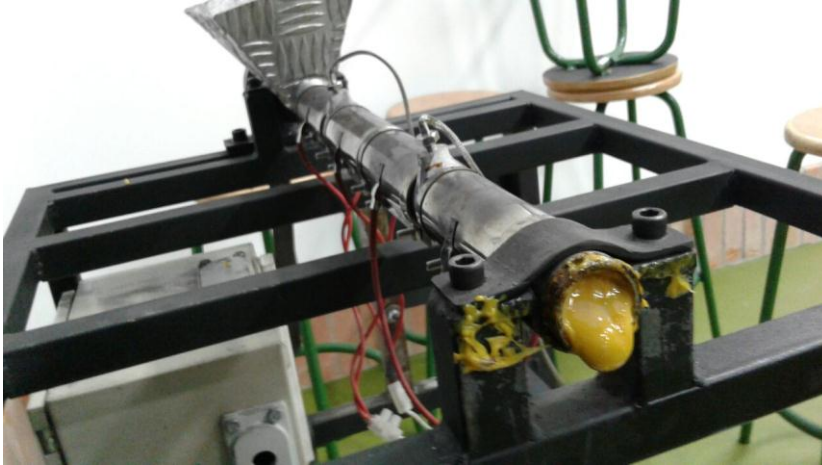
Figura 21. Calentamiento de extrusora para polímeros PET y de molde para uniones mediante soplete



Fuente: Autores

En la figura 22 se observa el calentamiento previo de la extrusora, igualmente el punto de fluidez de los polímeros PET.

Figura 22. Funcionamiento de extrusora para polímeros PET



Fuente: Autores

Una vez precalentados los moldes y la extrusora, se inicia con el proceso de lubricación del molde y aplicación de los polímeros extruidos como se observa en la figura 23.

Figura 23. Aplicación de PET extruido en los moldes precalentados para una unión de bambú



Fuente: Autores

Finalmente, en la figura 24 se puede apreciar la unión desmoldada y solidificada, permitiendo obtener una unión resistente, liviana y ambientalmente sostenible ya que, los materiales se obtienen del proceso de reciclaje.

Figura 24. Unión ángulo a partir de polímeros PET para dos secciones de bambú



Fuente: Autores

2.3. PONENCIAS

El 26 de agosto de 2016 se realizó el primer encuentro regional de semilleros de investigación por la Universidad Santo Tomás Tunja en la sede campus, donde participaron estudiantes de la UPTC, la misma Universidad Santo Tomás y otras universidades, donde se dio la posibilidad de participar con la ponencia: “APROXIMACIÓN A LA FLEXIÓN DE LA GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH PARA IMPLEMENTARLA EN UNA CAMILLA CUCHARA”. En las figuras 25 y 26 se observa la presentación en modalidad de ponencia oral, donde finalmente se dio la posibilidad para clasificar en el encuentro nacional de semilleros de investigación.

Figura 25. Ponencia en el 1er Encuentro Regional de Semilleros de Investigación por la USTA Tunja



Fuente: Ing. Yolanda Torres

Figura 26. Ponencia en el 1er Encuentro Regional de Semilleros de Investigación por la USTA Tunja



Fuente: Ing. Yolanda Torres

El 22 y 23 de Septiembre se realizó el IV encuentro nacional de grupos y semilleros de investigación realizado por la Universidad Santo Tomás Tunja en la Cámara de Comercio de Tunja, donde participaron universidades a nivel nacional, incluyendo a la Universidad Santo Tomás Tunja, donde se dio la posibilidad de participar con la presentación en modalidad de ponencia oral: “APROXIMACIÓN A LA FLEXIÓN DE LA GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH PARA IMPLEMENTARLA EN UNA CAMILLA CUCHARA”, igualmente presentada en el Primer encuentro regional de semilleros de investigación donde, en el anexo E, se observan los certificados de dicho evento.

En el evento se tuvo la fortuna de contar con ponencias magistrales de pioneros en la investigación y la ciencia como el Dr. Jorge Reynolds Pombo, inventor del marcapasos y muchos otros dispositivos, en la figura 29 se observa la ponencia magistral del Dr. Reynolds, en la cual mencionó la posibilidad de adaptar la nanotecnología al cuerpo humano para predecir y curar enfermedades.

Durante el intercambio que se realizó en la ciudad de Guadalajara – México en el segundo periodo del año 2016, se estudió en la UDG (Universidad de Guadalajara). En el transcurso del semestre hubo un evento llamado “XXV EXPODIME”, donde se logró participar en modalidad de ponente con el proyecto llamado “Ayudas técnicas a base de Bambú” en los días 7 a 10 de noviembre de 2016”. En el anexo F, se observa el certificado de participación.

3. RESUMEN DE ACTIVIDADES 2017

3.1. DISEÑO Y SIMULACIÓN DE ESTRUCTURAS

Antes de iniciar con el último rediseño de la camilla cuchara a base de bambú, se realizó una visita a la Cruz Roja Colombiana Seccional Tunja, con el fin de tener un acercamiento hacia la realidad de las camillas tipo cuchara en aspectos de dimensiones, geometría y materiales; ya que ésta institución con sede en la ciudad de Tunja cuenta con una camilla tipo cuchara como la que se observa en las figuras 27, 28 y 29.

Figura 27. Camilla cuchara propiedad de la Cruz Roja Colombiana Seccional Tunja



Fuente: Autores

Figura 28. Broches cerrados de la camilla cuchara propiedad de la Cruz Roja Colombiana Seccional Tunja



Fuente: Autores

Figura 29. Broches abiertos de la camilla cuchara propiedad de la Cruz Roja Colombiana Seccional Tunja

