

Desafío de Selección de Materiales 2018

Universidad Politécnica de Madrid, España

Resumen

Trabajos de la 4ª edición del concurso "Desafío de Selección de Materiales" organizado por Granta conjuntamente con Universidad Politécnica de Madrid en el Campus de Moncloa de Madrid. **60 proyectos propuestos de los cuales 52 pasaron la primera fase, y 8 a la final. Participaron 14 universidades de Argentina, Colombia, España y México.** Los proyectos premiados y finalistas realizaron, además, una presentación online retransmitida en directo que se tuvo también en consideración para la selección de los ganadores.

Más información en: <http://grantadesign.com/es/education/materialsweek/2018/desafio.htm>

GRANTA
TEACHING RESOURCES



© Granta Design, 2018
For reproduction guidance, see back page

The Teaching Resources website aims to support teaching of materials-related courses in Design, Engineering and Science.
Resources come in various formats and are aimed primarily at undergraduate education.

Contenido

Ganadores

1. *“Selección de biomateriales biodegradables y liberadores de fármacos para implantes”*
Alumnos: Molina Pérez, Alberto; Bedmar Sanz, Javier; Reinhardt Hervás, Carlos. Tutor: López Galisteo, Antonio Julio. Universidad Rey Juan Carlos, Móstoles, España **7**
2. *“Ultra Shock Absorbent; Ingeniería que protege tu vida.”* Alumnos: Castillo Pita, Jessica Marcela; Niño Reina, Arnold Duvan; Rodríguez Contreras, Iván Stiven. Tutor: Cocha Vesga, Pablo Miguel. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja, Colombia **14**
3. *“Selección de material para carcasas de ordenadores portátiles”* Alumnos: Larrañaga Etxabe, Xabier; Marin Ameztoy, Edurne. Tutora: Muñoz Ugartemendia, Jone. Escuela de Ingeniería de Bilbao, Bilbao, España. **21**

Finalistas (por orden de entrega)

- *“Protectores solares para estructuras públicas con propiedades biodegradables, térmicas y aislantes”* Alumnos: Ramírez Candia, Amir Karim; Ramírez Maldonado, Jared Evani; Rodríguez Ramírez, Ricardo. Tutora: Barrios Reyna, María Lizbeth. Instituto Tecnológico y de estudios superiores de Monterrey, Puebla, México **28**
- *“Soporte-indicador de contenido de recipientes domésticos de butano”* Alumnos: Espinosa Gavira, Manuel Jesús; Mena Benítez, Francisco José. Tutora: Yeste Sigüenza, M^a del Pilar. Universidad de Cádiz, Algeciras, España **35**
- *“Concepto de parachoques con refuerzo honeycomb”* Alumnos: Morgades Roca, Bernat; Ferrer Ribas, Héctor; Rosell Mas, Martí. Tutora: Segarra Rubí, Mercè. Universitat de Barcelona, Barcelona, España **41**
- *“Materiales para la creación de superficies de mando flexibles en aviones”* Alumnos: Cervera Torralba, Jacobo; Gómez-Fabra Frasset, Santiago; Navarro Alcañiz, Carlos. Tutor: Pérez Puig, Miguel Ángel. Universitat Politècnica de Valencia, Valencia, España **48**
- *“Diseño de Aguja para Jeringa Desechable”* Alumnos: de la Peña, Laura; Alcántara, D’ Emilton; Mosquera, Jacobo. Tutor: Armisen Bobo, Pedro. Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España **54**

Participantes (por orden de entrega)

- *“Tornillos Quirúrgicos”* Alumnos: Pérez Rafful, Alejandra Celeste; Díaz Marín, David; Delgado Carrero, René Alexander. Tutora: Carrillo-Martínez, Luis Antonio. Tecnológico de Monterrey, Puebla, México**62**
- *“Ampolla resistente para bombillas LED”* Alumnos: Gallego Meléndez, Fernando Daniel; Sánchez Domínguez, Sergio. Tutora: Ben Fernández, Teresa. Escuela Politécnica Superior de Algeciras, Universidad de Cádiz, España**70**
- *“Disminución del impacto ambiental en la caza”* Alumnos: Rivas Chacón, Antonio José; Recio Martín-Vázquez, José Luis; Brenes Pérez, Juan Pablo. Tutora: Sales Lérica, David. Universidad de Cádiz, Algeciras, España**79**
- *“Aspas de aerogeneradores: ¿Desperdicio o materia prima?”* Alumnos: Sarria Espinosa, Joaquín; Sánchez Casabona, Adrián Jesús. Tutora: Sales Lérica, David. Universidad de Cádiz, Algeciras, España**86**
- *“Selección de materiales para velas solares”* Alumnos: Capel Gálvez, Joan; Blasco Menudé, Vicente; García Cases, Arnau. Tutora: Pérez Puig, Miguel Ángel. Universitat Politècnica de València, Valencia, España**92**
- *“Una mirada al pasado”* Alumnos: Gil Juan, Mario; Navarro García, Luis; Such García, Joan Albert. Tutora: Orozco Messana, Javier. Universitat Politècnica de València, Valencia, España.....**99**
- *“Composito de fibras naturales resistente a vibraciones sísmicas”* Alumnos: Gallardo Parente, Brenda Daniela; Gamboa Sánchez, Leonides Armando; Sánchez Cortés, Stephanie. Tutora: Rosales Torres, Conrado. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, Puebla, México**106**
- *“Rescate del adobe como material de construcción reforzado con bambú”* Alumnos: Hernández Mastretta, Marco; Juárez Camilo, Pedro Antonio; Miranda Candia, José Ricardo. Tutora: Pérez Muñoz, Víctor Hugo. ITESM Campus Puebla**113**
- *“Selección de material para el diseño de un trípode fotográfico de viaje”* Alumnos: Ibarretxe Lopez, Unai; Marin Ameztoy, Edurne. Tutora: Muñoz Ugartemendia, Jone. Escuela de Ingeniería de Bilbao, Bilbao, España**120**
- *“Baterías ligeras de gran capacidad para drones”* Alumnos: Arnás Querol, Andrés; Flores Rodríguez, Cristian; Jordá Espí, Diego. Tutora: Salas Vicente, Fidel. Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España**126**
- *“Rediseño multicapa y selección de materiales para prótesis de atletas”* Alumnos: Palos Pou, Miguel; Cosialls Borràs, Eduard; Gil Sáenz, Raúl. Tutora: Segarra Rubi, Mercè. Universidad de Barcelona, Barcelona, España**132**
- *“Railes de ferrocarril de alta velocidad”* Alumnos: Fernández Jiménez, César; Hernández González, Carlos; Ruiz Iglesias, Rafael. Tutora: Martín Sanz, Antonia. Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España**138**

- *“Proceso de selección de un material para suela de zapatilla que genere electricidad”* Alumnos: Rodríguez Páez, Jorge; Murillo Navarro, Diana Elisa. Tutora: María Cabrera, José. Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, España**145**
- *“Selección de un material para la optimización de los electrodos en sistemas de puesta a tierra SPT”* Alumnos: Merchán Sisa, Lizeth Tatiana. Tutora: Rojas Arias, Nicolás. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja, Colombia**151**
- *“Mejoramiento de materiales para pastillas de freno en automoviles”* Alumnos: Mendieta Hernández, Armando; Pinzón Ariza, Rafael Leonardo. Tutora: Cocha Vesga, Pablo Miguel. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja, Colombia**158**
- *“Obtención de un material compuesto como sustituto de los materiales para herramientas de corte”* Alumnos: Vinchira Ramos, Camilo Andrés; Sáenz Ramírez, Elkin Daniel. Tutora: Mujica Roncery, Dra. Lais. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja, Colombia**165**
- *“Reciclaje e Ingeniería Sostenible; un material más allá de un residuo”* Alumnos: Carreño Rojas, María Alejandra; Rodríguez Coy, Arley Giovanni. Tutor: Medrano Rivera, Luis Arcesio. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja, Colombia**172**
- *“Optimización de llantas en automóviles de alto rendimiento”* Alumnos: Alberola Fons, Francesc Xavier; Alventosa Corts, María; Bernal Ríos, Rosa. Tutora: Salas Vicente, Fidel. Universitat Politècnica de València, Valencia, España**179**
- *“Diseño y tecnología agroindustrial “chamba””* Alumnos: Guerrero Guio, Javier Esteban; Mora Peña, Santos Giovanni; Rodríguez Chivata, David Leonardo. Tutora: Mujica Ronceri, Dra. Lais. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja, Colombia**186**
- *“Diseño de Materiales para Almacenamiento de Energía y Protección del Celular”* Alumnos: Guaman Bravo, Karen Adriana; Hernández Pineda, Jessica Natalia. Tutor: Mendoza Oliveros, Martin Emilio. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja, Colombia.....**192**
- *“Selección de materiales para el uso de ballestas en vehículos pesados”* Alumno: González Sarmiento, Katherin Julitssa. Tutor: Barroso, Sara Mercedes. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja, Colombia**199**
- *“Mejoramiento de piezas Drywall para la construcción de casas prefabricadas en el departamento de Boyacá, Colombia”* Alumno: Pinzón Salamanca, Angela Edith. Tutor: Rojas Arias, Nicolás. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Sogamoso, Colombia**206**
- *“Predominio de la Amalgama dental como material restaurador”* Alumnos: Alonso Torres, Estefanía Guadalupe; Teutli Cruz, Luis Enrique. Tutora: Campos Ibarra, Verónica. Universidad Autónoma de San Luis Potosí, San Luis Potosí, México**213**
- *“Mejora de la resistencia a impacto de polímeros reforzados con fibra por medio de matrices modificadas”* Alumnos: de la Asunción Mollá, Salvador; García Gascón, César; Barber González, Jorge. Tutor: Orozco Messana, Javier. Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España**220**
- *“INGROCELA. Tecnología para el campo”* Alumnos: Bermúdez Sánchez, Kevin Hernán Alirio; Gutiérrez Rosas, Sergio Daniel; Jiménez Vanegas, Iván Mauricio. Tutor: Camargo Suarez, Ernesto. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja, Colombia**227**

- *“Selección de Materiales y Procesos de Fabricación idóneos para cuerdas de guitarra con el objetivo de aumentar su vida útil (EOL).”* Alumnos: Cruz Toste, Álvaro; Pascual Serrano, Álvaro; Ruiz Arranz, Javier. Tutor: Armisen Bobo, Pedro. Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España**233**
- *“Extintores para el Siglo XXI”* Alumnos: Bustamante Casas, Daniela; Jiménez Barón, Yefferson Emilio; Quinchanequa Puentes, Néstor Saúl. Tutor: García Russi, Efraín. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja, Colombia**239**
- *“Re-Ingeniería de la Polea”* Alumnos: Casto Palacios, Yenifer Astrid; Gómez Malagon, Lina Fernanda; Suárez Alcocer, Brayan Stiven. Tutor: López Medina, Humberto Alejandro. Universidad Pedagógica y Tecnológica De Colombia, Tunja, Colombia**246**
- *“Material de impulsor para el bombeo de aguas residuales en una bomba centrífuga”* Alumnos: Ávila García, Diego Fernando; Romero Díaz, Daniel Antonio; Ulloa Hernández, Yeison Albeiro. Tutor: Forero Pinilla, Álvaro Hernando. Universidad Pedagógica Y Tecnológica de Colombia, Tunja, Colombia**253**
- *“Futuro del tanque de procesamiento lácteo, para pequeños productores”* Alumnos: Alba Muñoz, Juan Carlos; Barrera Alarcon, Danilo Armando; Ramirez Ruiz, Eliberto. Tutor: Barroso Pinzon, Sara Mercedes. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja, Colombia**260**
- *“Espinilleras a nivel de mundial”* Alumnos: Avella Vargas, Andrés Alejandro; Saavedra león, Jaime Duvan; Salamanca Morales, Jhonatan Alexander. Tutor: Cuadros Unibio, José Luis. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja, Colombia**268**
- *“Adiós al resbalón”* Alumnos: Pardo Díaz, Jairo Ernesto; Sánchez García, Paola Andrea; Sánchez López, Edwin Giovany. Tutor: Prieto Muñoz, Jorge Nevarado. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja, Colombia**274**
- *“Protección de aeronaves contra la radiación solar”* Alumnos: Bastida Pertegaz, Esther; López Mestre, Silvia; Tuñón Molina, Javier. Tutor: Tiseira Izaguirre, Andrés Omar. Universitat Politècnica de València, Valencia, España**281**
- *“Larga duración, la ingeniería del futuro”* Alumnos: Duran Estupiñan, Sergio Alejandro; Hernández Ávila, Jorge Andrés; Romero Ramos, Michael. Tutor: Córdoba Angarita, Oscar Yesid. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja, Colombia**288**
- *“Material para condensación de H₂O autosustentable”* Alumnos: Domínguez Vargas, Carlos Yesid; Hernández Cárdenas, Miguel Antonio; Hernández Monzón, Diego Leonardo. Tutor: Arcesio Medrano, Luis. Universidad Pedagógica y Tecnológica De Colombia, Tunja, Colombia**295**
- *“Optimización en la selección de materiales para aislantes térmicos en los techos de las casas”* Alumnos: Chavarría Uriarte, Daniel Maximiliano; Miñón Barrientos, Cristian. Tutor: Carrillo Martínez, Luis Antonio. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey Campus Puebla, Puebla, México**302**
- *“EL REGALO DE TANARIS. Energía y fuerza para el campo”* Alumnos: Mesa Laverde, Camilo; Gonzalez Martin, Dumar; Avella Rodriguez, Manuel. Tutor: Muñoz Barajas, Mauricio. Universidad pedagógica y tecnológica de Colombia, Tunja, Colombia**308**