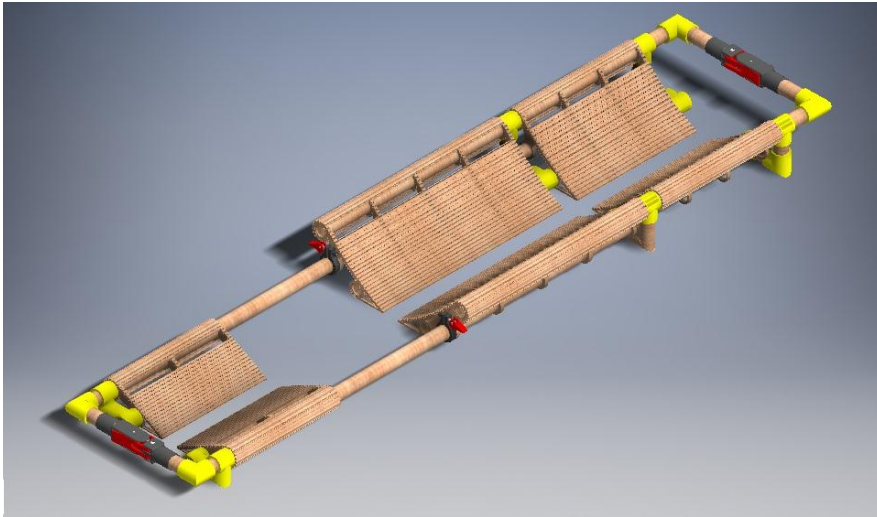


Fuente: Autores

El segundo re diseño de la camilla cuchara se realizó en base al segundo modelo en Autodesk Inventor y de la camilla cuchara propiedad de la Cruz Roja Colombiana Seccional Tunja, pero esta vez añadiendo uniones de polímeros PET extruido a partir del experimento con uniones mostrado en las figuras 23 a 26, así como un re diseño en los broches.

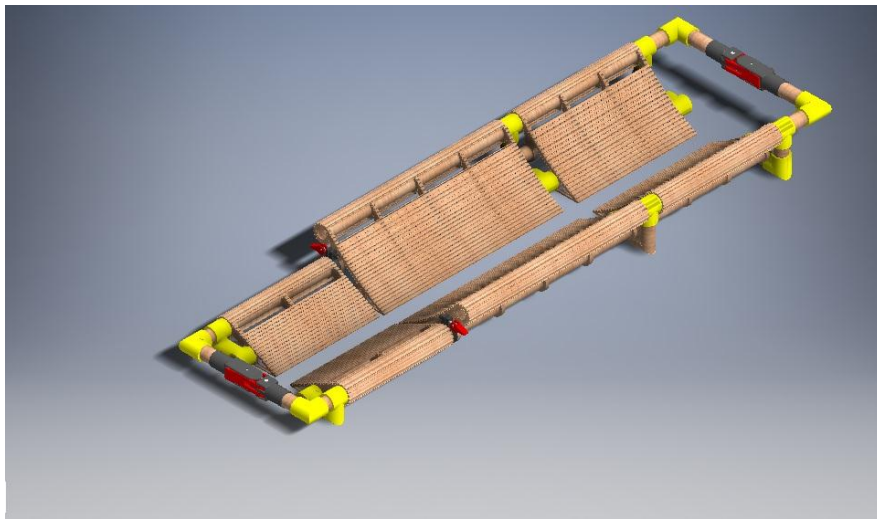
En las figuras 30 y 31 se observa el tercer y último re diseño de la camilla cuchara en el software Autodesk Inventor.

Figura 30. Tercer diseño de una Camilla Cuchara a base de bambú en Autodesk Inventor: camilla extendida



Fuente: Autores

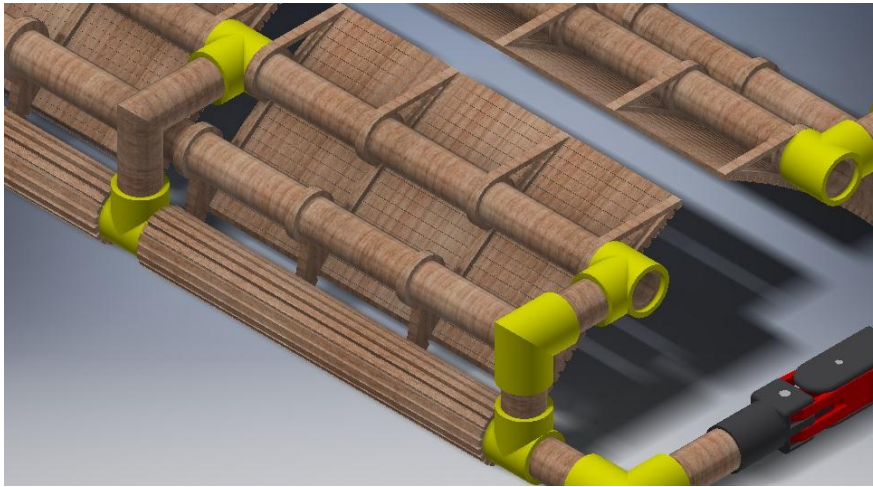
Figura 31. Tercer diseño de una Camilla Cuchara a base de bambú en Autodesk Inventor: camilla retraída



Fuente: Autores

En la figura 32 se observa en detalle las uniones y el re diseño del espaldar, que para este caso se quiso implementar bambú en esterilla para disminuir peso y costos de manufactura, utilizando una estructura longitudinal en lámina de madera de 10mm.

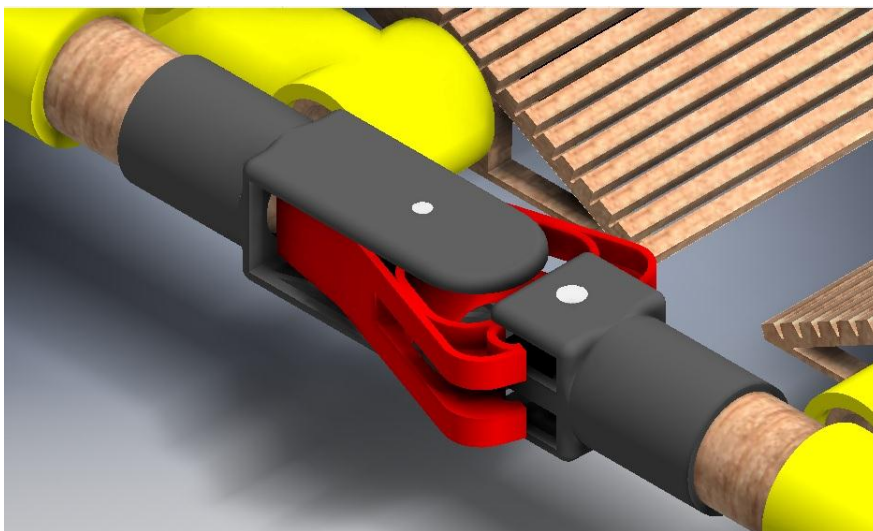
Figura 32. Tercer diseño de una Camilla Cuchara a base de bambú en Autodesk Inventor: uniones y espaldar



Fuente: Autores

De igual forma los broches de cierre para la camilla se re diseñaron en base a los de la camilla tipo cuchara propiedad de la Cruz Roja Colombiana seccional Tunja, de tal forma que su apertura y cierre se realicen de una manera sencilla y segura, como se observa en la figura 33.

Figura 33. Tercer diseño de una Camilla Cuchara a base de bambú en Autodesk Inventor: broches de cierre



Fuente: Autores

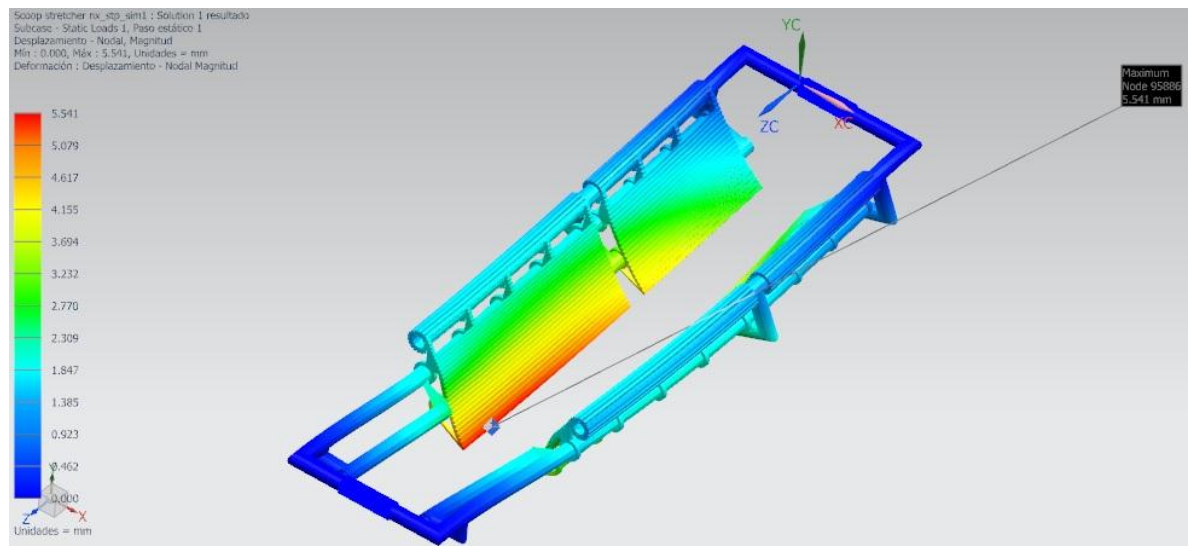
El diseño CAD de la camilla cuchara no es suficiente si no se aplica una simulación completa en aspectos de esfuerzos mecánicos, así que el análisis y simulación mediante elementos finitos es la mejor herramienta para determinar numéricamente dichos esfuerzos.

El software utilizado para realizar la simulación mediante elementos finitos fue Siemens NX 8.5, donde se importó el CAD de la camilla cuchara diseñado en Autodesk Inventor y observado en las figuras 40 a 42, al cual se le aplicó unas condiciones de malla, las cuales predicen matemáticamente los esfuerzos generados en todo el objeto.

Se modificaron las condiciones de malla aplicando una simulación en 3D y utilizando malla tetraédrica, puesto que la geometría de la camilla es irregular, asimismo se aplicó material ortotópico a la camilla puesto que, el bambú al ser un material fibroso, su comportamiento mecánico no es isotrópico y por ende la predicción en su comportamiento mecánico se hace más complejo.

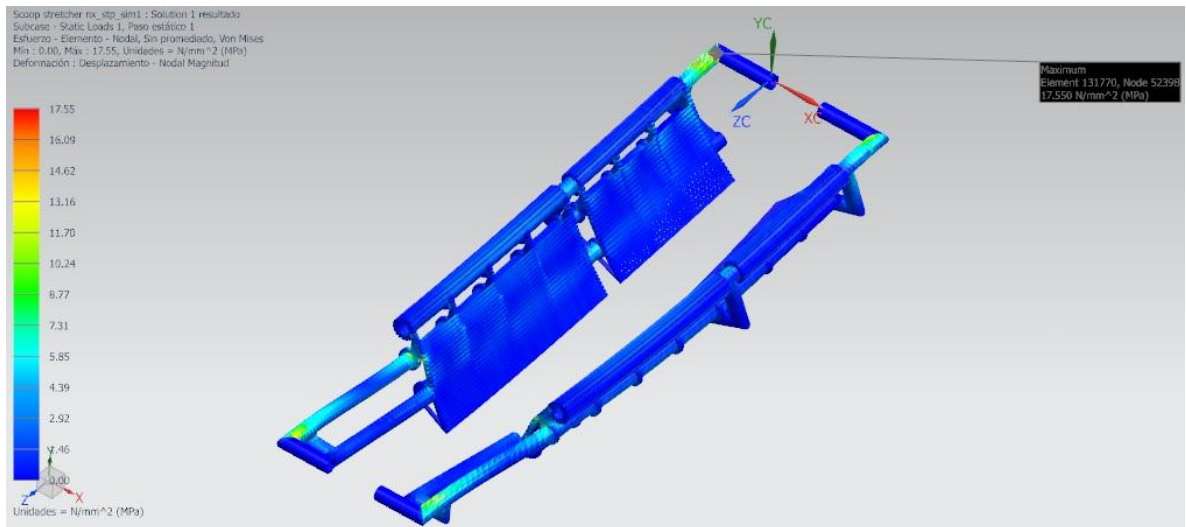
Finalmente, con las restricciones aplicadas a las esquinas de la camilla, la simulación arrojo resultados tanto de esfuerzos mecánicos en los nodos de la malla, como deformaciones elásticas, ya que la solución está configurada para esfuerzos lineales. En las figuras 34 a 36 se observan los resultados del análisis mediante elementos finitos en el software de Siemens NX 8.5.