- *“Aleación Polimérica De POM Y PVC Para Aumentar Resistencia Al Impacto De Aspersores De Uso Agrícola”* Alumnos: Cuervo Parra, Miguel Ángel; Larrota Rodríguez, Yuber Antonio. Tutor: Camargo Suarez, Ernesto. Universidad Pedagógica Y Tecnológica De Colombia, Tunja, Colombia**315**
- *“Búsqueda de un escudo térmico para prevenir el calentamiento aerodinámico de las aeronaves”* Alumnos: Ferrer García, Joan Javier; Miret Marco, Jorge; Nadal Pastor, Cristina. Tutor: Desantes Fernández, José María. Universitat Politècnica de València, Valencia, España**323**
- *“TECNOLOGÍA PARA LA VISIÓN”* Alumnos: Rojas flechas, Diego Humberto; Piracoca Piracoca, Mario Cesar. Tutor: Gutiérrez Saavedra, Julián Steven. Universidad pedagógica y tecnológica de Colombia, Tunja , Colombia**330**
- *“Uso del software CES EduPack para la determinación de las propiedades mecánicas y térmicas de diseños multicapas que podrían permitir la activación superficial de titanio usado en prótesis médicas.”* Alumnos: Artunduaga Urbano, Juan Daniel; Gutierrez Burgos, Isabella. Tutor: Dra Goyes López, Clara Eugenia. Universidad Autónoma de Occidente, Santiago de Cali, Colombia.....**338**
- *“Material compuesto a partir de residuos de pseudo tallo de plátano”* Alumnos: Pedraza Abril, Giselle; Cely Báez, Andrés; Darío Fonseca, Rubén. Tutor: Torres Pemberti, Jorge. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Duitama, Colombia**344**
- *“Evaluación y efecto de polímeros en el módulo de elasticidad y porosidad de concretos”* Alumnos: Fonseca Peralta, Nahomy Alejandra; Castro Rodríguez, Richard Andrés; Burbano Mariño, César Felipe. Tutor: Gabriel Hernández, Carlos. Universidad Pedagógica y Tecnológico de Colombia, Tunja, Colombia**351**
- *“Innovando el campo boyacense colombiano”* Alumnos: Borda Rojas, Gustavo Alberto; Niño Orjuela, Elkin Yesid; Daza Roa, Jesús David. Tutor: Muñoz Zapata, Alejandro. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja, Colombia**357**

Selección de biomateriales biodegradables y liberadores de fármacos para implantes

Universidad Rey Juan Carlos,
Móstoles, España

Tutor:

Antonio Julio López Galisteo

Alumno/s:

Alberto Molina Pérez

Javier Bedmar Sanz

Carlos Reinhardts Hervás

Resumen

Se ha seleccionado un material compuesto de matriz de PLA reforzado con un 50% de partículas de Mg y fabricado por colada para la fabricación de implantes óseos biodegradables y con propiedades mecánicas similares al hueso. Este material puede poseer la capacidad de liberación de fármacos mediante la oclusión de estos en los huecos del anodizado del Mg y entre las cadenas del polímero. La finalidad es su uso como guía o camino a la osteogénesis de los huesos para evitar implantes permanentes y osteogénesis imperfectas ofreciendo la plataforma ideal para el crecimiento del hueso a medida que se degrada.



Contenido

1. Objetivos	8
2. Planteamiento del problema	8
3. Solución propuesta	9
4. Resultados y Conclusiones	10
5. Bibliografía	11
6. Anexos.....	11

1. Objetivos

El avance de la medicina en muchas ocasiones va ligado al avance de los materiales. En el proyecto que se quiere presentar al desafío se quiere realizar la búsqueda de biomateriales sustituyentes de tejido óseo con la capacidad de degradarse y metabolizarse a medida que el tejido al que sustituye se va regenerando evitando una segunda operación para extraer el material y, por otro lado, que puedan liberar medicamentos. Por ello se precisa:

- Buscar materiales biodegradables y cuyas propiedades mecánicas sean similares a las del hueso.
- Fabricar materiales de distintas morfologías para adaptarse a dichas propiedades mecánicas.
- Dichas morfologías tienen que ser capaces de ocluir y liberar fármacos.
- Encontrar el proceso de selección más barato, teniendo en cuenta que los implantes son únicos para cada persona.
- Realizar el análisis de ciclo de vida del material seleccionado para estudiar su impacto ambiental.

2. Planteamiento del problema

Actualmente los materiales para implantes cumplen el requisito de biomaterial pero la tendencia se encamina a la biodegradabilidad. Los implantes actuales cumplen una función sustitutiva del hueso y pretenden ser permanentes. Pero ¿Qué ocurriría si la filosofía del implante fuera crear una plataforma para el crecimiento del hueso y una vez crecido se biodegradase siendo absorbido por el cuerpo?

Uno de los principales problemas que se plantea, es la selección de materiales biodegradables capaces de ocluir en porosidades fármacos que ayuden a la osteogénesis. Además debe poseer propiedades mecánicas similares al tejido óseo para no apantallar al hueso y provocar su atrofia o por el contrario y provocar la rotura del nuevo tejido formado por hipertrofia.

La búsqueda de materiales de propiedades similares al hueso es una búsqueda constante en el sector de biomateriales.

3. Solución propuesta

El magnesio AZ91 es una de las aleaciones más usadas como biomaterial. El primer paso, entonces, es encontrar un polímero con el que combinarle. Se ha buscado que dicho polímero sea biodegradable y con uso limitado en disolventes orgánicos para asegurar su degradación en el cuerpo. La combinación de magnesio y polímero puede regular elementos como la velocidad de degradación o neutralizar el pH. De los polímeros que pasan las restricciones se hace una gráfica relacionando densidad y rigidez, teniendo la densidad un 40% de la carga en la relación y un 60% la rigidez. Se selecciona el polímero más cercano al hueso para evitar problemas como el apantallamiento e cargas. El polímero que mejor cumple lo demandado es el PGA. (Ilustraciones 1-3). Posteriormente, se realizan distintas combinaciones de PGA y magnesio: espumas abiertas y cerradas de AZ91C sin reforzar, material compuesto de matriz de PGA y refuerzo en forma de partículas de AZ91C, espumas abiertas y cerradas del anterior material compuesto con fracción volumétrica del 50% (la que como resultado se acercaba más al hueso) y sándwiches con núcleo de panal de abeja de AZ91C y pieles de PGA. Para escoger los materiales más cercanos al hueso de cada familia se han variado distintos parámetros como se muestran en la ilustración 4. Una vez obtenidos todos los materiales mediante la herramienta "Synthesizer" se ha realizado una gráfica con dos índices de optimización basados en las sollicitaciones mecánicas que tendrá la aplicación: tie in tension (diseño maximizando la rigidez frente a la mesa) y Elastic hinge with axial load (diseño optimizando la resistencia para máximas sollicitaciones). De este gráfico se toman los dos materiales más cercanos al hueso, que son el PGA reforzado con partículas de magnesio (50% de fracción volumétrica) y el sándwich de núcleo de panal de abeja de aluminio (10 mm) y pieles de PGA (1,5 mm) (ilustración 5). Con ellos, se procede a utilizar la herramienta part cost estimator para seleccionar el proceso de selección más barato de todos, para hacerlo accesible a todos los pacientes. El PGA reforzado con partículas se puede realizar con un moldeo o con una extrusión con posterior mecanizado. El sándwich puede realizarse añadiendo las pieles con ayuda de un spray forming. Los fármacos en ambos casos pueden colocarse en los poros del magnesio hechos con un anodizado (para regular la velocidad a la que los fármacos se liberan se puede controlar el tamaño y la forma del poro, como el uso de cuellos de botella) y en las propias cadenas del PGA: cuanto más enmarañadas estén las cadenas poliméricas, menor velocidad de liberación de fármacos habrá. Se concluye que el material más barato de fabricar es el compuesto de PGA/Mg mediante moldeo (ilustración 6). Finalmente, se realiza un análisis de ciclo de vida para controlar parámetros como la energía usada en el proceso y las emisiones de CO₂. (Ilustración7)

4. Resultados y Conclusiones

Tal y como hemos visto en el anterior apartado el mejor material para esta aplicación será un material compuesto de PGA y magnesio, este último sería en forma de cargas dentro de la matriz polimérica ya que le aportará unas mejores propiedades mecánicas y no aumentará su densidad en exceso, haciéndola esta similar a la del hueso.

Para que se produzca la liberación de los fármacos por medio de esta combinación de materiales necesitamos que los fármacos estén colocados en el interior de las cadenas poliméricas y que dependiendo de su grado de enmarañamiento se liberaran de una forma más rápida o más lenta, es decir, a mayor grado de enmarañamiento las tardara más en biodegradarse y más tarde se liberaran los fármacos, mientras si el grado de enmarañamiento es menor se degradará antes el material y la liberación de los fármacos será más rápida.

También se ha realizado el estudio de espumas metálicas de magnesio las cuales también pueden llevar por medio de tratamientos superficiales los fármacos, sería primero realizar un anodizado sobre el magnesio creando las cavidades dentro de la estructura de la espuma, dependiendo de las condiciones de anodizado obtendremos diferentes morfologías siendo la liberación de los fármacos más rápida cuanto menos profundo sea el anodizado.

En cuanto al estudio de vida del material se observa que el mayor porcentaje de los gastos del material se producen durante la fabricación de los materiales. El transporte al encontrarse el magnesio en gran cantidad en la corteza terrestre, deja poca huella en cuanto a transporte se refiere. Lo mismo ocurre con el PGA al poderse fabricar en cualquier laboratorio.