Figura 34. Simulación mediante elementos finitos de una camilla cuchara de bambú en NX 8.5: desplazamiento nodal



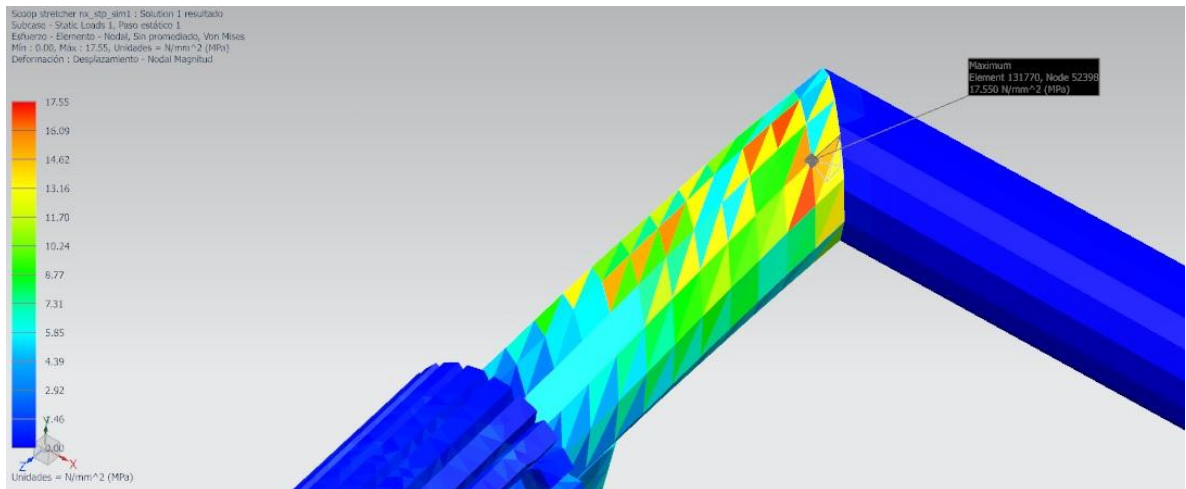
Fuente: Autores

Figura 35. Simulación mediante elementos finitos de una camilla cuchara de bambú en NX 8.5: esfuerzo nodal



Fuente: Autores

Figura 36. Simulación mediante elementos finitos de una camilla cuchara de bambú en NX 8.5: esfuerzo nodal máximo



Fuente: Autores

3.2. PONENCIAS

Se inició el primer semestre con la postulación de ponencias a congresos y encuentros, donde el primero fue el IV Encuentro Internacional de Semilleros de Investigación y Grupos de Estudio en Ingeniería Mecatrónica y Afines en la Universidad Piloto de Colombia, celebrado el día 28 de abril de 2017 en la ciudad de Bogotá. El proyecto para la postulación en participación de dicho encuentro fue: “CARACTERIZACIÓN TÉRMOGRÁFICA Y MECÁNICA DE LA GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH PARA LA IMPLEMENTACIÓN EN AYUDAS TÉCNICAS”.

En la figura 37 se observa la presentación en modalidad de ponencia oral en la Universidad Piloto de Colombia, mientras que en la figura 38 se observa una fotografía grupal con los participantes de otros proyectos de la Facultad de Ingeniería Mecánica de la Universidad Santo Tomás Tunja en el IV Encuentro Internacional de Semilleros de Investigación y Grupos de Estudio en Ingeniería Mecatrónica y Afines.

Figura 37. Ponencia oral en el IV Encuentro Internacional de Semilleros de Investigación y Grupos de Estudio en Ingeniería Mecatrónica y Afines en la Universidad Piloto de Colombia 2017



Fuente: Harold Ortega

Figura 38. Foto grupal de ponentes de la USTA Tunja en el IV Encuentro Internacional de Semilleros de Investigación y Grupos de Estudio en Ingeniería Mecatrónica y Afines en la Universidad Piloto de Colombia 2017



Fuente: Ing. Edwin Torres

El segundo evento en el que se participó fue en el III Encuentro Ciencia, Mujer y Tecnología 2017 en la Universidad Santo Tomás Tunja, donde se participó con el proyecto: “ANALISIS POR ENSAYOS DESTRUCTIVOS Y NO DESTRUCTIVOS DE LA GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH PARA LA IMPLEMENTAR EN UNA CAMILLA CUCHARA” con ponencia en modalidad poster.

En la figura 39 se observa el póster del proyecto: “ANALISIS POR ENSAYOS DESTRUCTIVOS Y NO DESTRUCTIVOS DE LA GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH PARA LA IMPLEMENTAR EN UNA CAMILLA CUCHARA” con el que se participó en el III Encuentro Ciencia, Mujer y Tecnología 2017 en la Universidad Santo Tomás Tunja, celebrado el día 5 de mayo de 2017.

Figura 39. Poster instalado para el III Encuentro Ciencia, Mujer y Tecnología 2017 en la Universidad Santo Tomás Tunja



Fuente: Autores

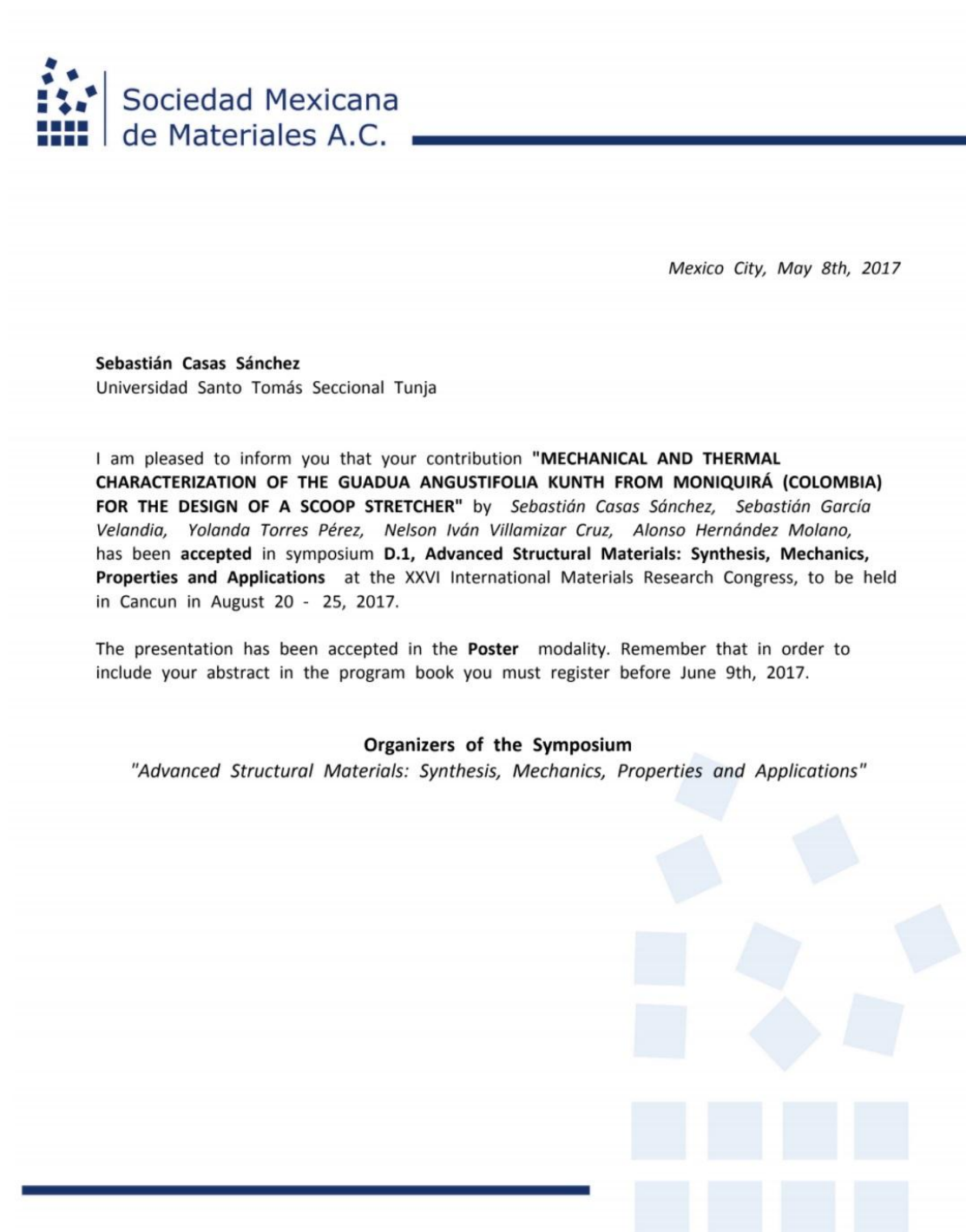
Respecto a postulaciones para encuentros internacionales, la primera postulación se realizó para el International Materials Research Congress (IMRC 2017), celebrado del 20 al 25 de agosto en la ciudad de Cancún en México, con el proyecto: “MECHANICAL AND THERMAL CHARACTERIZATION OF THE GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH FROM MONIQUEIRÁ (COLOMBIA) FOR THE DESIGN OF A SCOOP STRETCHER”

En la figura 40 se observa la carta de aceptación para participación en el evento IMRC 2017 con el proyecto: “MECHANICAL AND THERMAL CHARACTERIZATION OF THE GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH FROM MONIQUEIRÁ (COLOMBIA) FOR THE DESIGN OF A SCOOP STRETCHER” como ponencia en modalidad poster. A pesar de la aceptación en el evento, por cuestiones académico – administrativas de la Universidad Santo Tomás de Tunja, y a través del comité de consejo directivo con el motivo de ayudas financieras para la participación en el evento, no fue posible la colaboración y por ende llegó la necesidad de renuncia para viajar a Cancún a participar en el evento.

La segunda postulación para eventos internacionales fue para el Simposio Latinoamericano de Rehabilitación y Tecnologías de Apoyo 2017 celebrado el día 18 de mayo de 2017 en la ciudad de São Paulo en Brasil, con el proyecto: “DISEÑO Y CONSTRUCCION DE CAMILLA CUCHARA PARA RESCATES CON GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH”. Para este evento no fue posible la asistencia, igualmente a la falta de apoyo financiero por parte del comité directivo de la Universidad Santo Tomás de Tunja.

La última postulación para eventos internacionales fue con el proyecto: “DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA CAMILLA CUCHARA ECOLÓGICA A BASE DE GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH”, para el XL Congreso Nacional de Ingeniería Biomédica (CNIB 2017) organizado por la Sociedad Mexicana de Ingeniería Biomédica (SOMIB), celebrado del 1 al 4 de noviembre de 2017 en la ciudad de Monterrey en México. Desafortunadamente el proyecto no fue aceptado para participar en el evento, debido a que hubo algunas correcciones por realizar, y que estos errores no permitieron cumplir con los parámetros necesarios para participar en el evento.

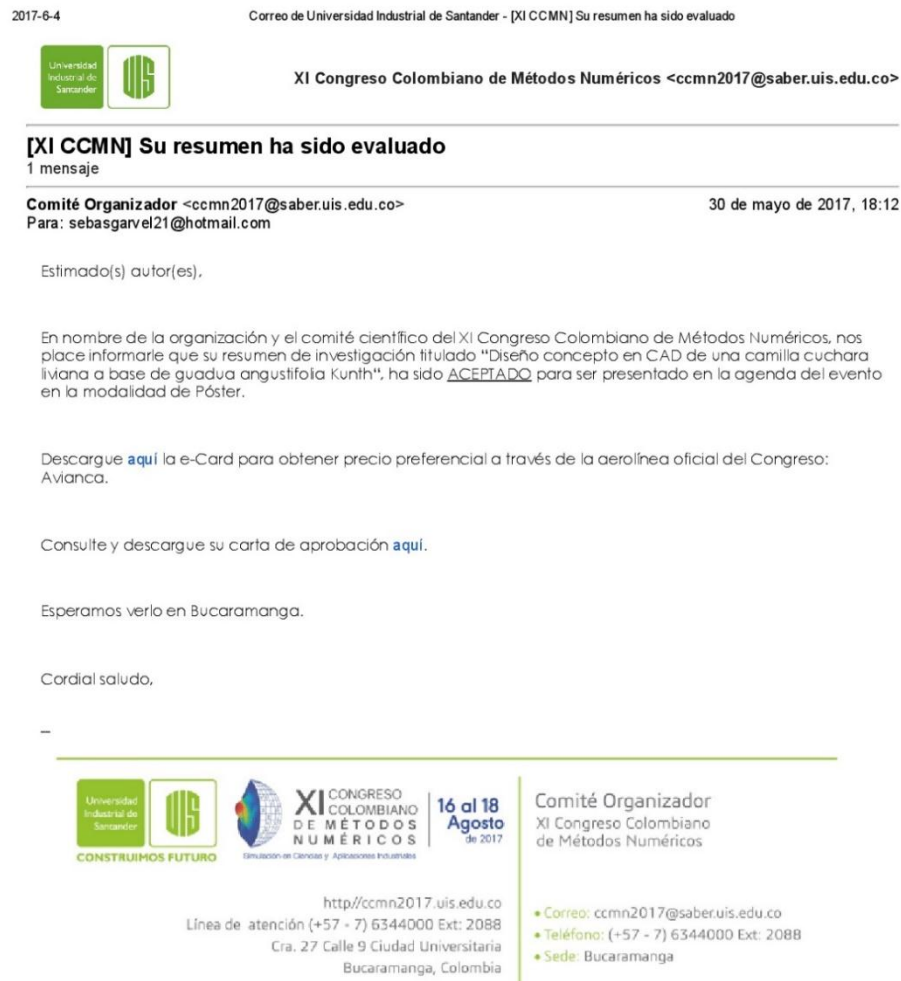
Figura 40. Carta de aceptación para participar en el IMRC 2017 en Cancún México