5. Bibliografía

- Callister, W.D. (2000). *Introducción a la ciencia e ingeniería de materiales*. Reverté, Barcelona
- Akishige Hokugo, Tomoaki Takamoto, Yasuhiko Tabata, *Preparation of hybrid scaffold from fibrin and biodegradable polymer fiber*, *Biomaterials*, Volume 27, Issue 1, 2006, Pages 61-67.
- Rajeev A Jain, *The manufacturing techniques of various drug loaded biodegradable poly(lactide-co-glycolide) (PLGA) devices*, *Biomaterials*, Volume 21, Issue 23, 2000, Pages 2475-2490
- Hui Ying Ang, Heerajnarain Bulluck, Philip Wong, Subbu S. Venkatraman, Yingying Huang, Nicolas Foin, *Bioresorbable stents: Current and upcoming bioresorbable technologies*, *International Journal of Cardiology*, Volume 228, 2017, Pages 931-939
- Mostafa Yazdimamaghani, Mehdi Razavi, Daryoosh Vashaei, Keyvan Moharamzadeh, Aldo R. Boccaccini, Lobat Tayebi, *Porous magnesium-based scaffolds for tissue engineering*, *Materials Science and Engineering: C*, Volume 71, 2017, Pages 1253-1266
- S.K. Swain, I. Gotman, R. Unger, E.Y. Gutmanas, *Bioresorbable β -TCP-FeAg nanocomposites for load bearing bone implants: High pressure processing, properties and cell compatibility*, *Materials Science and Engineering: C*, Volume 78, 2017, Pages 88-95
- Belay Tesfamariam, *Bioresorbable vascular scaffolds: Biodegradation, drug delivery and vascular remodeling*, *Pharmacological Research*, Volume 107, 2016, Pages 163-171

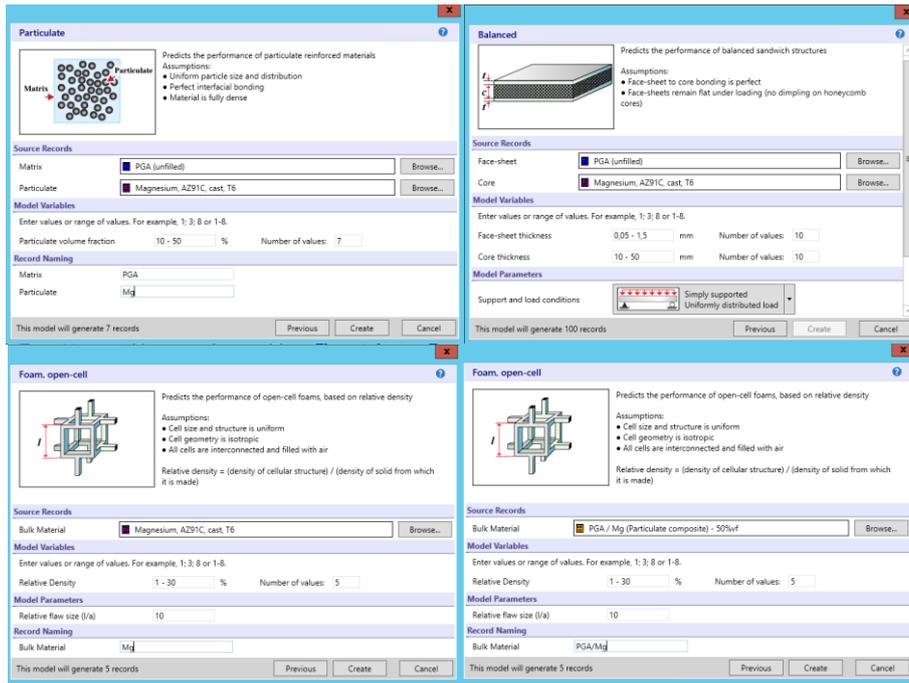


Ilustración 4

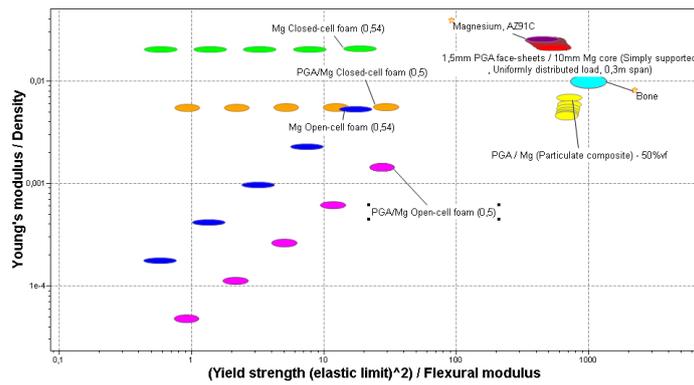


Ilustración 5

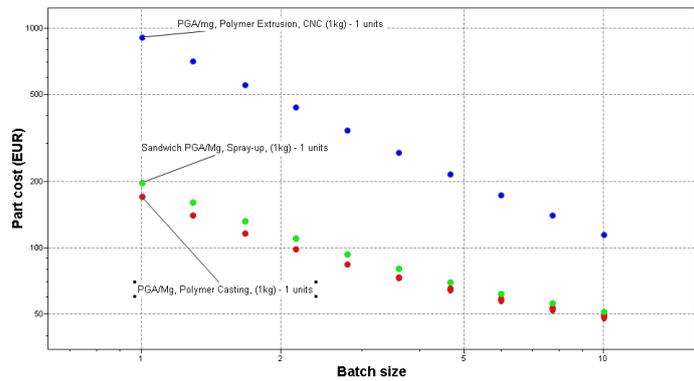


Ilustración 6

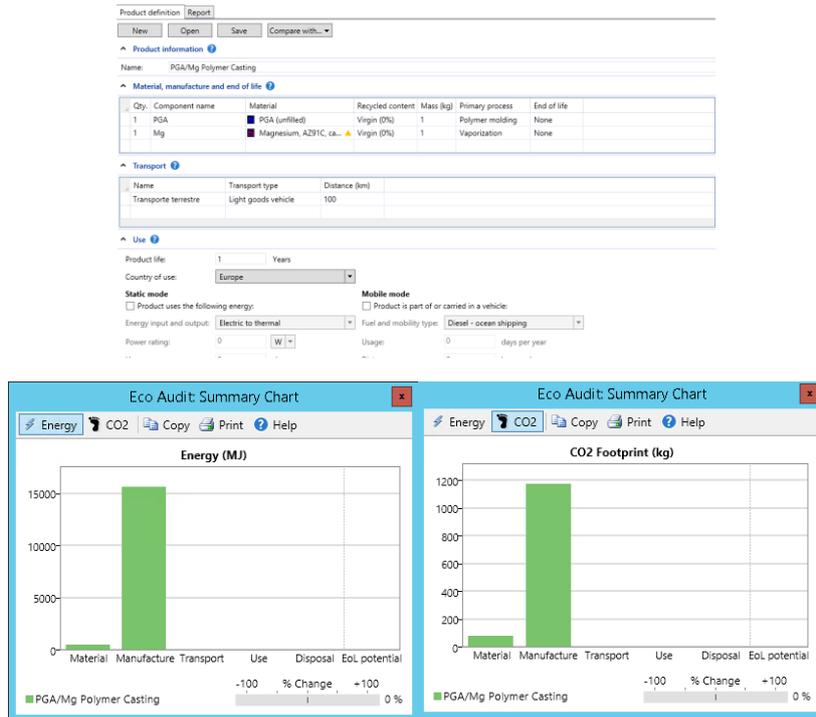


Ilustración 7

Ultra Shock Absorbent; Ingeniería que protege tu vida.

Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia,
Tunja, Colombia

Tutor:

Pablo Miguel Cocha Vesga

Alumno/s:

Jessica Marcela Castillo Pita

Arnold Duvan Niño Reina

Iván Stiven Rodríguez Contreras

Resumen

Las barandas de contención viales son elementos de protección imprescindibles en nuestras carreteras y su principal propósito es proteger vidas, redireccionar automóviles, evitando así la salida de los mismos en carreteras. Actualmente se presenta un alto índice de accidentalidad; muchos de estos accidentes terminan causando graves lesiones físicas, especialmente a motociclistas, los cuales con frecuencia impactan contra las barandas metálicas de contención. La propuesta de diseño de este complemento para las barreras nos permite realizar un proceso de selección de material que cumpla con una serie de requerimientos primordiales en cuanto a sus propiedades mecánicas, que al momento de recibir el impacto, estas sean capaces de resistir, absorber y disipar la energía tras el choque. Luego de realizado dicho proceso de selección, se encontró que el elastómero "Thermoplastic polyamide" PEBA (Shore D55) obtenido por proceso de extrusión, posee las mejores propiedades para este tipo de aplicación ingenieril.



Contenido

1. Objetivos	15
2. Planteamiento del problema	15
3. Solución propuesta	16
4. Resultados y Conclusiones	17
5. Bibliografía	18
6. Anexos.....	19

1. Objetivos

OBJETIVO GENERAL

- Formular por medio del software CES EduPack posibles opciones de materiales a utilizar, como solución al diseño de una baranda con el fin de disminuir los traumatismos severos en los motociclistas.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Evaluar los valores de energía cinética que desarrolla el motociclista al impactar las barandas viales, con el fin de determinar los valores de absorción de energía.
- Establecer condiciones y propiedades mecánicas con las que debe cumplir el nuevo material.
- Diseñar prototipo de barrera con base a nuevo material encontrado.
- Evaluar por medio de la herramienta de Eco Audit del software CES EduPack, costos, energía, huella de CO2 y reciclabilidad del material seleccionado.

2. Planteamiento del problema

Colombia cuenta con un elevado índice de accidentalidad automovilístico, causado por exceso de velocidad e imprudencia por parte de conductores, en terrenos escarpados, pendientes elevadas y curvas pronunciadas. Estos accidentes terminan causando graves lesiones físicas especialmente a motociclistas, los cuales frecuentemente impactan contra las barandas metálicas de contención, puestas bajo normas viales. Por ello, surge la iniciativa de crear defensas viales producidas con un material capaz de absorber la energía cinética ocasionada por el impacto de la motocicleta, de esta manera, se disminuirían significativamente los traumatismos que traen estos accidentes a los motociclistas.

3. Solución propuesta

Con base a los requerimientos automovilísticos e índices viales, como la velocidad media y energía de impacto, se propone diseñar una baranda vial y seleccionar un tipo de material para la misma, que permita solventar necesidades mecánicas ante posibles colisiones de motocicletas, considerando que las barreras ya existentes, cubren necesidades principalmente ante colisiones de automóviles, sin garantizar la integridad física del motociclista. Por lo anterior, se propone diseñar una baranda vial que reduzca la energía cinética provocada en el impacto, disipándola, y que además disminuya el deslizamiento de los motociclistas, evitando también la caída a precipicios, garantizando la reducción de traumatismos causados por el choque. Para el diseño y desarrollo de la baranda, la selección del material es un factor primordial y determinante, el cual se realizó con ayuda del software CES Edupack, seleccionando procedimientos correspondientes para establecer cual material es idóneo, tecnológica y mecánicamente. Se desarrolló una metodología que permite el análisis de las propiedades e índices en el material con el que actualmente se fabrican las barandas, y se desea superar los valores con los que este cuenta como: resistencia a la tracción mínima de 483 MPa, límite de elasticidad de 340 MPa y una elongación de 12%. De esta manera se realizó una gráfica de resistencia a la tracción vs límite elástico, que permite determinar cuáles materiales cumplen y superan los parámetros establecidos anteriormente, arrojando de manera relevante que la familia de elastómeros es la idónea para el propósito del presente proyecto, puesto que los materiales rígidos no son apropiados al objetivo planteado.

Como punto de partida para el análisis mecánico, se realizó una gráfica de resistencia al impacto a 23 °C (kJ/m^2) vs límite elástico (MPa), en base a un modelo dinámico de colisión, teniendo en cuenta que el motociclista impacta con una energía cinética de 80 KJ. Entendiendo las condiciones a las que estará expuesta la baranda, se desea encontrar un material que soporte y sobrepase los límites requeridos, ya que estará sometida a deflexión máxima bajo presión o fuerza específica, por ende se grafica resistencia a la flexión (módulo de ruptura) (MPa) vs Modulo de Young (GPa), aplicando una pendiente de $3/2$, obtenida del proceso matemático de linealización logarítmica, aplicado en dicho índice (Índice de optimización M_1 , ver anexo 1). Adicionalmente como la baranda estará sometida a flexión, se debe tener en cuenta la rigidez limitada, por lo cual se grafica el módulo de flexión (GPa) vs densidad (kg/m^3), aplicando una pendiente de $1/2$ igualmente obtenida del proceso matemático de linealización logarítmica (Índice de optimización M_2 , ver anexo 1); para posteriormente comparar estos índices, seleccionando el material que aporta mejores propiedades, ante las necesidades del proyecto, considerando de igual manera relación costo-beneficio, radiación ultravioleta y determinantes ecológicos como la huella de CO_2 y la energía utilizada, para su fabricación y uso.