Fuente: Autores

El proyecto: “DISEÑO CONCEPTO EN CAD DE UNA CAMILLA CUCHARA LIVIANA A BASE DE GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH”, fue postulado para el XI Congreso Colombiano de Métodos Numéricos (CCMN 2017), celebrado los días 16 al 18 de agosto en la Universidad Industrial de Santander (UIS) en la ciudad de Bucaramanga, el cual fue aceptado como ponencia en modalidad de poster como se observa en la figura 41.

Figura 41. Carta de aceptación para participar en el CCMN 2017



<https://mail.google.com/mail/u/1/?ui=2&ik=d87a787e53&view=pt&q=concepto%20en%20cad&qp=true&search=query&th=15c5ba236bcf1713&siml=15c5ba236b...> 1/1

Fuente: Autores

Para ésta ocasión si fue posible el financiamiento para la participación en el evento por parte de la Universidad Santo Tomás de Tunja, y una vez emprendido el viaje hacia la ciudad de Bucaramanga, solo restó formalizar la inscripción, realizar la ponencia y participar en las demás ponencias

En la figura 42 se observa el póster del proyecto: “DISEÑO CONCEPTO EN CAD DE UNA CAMILLA CUCHARA LIVIANA A BASE DE GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH”, instalado y presentado en el XI Congreso Colombiano de Métodos numéricos (CCMN 2017).



XI CONGRESO COLOMBIANO DE MÉTODOS NUMÉRICOS
2017

16 al 18 Agosto 2017

DISEÑO DE CONCEPTO EN CAD DE UNA CAMILLA CUCHARA LIVIANA A BASE DE GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH

Casas Sánchez, Sebastián⁽¹⁾, García Velandía, Sebastián⁽¹⁾, Torres Pérez, Yoland⁽¹⁾, Villamizar Cruz, Nelson Iván⁽¹⁾, Hernández Molano, Alonso⁽¹⁾

⁽¹⁾ Grupo de Investigación y Desarrollo de Ingeniería en Nuevas Tecnologías - GIDNT
Facultad de Ingeniería Mecánica - Universidad Santo Tomás seccional Tunja, Boyacá - Colombia

INTRODUCCIÓN

La Guadua Angustifolia Kunth es un tipo de bambú encontrado frecuentemente en Colombia y más utilizado como material estructural. [1] donde se compone principalmente de fibras siendo éste un material flexible y resistente. [2]. Se plantea la Guadua Angustifolia Kunth como material estructural para evaluar técnicas, como una camilla cuchara. Se trata de una herramienta fundamental con ventajas para brindar pacientes con traumas cervicales a diferencia de otras camillas. [3].



Figura 1. Bambú tratado



Figura 2. Simulación por elementos finitos

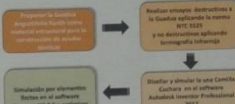
Es importante analizar el material en aspectos biomecánicos a través de simulaciones digitales. Siguiendo la norma NTC 5225, [4] se analiza los resultados como la topografía de la fuerza. [5].

El análisis por elementos finitos es un método más útil en simulaciones de apoyo, [6] que en este caso se busca conocer los esfuerzos de una camilla cuchara diseñada en Autodesk Inventor a través del software Simworks. NTC 525, establece una simulación por elementos finitos.

OBJETIVOS

- Caracterización termo-mecánica de la Guadua Angustifolia Kunth de Mosquera Boyacá, para determinar su resistencia máxima.
- Diseñar el concepto ergo-mecánico de la camilla cuchara a base de Guadua Angustifolia Kunth en el software Autodesk Inventor Professional 2017.
- Simular el comportamiento de la camilla diseñada a base de guadua bajo condiciones de carga mediante elementos finitos en el software Simworks NTC 525 y comparar los resultados con la simulación de Autodesk Inventor.
- Optimizar estructural y funcionalmente el diseño de concepto de la camilla cuchara para la posterior construcción.

METODOLOGÍA



Realizar ensayos destructivos a la Guadua siguiendo la norma NTC 5225 y no destructivos aplicando topografía láser.

Diseñar y simular la camilla Cuchara en el software Autodesk Inventor Professional 2017.

Simulación por elementos finitos en el software Simworks NTC 525 y optimizar el diseño de la camilla.

RESULTADOS

Prueba	Esfuerzo	Elongación	Esf. Elong. (MPa)	Modulo de Elasticidad
1	155.112	0.000	0.000	10.0
2	156.000	0.000	0.000	10.0
3	156.700	0.000	0.000	10.0
4	156.700	0.000	0.000	10.0
5	156.700	0.000	0.000	10.0
6	156.700	0.000	0.000	10.0

Tabla 1. Resultados ensayos de tensión



Figura 3. Resultados ensayos de tensión



Figura 4. Ensayo de tensión



Figura 5. Topografía láser



Figura 6. Diseño de camilla cuchara en Autodesk Inventor



Figura 7. Simulación de deformación en Autodesk Inventor

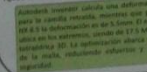


Figura 8. Simulación de esfuerzos en el NTC 525

Autodesk Inventor genera una deformación máxima de 2.7 mm en la camilla inventada, mostrando que por debajo de los 2.7 mm la deformación es de 2.7 mm. El software Autodesk Inventor se utiliza en los ensayos, siendo del 2.7 a 2.7 mm y utilizando una escala de 10 mm, indicando esfuerzos y comparando el factor de la prueba, indicando esfuerzos y comparando el factor de la prueba.

REFERENCIAS

- [1] L. A. Casas Sánchez, M. G. Rojas y D. J. González Rivas, "Caracterización de la Guadua Angustifolia Kunth cultivada en diferentes climas de la zona de la Sierra Nevada de Santa Marta", *Revista Facultad de Ingeniería*, vol. 27, no. 103, pp. 103-110, 2013.
- [2] Anónimo, *Guadua Angustifolia Kunth*, [Online]. Available: <http://www.guadua.org.co/>, accessed 10/03/2017.
- [3] Anónimo, *Guadua Angustifolia Kunth*, [Online]. Available: <http://www.guadua.org.co/>, accessed 10/03/2017.
- [4] NTC 5225, *Norma Técnica Colombiana NTC 5225*, [Online]. Available: <http://www.ntc.gov.co/>, accessed 10/03/2017.
- [5] NTC 5225, *Norma Técnica Colombiana NTC 5225*, [Online]. Available: <http://www.ntc.gov.co/>, accessed 10/03/2017.
- [6] NTC 5225, *Norma Técnica Colombiana NTC 5225*, [Online]. Available: <http://www.ntc.gov.co/>, accessed 10/03/2017.

Los días 7 y 8 de septiembre de 2017 en la ciudad de Tunja se llevó a cabo “Primer encuentro internacional de investigación universitaria” realizado en la Universidad Santo Tomás seccional Tunja en calidad de ponente con la presentación: “Diseño y caracterización mecánica de una camilla cuchara a base de *Guadua angustifolia* Kunth”. En el anexo J, se presenta el certificado de participación como ponente en este evento. Como productos del evento se obtuvo certificado de ponente y el trabajo se publicó en las memorias del evento

4. RESUMEN DE ACTIVIDADES 2018

4.1. PROCESO EXPERIMENTAL

En 2018 el único proceso realizado fue experimental, es decir que se trabajó por obtener de la manera más pronta posible una unión adecuada para la construcción de una camilla cuchara a base de bambú. Para este experimento se siguió la metodología de crear uniones en base de polímeros como el PET, pero a diferencia de la unión creada y observada en las figuras 21 a 24, el moldeado del material no se realizó mediante extrusión sino por calentamiento de un molde metálico en una superficie de alta temperatura, en este caso se utilizó una estufa con generación de calor mediante resistencia eléctrica en la cual, los gránulos de PET se llevaron a punto de fundición para moldearlos en la junta en ángulo de dos secciones de bambú, como se observa en las figuras 43 a 45.

Figura 43. Fundición de polímeros PET en recipiente metálico para moldearlos.



Fuente: Autores

Figura 44. Moldeo de PET fundido por medio de estufa eléctrica



Fuente: Autores

Figura 45. Ensamblaje de las juntas en bambú durante el moldeo de la unión en PET



Fuente: Autores

4.2. TRABAJOS ESCRITOS

El artículo llamado: “PROTOTIPO Y SIMULACIÓN CAD DE UNA CAMILLA TIPO CUCHARA A BASE DE GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH”, observado en el Anexo: A, se postuló para publicación en la revista científica Ingenio Magno, el cual fue aceptado para la versión 9.1 mediante una carta observada en la figura 46 a continuación.

Figura 46. Carta de aceptación artículo para revista Ingenio Magno 9.1



Tunja, 31 de mayo de 2018

Respetados Investigadores:

**Alonso Hernández Molano, Nelson Iván Villamizar, Yolanda Torres Pérez,
Sebastián García Velandia, Sebastián Casas Sánchez.**

ACEPTACIÓN PUBLICACIÓN DE ARTÍCULO

Le escribimos con el fin de saludarlos y hacerle saber que su artículo titulado “DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA CAMILLA CUCHARA A BASE DE GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH”, fue **ACEPTADO** para publicación, por el comité editorial y científico de la Revista Ingenio Magno Vol. 9 No 1. con ISSN 2145-9282 - ISSN 2422-2399 (En línea)

Cordialmente

M.Sc. Edwin Rúa Ramírez. PhD (c)
Editor Revista Ingenio Magno

CONCLUSIONES

Este proceso investigativo permitió obtener los conocimientos necesarios para aplicar los conceptos de la ingeniería mecánica a la solución de problemas a través de la investigación de materiales orgánicos como el bambú.

La Guadua Angustifolia Kunth de Moniquirá Boyacá como material fibroso, fue satisfactorio desde una perspectiva ingenieril para ejecutar los objetivos del proyecto del semillero de Biomecánica en cuanto a los factores como costos, ligereza, resistencia, campo social, campo ambiental y campo de investigación, ya que este recurso natural tiene enorme potencial en la investigación.

Acerca de la Camilla cuchara a base de Guadua angustifolia Kunth, la cual es una excelente ayuda técnica que brinda a los pacientes lesionados a nivel raquímedular, el traslado necesario de un punto a otro, evitando el mas mínimo movimiento que pueda empeorar la lesión; puede a partir de la investigación extender las ventajas como herramienta y como credibilidad del material desde una perspectiva ingenieril.

La Guadua Angustifolia Kunth tiene muchas ventajas potenciales en cuanto a su utilización e implementación, y se pudo constatar en los resultados proyectados en los ensayos destructivos y no destructivos, (termografía infrarroja) realizados en el laboratorio de la facultad de ingenierías de la UPTC sede Tunja. Dichos ensayos destructivos permitieron observar esfuerzos que van desde los 0.189 MPa hasta 219 MPa, en donde a partir de éstos, se pueden comparar materiales similares como la madera, y generar ventajas si se quiere implementar en ayudas técnicas ya que, el conocimiento de la resistencia mecánica del material, es necesario para optimizar un diseño respecto a las cargas generadas por el peso de los usuarios ya sea en aplicaciones como: prótesis, sillas de ruedas, bastones o camillas tipo cuchara.

Con esto, la expresión de los resultados y el proceso investigativo a través de las ponencias y proceso experimental, permitieron obtener conocimientos en el área de los materiales, los métodos numéricos aplicados a la ingeniería de los elementos finitos y adquirir el aprendizaje a través de la enseñanza.