4. Resultados y Conclusiones

Se determinó el material que cumple con los requerimientos mínimos que debe soportar la baranda vial, ante posibles colisiones de motociclistas. Con ayuda del modelo dinámico de colisiones se estableció que el material debe soportar valores no menores a 90 KJ.(Ver anexo 1).

Haciendo uso de la variedad de herramientas e índices con los que cuenta software el CES Edupack, fue posible determinar los tipos de materiales que optimizan la relación masa y resistencia a la deformación, a los cuales estará sometido el material. Se encontró que los elastómeros: Thermoplastic polyamide PEBA (Shore D55) y Thermoplastic Polyurethane Elastomer TPU (Ether, aromatic, Shore D55) cumplen significativamente con los valores de resistencia requeridos. (Ver anexo 2.)

Con la herramienta Eco Audit del software Ces Edupack, se evaluó la energía y huella de CO2 en los posibles procesos de fabricación y uso de barandas viales con los materiales propuestos (elastómeros), donde se encontró que existe un mayor gasto energético en la fabricación de estos, pero un inminente ciclo de reciclabilidad de los mismos en posteriores usos, valor significativamente superior en comparación al material en el cual se desarrollan actualmente las barandas. (Ver anexo 3)

De manera complementaria, se utilizó “Autodesk Inventor”, para modelar el tipo de baranda propuesta como solución del problema planteado inicialmente, el cual, proporciona una idea del conjunto “ultra shock Absorbent” y la baranda de contención metálica. (Ver anexo 4.)

Luego de los análisis y resultados obtenidos, se selecciona el material “Thermoplastic polyamide” PEBA (Shore D55), el cual cumple las expectativas de rendimiento y propiedades mecánicas planteadas en el problema a resolver. Adicionalmente, en la base de datos del software Ces Edupack, se encontró que uno de los usos más importantes de este material es la absorción de impactos, lo cual muestra la capacidad del material para ser utilizado en las barandas viales propuestas, y se rechaza el otro elastómero encontrado en el proceso de selección, debido a que sus usos se enfocan en el área de la medicina.

5. Bibliografía

Ashby M. Profesor, "Materials Selection in Mechanical Design", 5th edition, Elsevier Butterworth-Heinemann, Oxford, UK, 2016.

Cebon, D and Ashby, MF (1994), 'Cambridge Materials Selector User's Manual', Granta Design Ltd., Trumpington Mews, 40B High Street, Trumpington, Cambridge CB2 2LS, UK.

ILLEZCA P. David. Simulación de un choque frontal de un vehículo automóvil contra diferentes tipos de barrera. Tesis de grado. Universidad Carlos III de Madrid Escuela Politécnica Superior, octubre 2009. pp. 26-44.

LIBRADO C. Cesar. HERNANDEZ M. José. Evaluación de la disipación de energía realizada por un dispositivo para choque frontal contra una estructura de concreto. Tesis de grado. Universidad de la Salle, Bogotá. 2009. pp. 54-68.

Sección barandas de contención disponible en línea https://www.inti.gob.ar/cirsoc/pdf/publicom/14-Seccion_13_2004.pdf, fecha de consulta 27 de abril 2018.

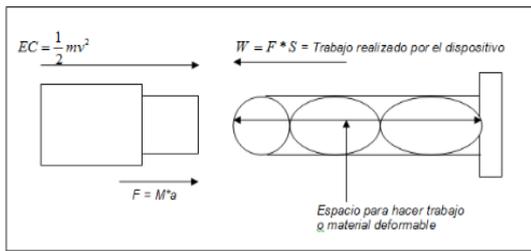
Sección barandas ficha técnica disponible online
http://www.cenovial.com/cenovial/componentes/objetos/fichas_tecnicas_-_cenovial_2012.pdf
fecha de consulta 27 de abril de 2018.

Software Granta Ces Edupack 2017 para selección de materiales para ingeniería.

Software "Autodesk Inventor", paquete de modelado paramétrico de sólidos en 3D.

6. Anexos

Anexo 1: Modelo dinámico de colisión.



$$Ec = \frac{1}{2}mv^2 \text{ (Energía cinética)}$$

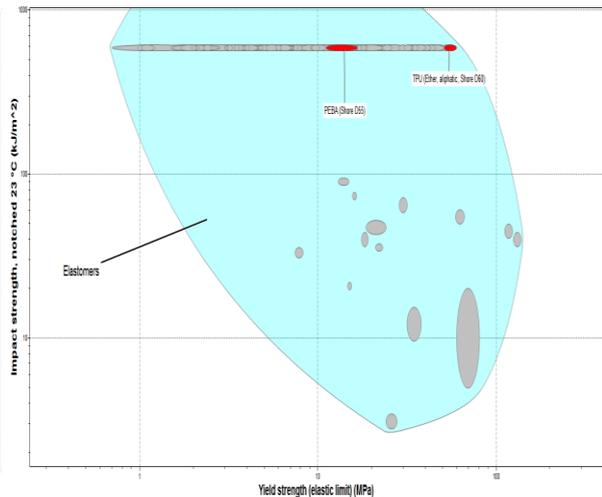
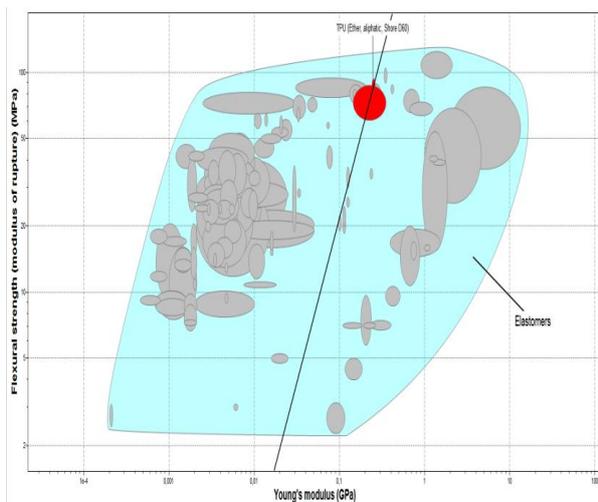
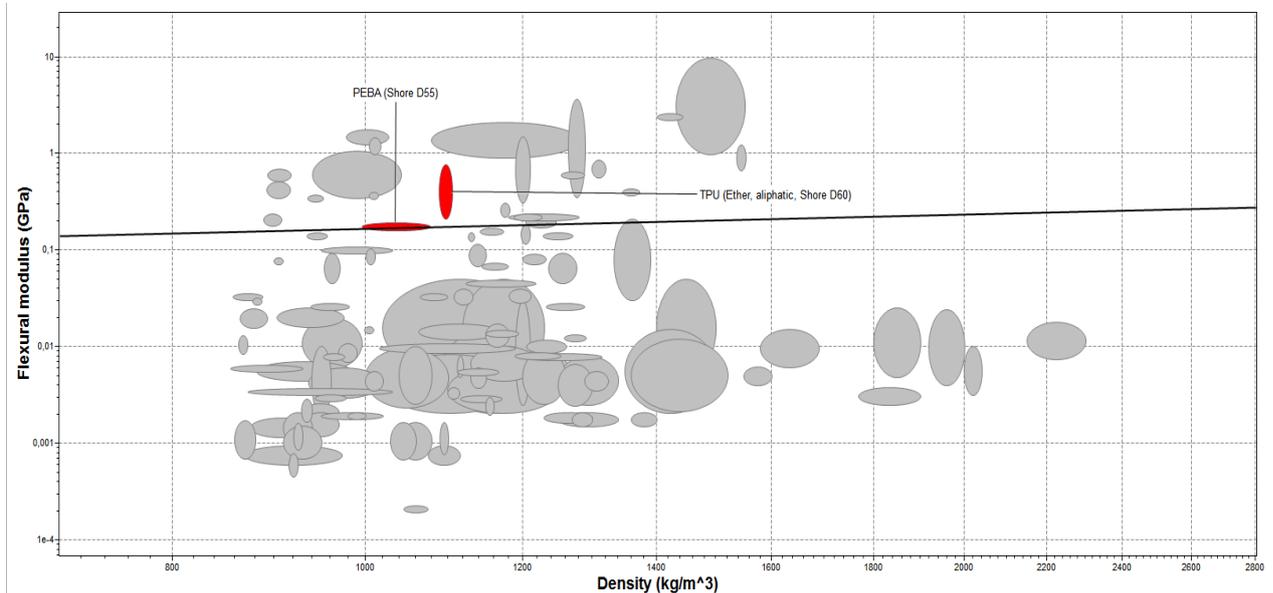
$$Ep = \frac{1}{2}kx^2 \text{ (Energía potencial)}$$

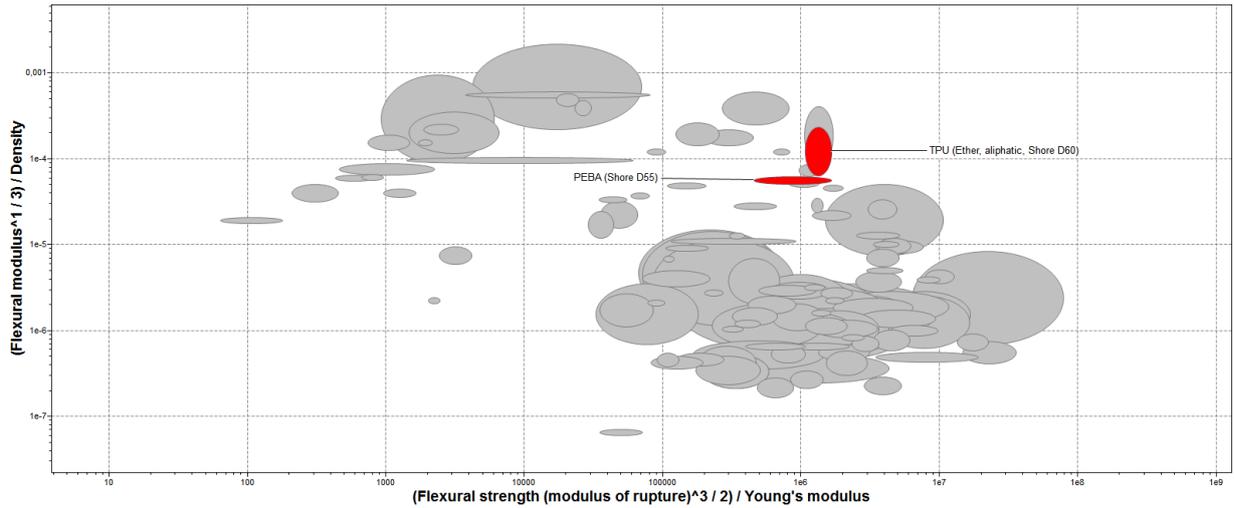
$$M_1 = \frac{\sigma_y^3}{E} \text{ (diseño de rigidez limitada a flexion)}$$

$$M_2 = \frac{\sigma_y^3}{E} \text{ (deflexion maxima bajo presion)}$$

Fuente: LIBRADO C. Cesar. HERNANDEZ M. José. Evaluación de la disipación de energía realizada por un dispositivo para choque frontal contra una estructura de concreto. Tesis de grado. Universidad de la Salle, Bogotá. 2009. pp. 54-68.