La investigación es un camino sin fin de conocimientos y ramificaciones, donde muchos de esos conocimientos se intersecan para formar nuevas ramificaciones en el conocimiento no solo de la ingeniería sino de todas las áreas en general, la investigación no solo es un medio sino parte de la vida cotidiana, es una clave del conocimiento para llegar a muchos sitios inesperados y que aportan al desarrollo de la humanidad.

REFERENCIAS

- Amarilis Burgos, F. (2003). Revisión de las técnicas de preservación del bambú. *Revista Forestal Latinoamericana*. N° 33 , 11-20. Amarilis Burgos, F. (2003). Revisión de las técnicas de preservación del bambú. *Revista Forestal Latinoamericana* N°33, 11-20.
- Bahari, S. A., & Krause, A. (2016). Utilizing Malaysian bamboo for use in thermoplastic composites. *Journal of Cleaner Production*, Volume 110, 16-24.
- Cely Moreno, L. A., Rojas, W. G., & Gutiérrez Junco, O. J. (2012). Caracterización de la Guadua Angustifolia Kunth cultivada en Miraflores (Boyacá) de acuerdo con la NSR-10. *Revista Facultad de Ingeniería*, Volumen 21, 53-71.
- Del Rossi, G., Rehtine, G. R., Conrad, B. P., & Horodyski, M. (2010). Are scoop stretchers suitable for use on spine-injured patients? *The American Journal of Emergency Medicine*, Volume 28, 751-756.
- Dixon, P. G., Ahvenainen, P., Aijazi, A. N., Chen, S. H., Lin, S., Augusciak, P. K., . . . Gibson, L. J. (2015). Comparison of the structure and flexural properties of Moso, Guadua and Tre Gai bamboo. *Construction and Building Materials*, Volume 90, 11-17.
- Echavarría López, B. A., & Echavarría López, C. A. (2013). Distancias a los extremos en conexiones pernadas de madera. *Escuela de Ingeniería de Antioquia*, 10(20), 55-61.
- Farabegoli, E., Berardi , M., de Feo, G., Bellati, A., Forestan, M., & Berardi, E. (2013). Rescue of traumatized riders in world circuits: A comparison between Skidboard vs scoop Exl65 and aluminium scoop stretchers. *Acta Biomed*, 124-142.
- Hidalgo López, O. (1981). *Manual de construcción con bambú: Construcción rural 1*. Universidad Nacional de Colombia, Centro de Investigación de Bambú y Madera CIBAM: Estudios Técnicos Colombianos LTDA.
- ICONTEC. (2007). Norma técnica Colombiana NTC 5525: Métodos de ensayo para analizar la Guadua Angustifolia Kunth. 1-19.
- Katoch, S. (2005). Introduction of modern stretchers in armed forces for improving casualty evacuation in field with special reference to casualty evacuation in mountains. *Medical Journal Armed Forces India*, 157-162.

Katoch, S. (s.f.). Introduction of modern stretchers in armed forces for improving casualty evacuation in field with special reference to casualty evacuation in mountains.

Krell, J. M., McCoy, M. S., Sparto, P. J., Fisher, G. L., Stoy, W. A., & Hostler, D. P. (2006). Comparación del modelo de camilla cuchara Ferno con la tabla de inmovilización larga para la inmovilización de la columna vertebral. *Prehospital Emergency Care*, 85-93.

López Hidalgo, O. (1981). Manual de construcción con Bambú: Construcción rural 1. *Estudios Técnicos Colombianos-Editores*, 1-71.

López, G., Basterra, L. A., & Ramón, C. (2010). Alcance de la termografía infrarroja en la evaluación no destructiva de las estructuras de madera. *Rehabend*, 841-852.

MINTIC. (2014). *Plan de emergencias y contingencias*.

Moss, R., Porter, K., & Greaves, I. (2015). Minimal patient handling: a Faculty of Pre-hospital Care consensus statement. *Trauma, Volume 17*, 70-72.

Nayak, S. K., Mohanty, S., & Samal, S. K. (2009). Influence of short bamboo/glass fiber on the thermal, dynamic mechanical and rheological properties of polypropylene hybrid composites. *Materials Science and Engineering: A, Volume 523*, 32-38.

Reynolds, T., Sharma, B., Harries, K., & Ramage, M. (2016). Dowelled structural connections in laminated bamboo and timber. *Composites Part B: Engineering, Volume 90*, 232-240.

Sharma, B., Gatóo, A., Bock, M., & Ramage, M. (2015). Engineered bamboo for structural applications. *Construction and Building Materials, Volume 81*, 66-73.

Varghese, T. (2003). Innovation: The Simple Stretchers. *Medical Journal Armed Forces India, Volume 59*, 42-43.

Zienkiewicz, O. C. (1982). *El método de los elementos finitos*. Swansea: Reverté.

Salazar J.A. 2015. Introducción al fenómeno de corrosión: tipos, factores que influyen y control para la protección de materiales (Nota técnica). Tecnología en Marcha. Vol. 28, N°3, Julio-Setiembre. Pág 127-136.

Zaragoza I. Borja de la Rosa A. Zamudio F.J. Rubén V. y Martha G. 2014. Anatomía del culmo de bambú (*Guadua aculeata* Rupr.) de la región nororiental del estado de Puebla, México. Revista Madera Bosques. Vol. 20. N°3.

Pérez A. 2014. Resistencia Mecánica. Enciclopedia Virtual de Ingeniería Mecánica. Universitat Jaume I. España.

Cervera Ruíz M. Blanco Díaz E. 2003. Mecánica de estructuras Libro 1 Resistencia de materiales. UPC. Barcelona.

Velázquez R. Mora J. 2007. Cobertura arbórea y herbácea en pasturas naturalizadas de fincas ganaderas del Trópico Seco de Nicaragua. Revistas Colombiana de Ciencias Pecuarias. Vol. 21.571-581.

Folch-Mallol J. 2009. Lignocelulosa Como Fuente de Azúcares Para la Producción de Etanol. Revista Biotecnología. Vol. 13. Nº3

SEDA. 2008. Polímeros PET. Unidad de Negocio Químico-Plástico. España.

Aguilar J. 2013. Deformación elástica, plástica y fatiga. Landivarianas. Guatemala.