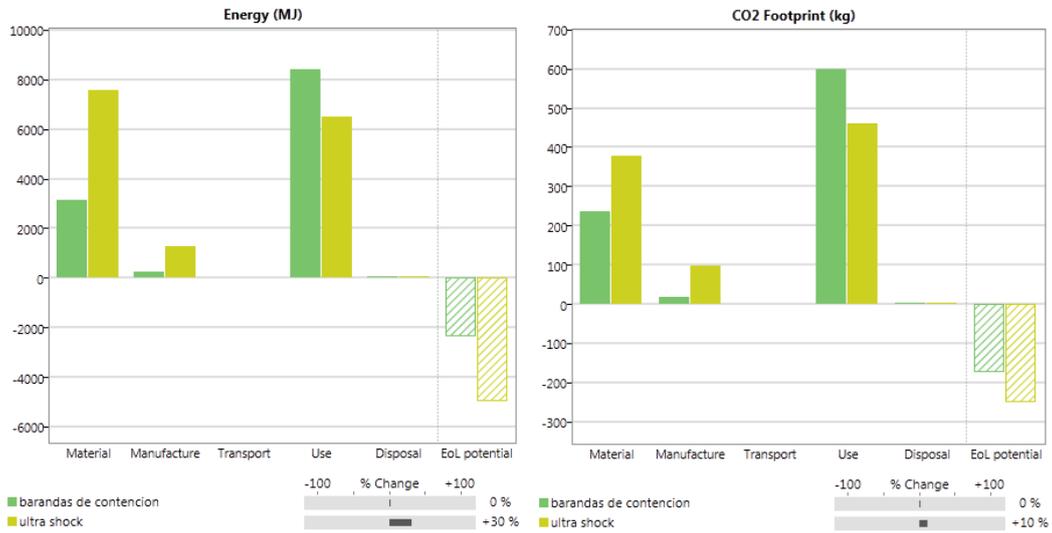
Anexo 2: Aplicación herramientas Ces Edupack para selección de material.





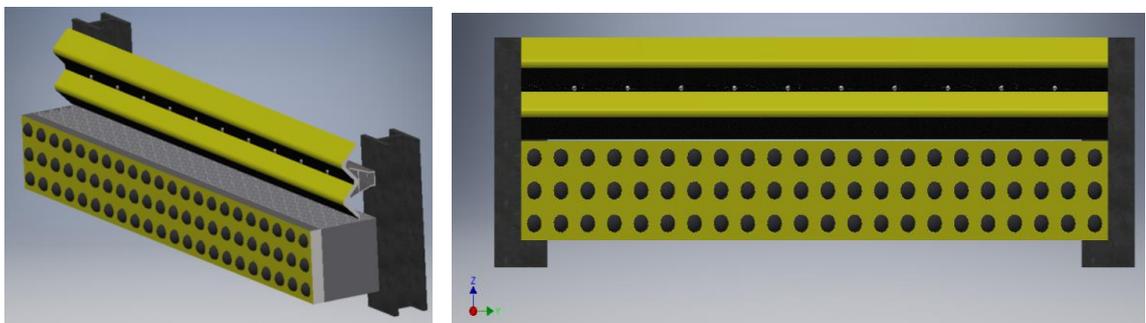
Fuente: autores - Ces Edupack 2017

Anexo 3: Eco Audit para energía, huella de CO2 y reciclabilidad.



Fuente: autores - Ces Edupack 2017

Anexo 4: Modelos de baranda propuesta.



Fuente: Autores - Autodesk Inventor .

Selección de material para carcasas de ordenadores portátiles

Escuela de Ingeniería de Bilbao,
Bilbao, España

Tutor:

Jone Muñoz Ugartemendia

Alumno/s:

Xabier Larrañaga Etxabe

Edurne Marin Ameztoy

Resumen

El uso del ordenador, está cada vez más extendido en distintos ámbitos de la vida diaria, sobre todo en el ámbito académico y profesional. Esto implica tener que transportarlo a distintos lugares teniendo que soportar su peso diariamente. Además, los ordenadores portátiles, cada vez, tienen más potencia por lo que generan mucho calor. Por ello en el siguiente trabajo se realizará la búsqueda de un material o materiales posibles para la fabricación de la carcasa de un ordenador portátil intentando mantener las prestaciones adecuadas, con el fin de reducir su peso y disipación de calor al mejor precio posible.

GRANTA
TEACHING RESOURCES



© Granta Design, 2018
For reproduction guidance, see back page

The Teaching Resources website aims to support teaching of materials-related courses in Design, Engineering and Science.
Resources come in various formats and are aimed primarily at undergraduate education.

Contenido

1. Objetivos	22
2. Planteamiento del problema	22
3. Solución propuesta	23
4. Resultados y Conclusiones	24
5. Bibliografía	25
6. Anexos.....	26

1. Objetivos

El objetivo de este proyecto es seleccionar un material o materiales adecuados para fabricar la carcasa de un ordenador portátil ligero que permita una buena disipación del calor generado al menor coste posible.

Además, se incluye un análisis ECO-AUDIT para seleccionar el material o materiales con el menor impacto medioambiental.

Para ellos, se utilizará el software CES Edupack (Nivel 3), en el que se introducirán los requisitos y las restricciones que impone este producto y se analizarán y discutirán los resultados finales comparándolos con los existentes en el mercado.

2. Planteamiento del problema

El ordenador portátil, es uno de los objetos tecnológicos más usados tanto en el ámbito académico como el profesional. Cada vez, se tiende más y más a transportar los portátiles diariamente al lugar de trabajo o estudio. Además, cada vez se demandan portátiles con mayor potencia, lo que implica más componentes y un mayor consumo de energía que da lugar a una mayor generación de calor, no deseado por el riesgo del sobrecalentamiento de los componentes. Por lo tanto, se necesita una mayor disipación de este calor generado.

Hoy en día, a la hora de comprar un ordenador portátil además de buscar una potencia elevada para trabajar con facilidad, también se busca que pese poco para que sea fácilmente transportable al menor coste posible.

Aunque existen diversos modelos ya en el mercado, aún se sigue buscando el material idóneo que satisfaga ambas condiciones, ligereza y buena disipación térmica al mejor precio competitivo.

3. Solución propuesta

Para llevar a cabo la selección de los materiales se ha partido de la base de datos del CES EduPack del nivel 3 que contiene alrededor de 4000 materiales. Se comenzará por definir breve pero de manera clara cuál es la función que deberá cumplir el producto, y se mantendrá esta idea a lo largo del análisis

I. FUNCION- La carcasa del ordenador portátil deberá servir de soporte estructural para los componentes electrónicos del ordenador, con la geometría que ello precisa, y que a su vez permita que haya flujo de calor hacia el exterior para evitar el sobrecalentamiento de los componentes.

II. RESTRICCIONES- (1) Debido a la necesidad de una geometría específica de la carcasa, es necesario imponer una **limitación de fabricabilidad por conformado**. Para ello se utiliza una etapa "Tree" aplicado a "Universo Procesos" y se seleccionan los métodos de fabricación: **Deformation, Molding, Casting y Composite forming.**; Utilizando la etapa "Límite" se establecerán las siguientes restricciones: (2) Rigidez mínima. Estructuralmente no se espera que las carcasas tengan que soportar cargas mayores que su peso o el del movimiento de levantar la tapa. Sin embargo, es necesario que tenga una mínima rigidez para que los esfuerzos ya mencionados no deformen la estructura. **$E > 10 \text{ GPa}$** ; (3) Tenacidad a la fractura mayor de **$K_{1c} > 15 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{0.5}$** . Siendo un aparato electrónico portátil, su transporte estará expuesto a golpes por los cuales no se quiere que el material sufra una rotura frágil; (4) Alta conductividad térmica que permita disipar el calor generado por los componentes electrónicos. Se ha elegido una conductividad media-alta como el mínimo a superar, **$\lambda > 50 \text{ W/m}\cdot\text{°C}$** . (5) Capacidad calorífica específica alta para que el calor que haya absorbido no eleve su temperatura en exceso (con el objetivo de proteger al usuario). El valor mínimo elegido con referencias de capacidades caloríficas específicas de otros materiales ha sido de **$C_p > 600 \text{ J/kg}\cdot\text{°C}$** .

Observación: Estas limitaciones permitan seguir la selección con materiales que contienen Berilio en su composición, como el Berilio metálico (Be) o el óxido de berilio (BeO) los cuales se sabe presentan una alta toxicidad y propiedades cancerígenas. Es por ello que se han eliminado estas opciones manualmente.

III. MAXIMIZAR OBJETIVOS- Se utilizan las gráficas de burbujas (1) Los índices **a maximizar** son la **conductividad térmica específica** (λ/ρ) (eje x) y la **capacidad calorífica específica** (C_p) (eje y). Se representa una curva la cual delimita la superficie de soluciones de compromiso, línea donde se sitúan los materiales que presentan las mejores prestaciones dentro de la condición de "trade-off". (2) **Minimizar peso y precio**. Se comparan los precios de los materiales frente a la conductividad térmica específica (λ/ρ).

IV. ECO-AUDIT- Mediante la herramienta Eco-Audit se analizan los consumos energéticos y emisiones CO₂ del ciclo de vida de las carcasas para los dos mejores candidatos.

4. Resultados y Conclusiones

Una vez aplicadas todas las restricciones descrita en el apartado anterior, la cantidad de materiales iniciales se reduce a 358 posibles candidatos.

Una vez se han limitado las características técnicas que se le han impuesto al material para poder cumplir la función requerida, se deben de analizar los objetivos, los atributos que se persiguen. La Figura 1 representa la relación entre la conductividad térmica específica y la capacidad calorífica específica. Únicamente 4 de los 358 materiales presentan un compromiso de índices de materiales aceptables, entre los que se destacan **el Aluminio comercialmente puro (Aluminio c.p)** y **el Magnesio comercialmente puro ASTM 9980A (Magnesio c.p)**. En la Figura 2 se compara el precio (el menor posible) con la conductividad térmica específica (el mayor posible) de los 358 posibles candidatos. Este grafico conduce a un resultado casi definitivo, donde **el Magnesio c.p y el Aluminio c.p** son las dos soluciones óptimas por su reducido precio en comparación con las demás opciones.

Llegado a este punto, ambos materiales (Aluminio c.p y el Magnesio c.p) son similares e idóneos para esta aplicación. Para ir un poco más allá, se ha utilizado la herramienta de Eco Audit para estimar el coste de producción y emisiones generadas en la producción de ambos materiales. En la figura 3 se representan el consumo energético y las emisiones de CO₂ para el magnesio y aluminio puros. Para una misma cantidad de material y en las mismas condiciones de transporte y uso del mismo, la herramienta ECO Audit refleja que el **consumo energético y emisiones de CO₂** para las carcasas producidas de **magnesio es ligeramente mayor (1% y 8%)**, pero este resultado no es lo suficiente significativo como para descartar el aluminio como candidato.

Analizando ambos materiales se ha visto que los dos son similares e idóneos para esta aplicación. De hecho, en el mercado ya se encuentran carcasas tanto de aluminio como de magnesio (Apple o Toshiba), cada una con sus ventajas y sus limitaciones. El aluminio presenta una mejor conductividad térmica y una mayor rigidez, evita deformaciones excesivas del ordenador. En cuanto a producción del material, el aluminio es extensamente utilizado, más que el magnesio, y hay más productores cercanos de este material. No obstante, con el Magnesio c.p es posible fabricar carcasas más ligeras que las de aluminio y con precio por unidad de volumen más barato. A pesar de tener menor rigidez, el magnesio presenta mejores propiedades mecánicas tales como mayor resistencia mecánica y mayor tenacidad a la fractura. Además, el Magnesio ofrece una personalidad más tecnológica e innovadora debido a que no es un metal muy conocido por la sociedad, por lo que hará que sea un producto más avanzado. El mismo material transmitirá la sensación de desarrollo tecnológico, ligereza e integridad estructural.

En conclusión, tras analizar los resultados, los dos materiales cuyas características cumplen con las restricciones técnicas impuestas y los cuales se ajustan mejor a los objetivos establecidos son el aluminio p.c y el magnesio puro ASTM 9980A. Sin embargo, los resultados obtenidos no difieren mucho entre ambos materiales. No obstante, el **Magnesio comercialmente puro ASTM 9980A**, transmite una personalidad de innovación tecnológica, gracias al cual puede diferenciarse y colocarse en primera línea dentro del mercado. Por esta razón, nos decantamos por este último material.

5. Bibliografía

<https://www.pcmec.com/article/a-cpu-history/>

<https://www.xataka.com/tecnologiazen/la-dieta-de-los-portatiles-asi-es-como-han->

<http://empresite.eleconomista.es/Actividad/FABRICANTES-ALUMINIO/logrado-ser-cada-vez-mas-finos-sin-perder-las-mejores-innovaciones>

<http://empresite.eleconomista.es/Actividad/FUNDICION-MAGNESIO/>

<http://empresite.eleconomista.es/Actividad/FABRICANTES-ALUMINIO/>

<https://es.statista.com/estadisticas/634234/pcs-portatiles-prevision-de-ingresos-mundiales-2005/>

6. Anexos

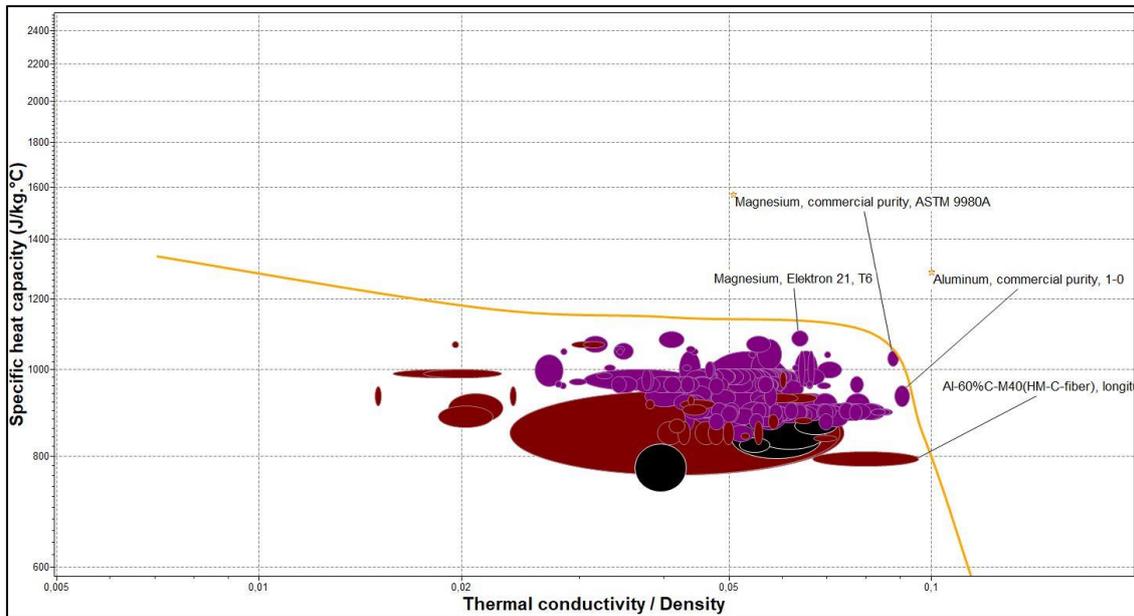


Figura 1: Relación entre la conductividad térmica específica y la capacidad calorífica específica. En naranja la línea de compromiso.

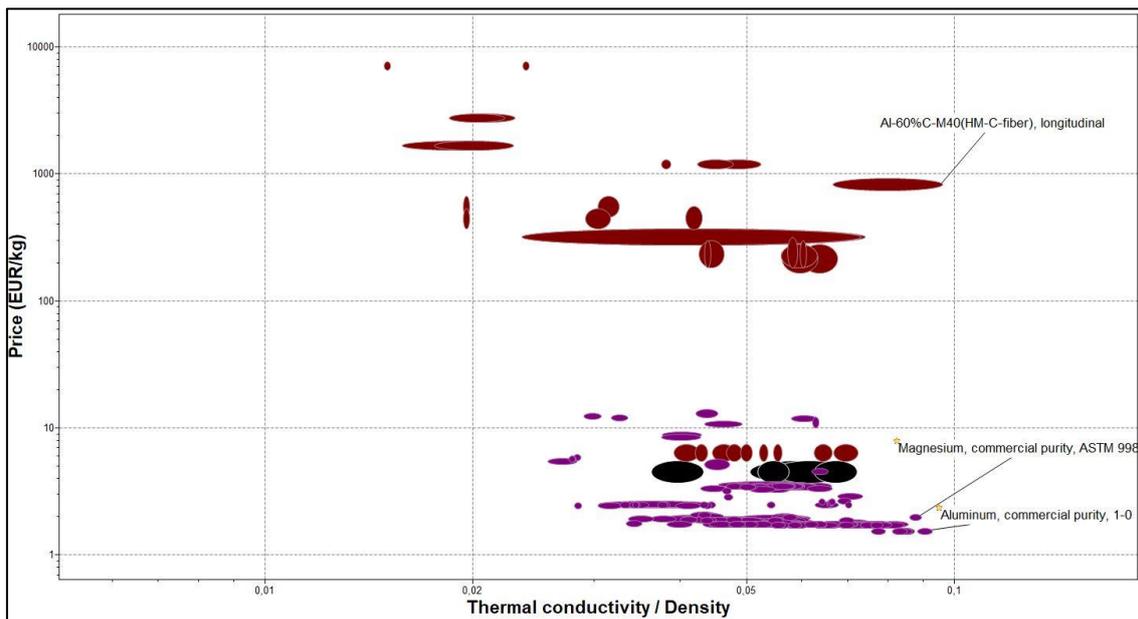


Figura 2: Comparación entre el precio y la conductividad térmica específica.

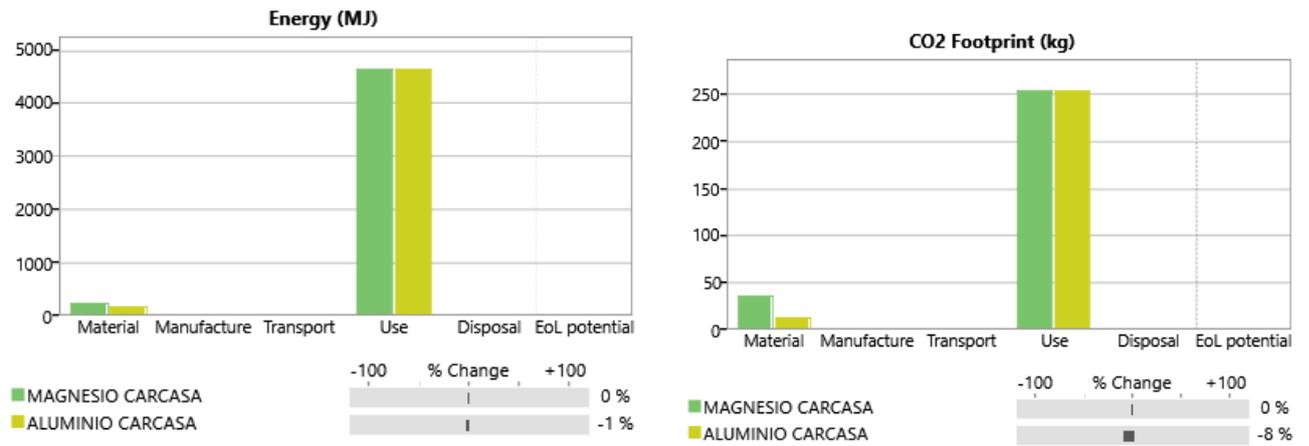


Figura 3: Consumo energético y emisiones de CO₂ del ciclo de vida de la carcasa de ordenador hechas de magnesio y aluminio.

Tornillos Quirúrgicos

Tecnológico de Monterrey,
Puebla, México

Tutor:

Luis Antonio Carrillo-Martínez

Alumno/s:

Alejandra Celeste Pérez Rafful

David Díaz Marín

René Alexander Delgado Carrero

Resumen

Una fractura es la pérdida de continuidad normal de la sustancia ósea o cartilaginosa, a consecuencia de golpes, fuerzas o tracciones cuyas intensidades superen la elasticidad del hueso. Por lo cual la importancia de que la consolidación ósea sea correcta es de gran relevancia, ya que de esto dependerá la movilidad de la persona. Es por eso que el tomar en cuenta que los artefactos como placas y tornillos quirúrgicos tengan todas las características posibles para ayudar a la comodidad y mejoría del paciente es de suma importancia.



Contenido

1. Objetivos	63
2. Planteamiento del Problema	63
3. Solución Propuesta	64
4. Resultados y Conclusiones	65
5. Bibliografía	65
6. Anexos.....	66

1. Objetivos

Sustituir los materiales comunes usados en cirugías ortopédicas para la reconstrucción/rehabilitación del sistema músculo esquelético humano, debido a que:

- i) los fluidos corporales corroen las aleaciones metálicas de las placas y tornillos quirúrgicos, y están limitados por su tiempo de vida;
- ii) es necesaria otra operación (tratamiento invasivo) para removerlo, iii) éstos no son porosos, ya que contrarrestan el crecimiento del hueso;
- iv) descartan al paciente para futuros tratamientos médicos;
- v) no interactúan con el medio interno del cuerpo, es decir no son bio-activos;
- vi) presentan incomodidad en la vida cotidiana del paciente cuando tiene una estructura extra

2. Planteamiento del problema

La aleación de aluminio (ti-al6-v4), el cuál es el material actualmente utilizado presenta ventajas en peso, propiedades mecánicas y de resistencia a la corrosión con respecto a materiales utilizados anteriormente (acero inoxidable, cobalto), sin embargo, tiene una baja resistencia al desgaste y un costo muy alto. Al mismo tiempo evitan procedimientos médicos y a la larga resultan más invasivos debido a que estos tienen un corto tiempo de vida.

Por otro lado, estas placas y tornillos llegan a ser poco cómodos para el paciente y en ocasiones necesitan ser cambiados lo cual quiere decir continuas intervenciones y rehabilitaciones, debido a que los fluidos corporales contribuyen a la oxidación de éstos mismos o el que al no ser un material poroso no contribuye a la regeneración ósea.

Con base a lo anterior se propone el uso de un biocerámico, bio activo el cual pueda satisfacer

3. Solución propuesta

Tras la investigación de los diferentes biomateriales los cuales son amigables para el cuerpo, nos inclinamos hacia los materiales Biocerámicos, ya que también es un biomaterial duro el cual es necesario para la correcta unión de los huesos tras una fractura, al mismo tiempo estos están diseñados para tener una buena interacción con los tejidos sin provocar alteraciones.

Los biocerámicos más comunes son algunos aluminios, la zirconia y los biovidrios. Estos materiales por su composición física presentan ventajas tales como: ser compatibles con el sistema musculo esquelético, tener propiedades físicas muy similares a las de hueso, resistencia a la corrosión, ser inerte y adherente a los tejidos y tener alta resistencia a la compresión y al desgaste.

Debido a lo anterior se utilizará el biovidrio (sílice), como componente principal para la nueva fabricación de las placas y tornillos, sin embargo, este material necesita otro factor muy importante para la solución a nuestra problemática , que es el hecho de que el cuerpo pueda degradar y absorber el material sin ser tóxico, dañino o causar repercusiones al organismo, por lo cual el biovidrio en combinación del polímero biodegradable, logra cumplir nuestro objetivo ya que después del tiempo necesario el organismo es capaz de metabolizar y re sintetizar en compuestos que puedan ser absorbibles por el cuerpo.

Por otro lado con ayuda del CES Edupack tras hacer un comparativo del material actual y el de propuesta nos percatamos de la gran cantidad de ahorro de energía y la reducción de CO2 que obtendremos al hacer el cambio de materiales para el objeto en cuestión, lo cual es de suma conveniencia e importancia tanto para las empresas así como para el medio ambiente.

4. Resultados y Conclusiones

Así, en conclusión con éste nuevo material, logramos una mejor aplicación del producto en cuestión, como que, el paciente no tendrá la necesidad de segundas intervenciones, ni el limitarse a procedimientos médicos, debido a que el material por sí mismo cumple funciones similares a los tejidos de su alrededor, promueve el crecimiento del hueso y al mismo tiempo el cuerpo puede absorberlos libremente sin daño alguno y por otro lado la contribución a la sociedad por el impacto ecológico que éste tendría.

1. Ing. Leandro Barragán. (2009). Biomateriales. 29/04/2018, de Instituto tecnológico de Tijuana Sitio web: <https://es.slideshare.net/herovalrey/biomateriales>
2. □ SINC. (2013). El biovidrio puede actuar de soporte en la regeneración ósea. 29/04/2018, de SINC Sitio web: <http://www.agenciasinc.es/Noticias/El-biovidrio-puede-actuar-de-soporte-en-la-regeneracion-osea>
3. □ A.Larrañaga, Jose Ramon Sarasua. "Effect of bioactive glass particles on the thermal degradation behaviour of medical polyesters". *Polymer Degradation and Stability*. 98: 751-758, 2013.
4. □ David Aradilla Zapata, Ramón Oliver Pujol, Francesc Estrany Coda . (2012). Polímeros biodegradables: una alternativa de futuro a la sostenibilidad del medio ambiente. 29/04/2018, de Tecnica Industrial Sitio web: <http://www.tecnicaindustrial.es/TIFrontal/a-3871-polimeros-biodegradables--alternativa-futuro-sostenibilidad-medio-ambiente.aspx>
5. □ Wikipedia. (2018). Fractura. 29/04/2018, de Wikipedia Sitio web: <https://es.wikipedia.org/wiki/Fractura>
6. □ Doctor Zygmunt Haduch, Doctor Marco A. L. Hernández-Rodríguez. (2017). BIOMATERIALES: CARACTERÍSTICAS Y APLICACIONES. 29/04/2018, de Biomédica y clínica Sitio web: <https://franciscoalavez.wordpress.com/2007/12/19/biomateriales-caracteristicas-y-aplicaciones/> <https://www.ucm.es/data/cont/docs/420-2014-02-18-03%20Tratamiento%20de%20Fracturas.pdf>

6. Anexos

Una vez determinado el material para resolver las problemáticas planteadas, se pensó cuál podría ser nuestro siguiente enfoque para que nuestra propuesta pudiese llevarse a cabo, y es el compromiso social y ecológico que todo producto y empresa debería tener, entonces, se decidió realizar una eco auditoría, para asegurarnos que nuestra propuesta pudiese ser completamente viable.

1. MATERIAL ACTUAL

La aleación de titanio contiene aluminio y vanadio, según la composición: Ti6Al4V. El aluminio incrementa la temperatura de la transformación entre las fases alfa y beta. El vanadio disminuye esa temperatura.

El Ti6Al4V puede ser mecanizado a forma de acomodar las superficies irregulares de los huesos, como en el caso de placas para los huesos fracturados, cuando se utiliza para fabricar prótesis óseas o dentales.

Se trata de una aleación alfa-beta. Esta aleación se produce en diferentes grados, siendo los más usados los de grado: 5, 23 y 29. La variedad de grados está relacionada con la cantidad de oxígeno que tiene cada una de ellas y esto hace variar las propiedades mecánicas de la aleación.

2. ECO AUDITORIA

Actualmente como ya previamente se dijo, se utiliza una aleación de titanio para la producción de tornillos y placas quirúrgicas, hoy proponemos el uso de un cerámico, el biovidrio para la nueva fabricación de éste producto. Se muestra a continuación unas tablas y gráficas comparativas de estos dos materiales.

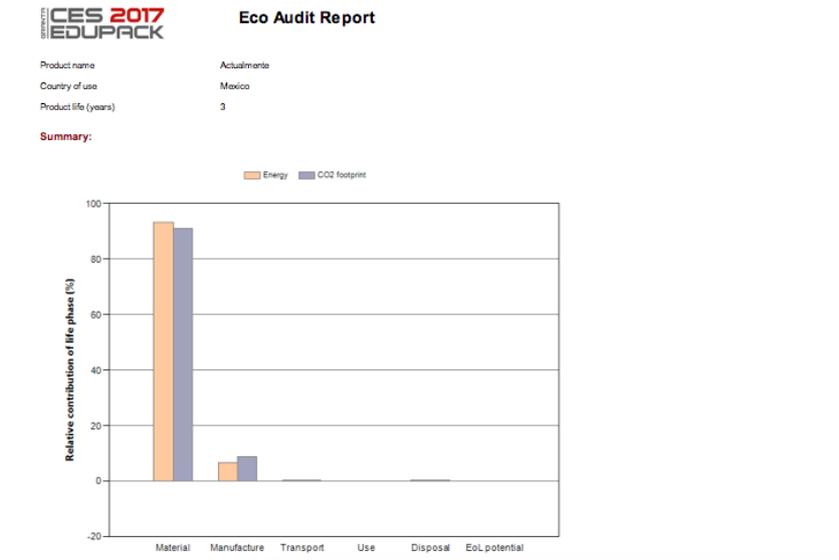


Fig. 1 Ecoauditoria de energía y CO2 respecto al tiempo de vida del material actual

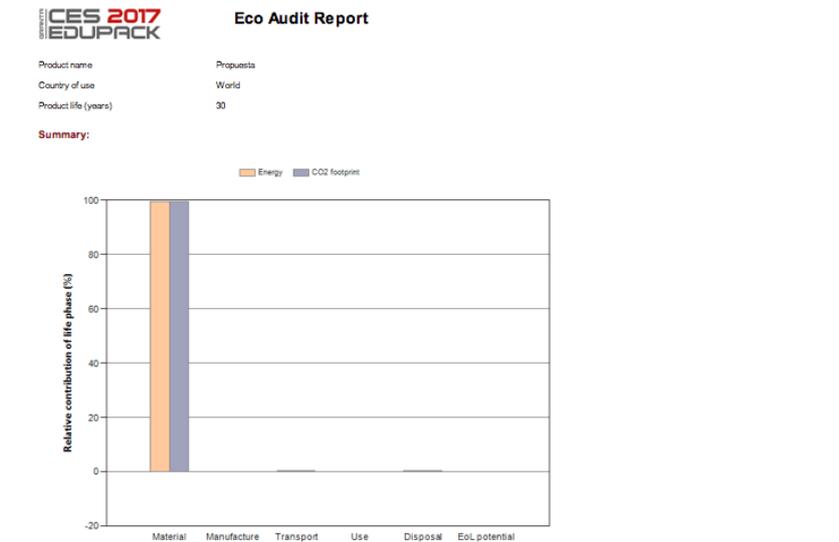


Fig. 2 Eco auditoria de energía y CO2 respecto al tiempo de vida del material propuesto

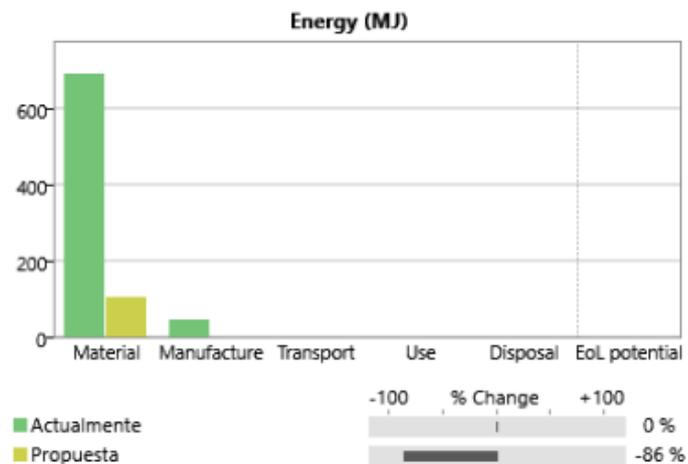


Fig. 3 Comparación de Eco Auditorias

3. CONCLUSIÓN

Con base a los resultados obtenidos en la eco auditoría, en las dos primeras gráficas se puede observar que no hay mucha diferencia en el gasto de energía y de CO2 en lo que es el material, eso claro aparentemente, por que si prestamos más atención podemos ver que estamos comparando 3 años de vida de la aleación de titanio contra 30 años del biovidrio, viéndolo así, hay una diferencia enorme entre estos materiales. Usando el biovidrio como nuevo material nos aseguramos de mantener un ambiente con mucha menos contaminación, y por otro lado la manufactura de éste material es de mejor costo, lo cual sería un factor a favor para las empresas fabricantes. Es la combinación perfecta entre darle un mejor uso y que sea de mayor agrado para el usuario y al mismo tiempo la producción de éste nos ayuda a mejorar la calidad de vida de nuestro planeta. Por otro lado la manufactura de éste material es de mejor costo, lo cual sería un factor a favor para las empresas fabricantes.

Ampolla resistente para bombillas LED

Escuela Politécnica Superior de Algeciras,
Universidad de Cádiz, España

Tutora:

Teresa Ben Fernández

Alumno/s:

Fernando Daniel Gallego Meléndez

Resumen

Tradicionalmente cuando la ampolla de una bombilla se rompía, ésta dejaba de funcionar, hoy en día la mayoría de bombillas son LED, de forma que esto ya no ocurre, pero la ampolla sigue siendo igual de frágil y, por tanto, igual de peligrosa. Hemos llevado a cabo la búsqueda de un material que soporte mejor los golpes, resista las condiciones de temperatura de una bombilla LED y sea lo más ecológico posible.



GRANTA
TEACHING RESOURCES

© Granta Design, 2018
For reproduction guidance, see back page

Contenido

1. Objetivos	71
2. Planteamiento del Problema	71
3. Solución Propuesta	72
4. Resultados y Conclusiones	73
5. Bibliografía	74
6. Anexos	74

1. Objetivos

El objetivo del proyecto es contribuir a la optimización del diseño de bombillas LED mediante la propuesta de un nuevo material para ampollas de bajo coste con alta tenacidad a posibles impactos accidentales durante su traslado, instalación y uso. En este trabajo pretendemos sustituir el actual vidrio con el que se fabrican las ampollas de las bombillas para que ofrezca una mayor garantía de durabilidad. Es por ello que nos planteamos como objetivos básicos el maximizar la resistencia a impacto y minimizar costes en materiales con perfil ecológico.

2. Planteamiento del problema

El principal problema que observamos en los diseños de las actuales bombillas es que la gran mayoría, en su intento de imitar el aspecto de las clásicas con ampollas de vidrio (cristal de carbonato de sodio y zinc), poseen poca durabilidad. Este componente tiene una función puramente estética en este tipo de luminarias. Al ser un material cerámico con un bajo espesor, es muy frágil y potencialmente peligroso, pues en caso de rotura puede dar lugar a cortes como consecuencia de las aristas afiladas de los fragmentos resultantes. Esta problemática va además en contra del fin con el que nacieron este tipo de bombillas, aumentar el tiempo de vida de las bombillas para un mayor ahorro energético ya que por mucho que alargemos el tiempo de vida del emisor, si la ampolla se rompe, la bombilla suele desecharse.

Para seleccionar materiales alternativos será necesario tener en cuenta la función a cumplir, las exigencias de diseño que el cliente requiere, las restricciones de fabricación, etc, En particular deben ser transparentes, con temperaturas de trabajo acordes con las que se puede alcanzar por el funcionamiento de la lámpara (60°C aproximadamente), que admita procesos de conformado para generar figuras 3D cerradas y con forma compleja (lo que limita su proceso de conformado moldeo por soplado), y otras cuestiones a aplicar por su uso en hogar como la no inflamabilidad. Desde el punto de vista medioambiental nos planteamos debemos exigir adicionalmente condiciones de biodegradabilidad o por lo menos de reciclabilidad.

3. Solución propuesta

Los requerimientos de diseño se resumen en la siguiente tabla:

Función	Ampolla de bombilla resistente a golpes y caídas, biodegradable y/o reciclable
Restricciones	<ul style="list-style-type: none"> • Transparencia • Comportamiento estable a alta temperatura ($T_{\text{máx}} > 70^{\circ}\text{C}$) • 100 % reciclable o biodegradable • Geometría compleja → procesos de moldeo por soplado
Objetivo	<ul style="list-style-type: none"> • Minimizar costes • Maximizar tenacidad a impacto

Para elegir a los mejores candidatos de la larga lista de materiales que cumplen estos requisitos se han aplicado en primer lugar las restricciones mediante herramientas Limit y Tree del software CES-EduPack. Una vez obtenida una lista reducida de candidatos, se buscaron los materiales que mejor cumplan los objetivos planteados a través del índice de material K_{IC}/coste y con ello buscar aquellos materiales más tenaces y baratos.

Como puede verse en las *Figuras 1 y 2* el material con la mejor relación precio/tenacidad que cumpla las restricciones es el PVC, por lo que la elección parece clara, sin embargo, tenemos un candidato que nos parece interesante mencionar, el acetato de celulosa (CA), es el único material biodegradable, pero tiene el gran inconveniente de tener un uso limitado en cuanto a los procesos de termoconformado.

En las *Figuras 3 y 4* se muestran los gráficos procedentes de una eco-auditoría (usando el módulo *Eco-Audit del mismo software*), donde se comparan la huella de CO_2 y el consumo de energía en cada etapa del ciclo de vida de la ampolla fabricada en cada uno de los dos materiales mejor posicionados en la selección. Como puede comprobarse, el PVC a lo largo de todas las etapas de su ciclo de vida, consume menos energía y genera menos CO_2 que el acetato de celulosa, al final del ciclo de vida, si ambos se reciclan, es más complejo el proceso de reciclaje del CA. Por supuesto entendemos que, al ser biodegradable, es mejor opción desecharlo en lugar de reciclarlo, al menos en términos energéticos.

Adicionalmente hemos llevado a cabo un análisis de coste de fabricación, para ello hemos usado el módulo *Part Cost Estimator*.

En este módulo hemos supuesto ciertas características de la ampolla, entre ellas, el peso, el tamaño, el proceso de fabricación y el tipo de industria en el que estaría incluida este tipo de procesos. Con esto comparamos los costes estimados de fabricación entre la opción actual y el PVC. Los datos usados para esta estimación son: lotes de 100000 unidades, proceso de

4. Resultados y Conclusiones

Aplicando las restricciones de biodegradabilidad y siendo laxos en el proceso de fabricación, el único material resultante es el CA, pero vamos a descartarlo por varias razones; en primer lugar, al ser una pieza para bombillas, el proceso de fabricación debe ser muy fiable, por lo que no podemos usar el CA en un proceso cuyo uso es limitado, por otro lado, el coste es mucho mayor, lo que encarecería la bombilla para un aspecto que no tiene implicaciones en su uso práctico.

En el caso de que busquemos un material reciclable y de excelente conformabilidad, obtenemos una lista de 19 candidatos válidos de forma que debemos establecer los índices de material con el fin de poder reducir la lista y seleccionar solo unos pocos. En la *Figura 2* se han agrupado las dos propiedades objetivo (precio y tenacidad a fractura) para ordenar todos los candidatos. Tras hacer la estimación de costes el PVC tiene mejor relación tenacidad/coste que el cristal (*Figura 3*).

En la siguiente tabla podemos comparar las propiedades más importantes entre los tres materiales:

	PVC	CA	Cristal actual
T _{max} ^a de servicio (C°)	70-80	53-67	110-460
Comportamiento ambiental	Reciclable	Reciclable y biodegradable	Reciclable
Tenacidad (MPa·m ^{0.5})	1.46-4.23	1.5-1.8	0,62-0,63
Precio (€/kg)	1.25-1.43	4.4-5.64	1,26-1,49

Llegados a este punto nos planteamos si realmente, en términos de durabilidad es importante haber duplicado la tenacidad a la fractura, para comprobar si es algo apreciable en la práctica deberíamos realizar un prototipo y hacer pruebas de impacto típicas de un hogar, si para las pruebas más exigentes no hay diferencia, deberíamos plantearnos la probabilidad de que ocurran esas situaciones y si es suficiente como para justificar un cambio en las bombillas actuales.

También debemos de reconocer que los materiales elegidos solo pueden usarse en lámparas de baja potencia, pues el margen hasta la temperatura máxima de servicio no es muy alta, lo cual marca la diferencia con las bombillas tradicionales que son capaces de soportar temperaturas mucho mayores.

Asimismo, debemos puntualizar que el PVC tiene un coeficiente de expansión térmica unas 10 veces mayor y una resistencia a fatiga menor que el cristal, de manera que nos surgen dudas respecto a la durabilidad de estas ampollas de polímero, pues el estrés térmico podría debilitarlas; al igual que con la tenacidad, tendríamos que hacer una prueba real para comprobar la vida a fatiga de estas bombillas. Una alternativa, pero a mayor coste sería el PC con una temperatura en servicio y tenacidad mayor, pero a mayor coste.

En cuanto a coste de fabricación la diferencia es notable entre el cristal y el PVC. Este último

En cuanto a coste de fabricación la diferencia no es notable entre el cristal y el PVC, éste es más caro con 2,5€ de media frente a los 2,1€ del cristal suponiendo un lote de 100000 uds. y con los procesos propios de cada uno, si tomamos por buenos estos datos, al fabricarse grandes lotes de bombillas, los costes pueden aumentar ligeramente respecto del precio actual.

Finalmente, también se han analizado el material seleccionado mediante el uso de las ecoauditorías. Entre sus resultados se observa que el cristal a lo largo de su vida presenta una huella de CO₂ inferior con respecto a realizar una ampolla de PVC, en gran medida debido al gran consumo requerido para la fabricación del polímero (*Figura 4*).

5. Bibliografía

- [1] Ashby M.F., *Materials selection in mechanical desing*, 3ª edición, Amsterdam [etc.]: Butterworth-Heinemann, 2005.
- [2] Granta Desing Ltd., software CES EduPack;
<http://www.grantadesing.com/es/education/index.htm>
- [3] “**Materials and the Environment**”, 2nd Edition by M.F. Ashby, Butterworth-Heinemann, Oxford 2012, UK. Chapters 1-10
- [4] Norma **UTE C20 010** sobre protección IP en bombillas (Francia)
- [5] Disipación de calor en las bombillas LED [27/5/2016]. Disponible en: www.bombilla-mundo.es/blog/2016/05/27/disipacion-calor-led/
- [6] Temperatura bombilla LED vs incandescente [9/2/2012]. Disponible en: www.blog.ledbox.es/noticias-y-novedades/curiosidades-led/iluminacion-led-vs-incandescencia-temperatura-2
- [7] Gestión térmica en luminarias LED [17/12/2014]. Disponible en: www.blog.ledbox.es/informacion-led/gestion-termica-de-las-luminarias-led
- [8] Características básicas sobre lámparas incandescentes. Disponible en: https://es.wikipedia.org/wiki/Lámpara_incandescente
- [9] Protección IP en bombillas LED [20/12/2017]. Disponible en: <http://www.ledtecnologia.com/grados-de-proteccion-ip/>
- [10] Códigos de protección IP. Disponible en: <http://www.shipserv.com/ShipServ/pages/attachments/231094-ma/0361SS0614w.pdf>
- [11] Ciclo de vida de bombillas LED y bombillas fluorescentes [2015] Análisis de ciclo de vida y procesos sostenibles (Universidad autónoma de Bucaramanga). Disponible en: https://www.academia.edu/28286377/Análisis_de_ciclo_de_vida_Bombillas_LED_y_Bombilla_Fluorescente **ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA Y PROCESOS SOSTENIBLES**

6. Anexos

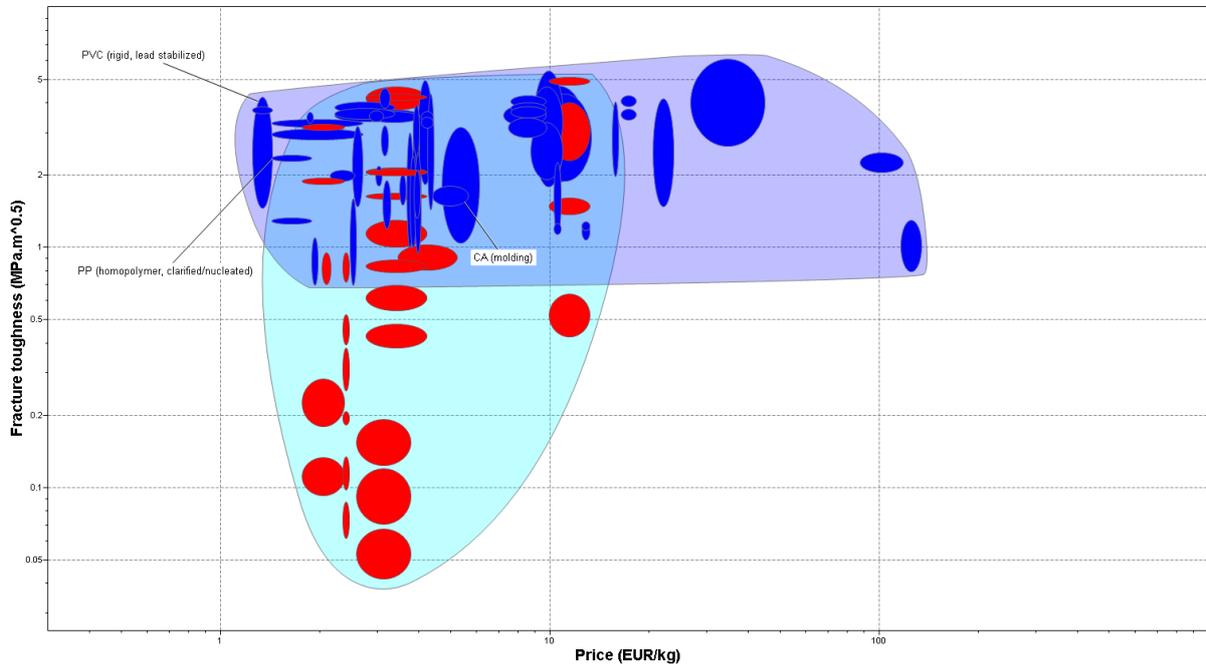


Figura 1: familia de materiales que cumplen los requisitos iniciales salvo el conformado; de entre ellos destacamos los materiales que mejor relación tenacidad-precio tienen (PVC y PP) y el CA por su biodegradabilidad

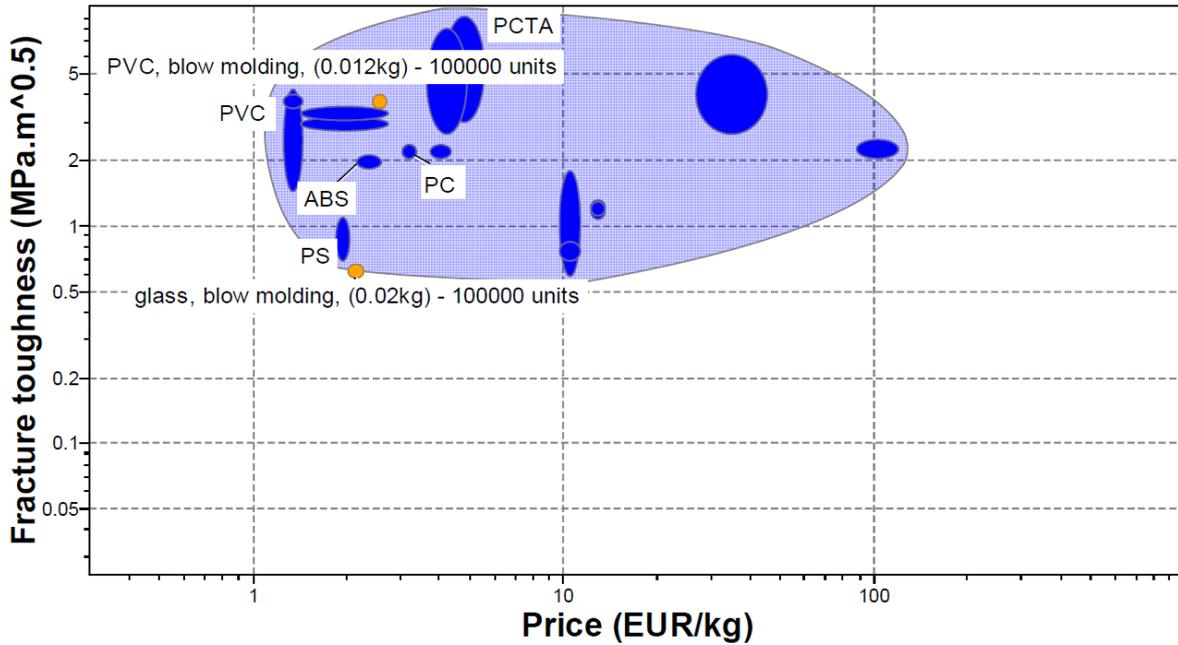


Figura 2: familia que cumple los requisitos iniciales y "materiales" creados a partir de la estimación del coste; comprobamos que el cristal es ligeramente más barato, pero la tenacidad a fractura del PVC es muy superior.

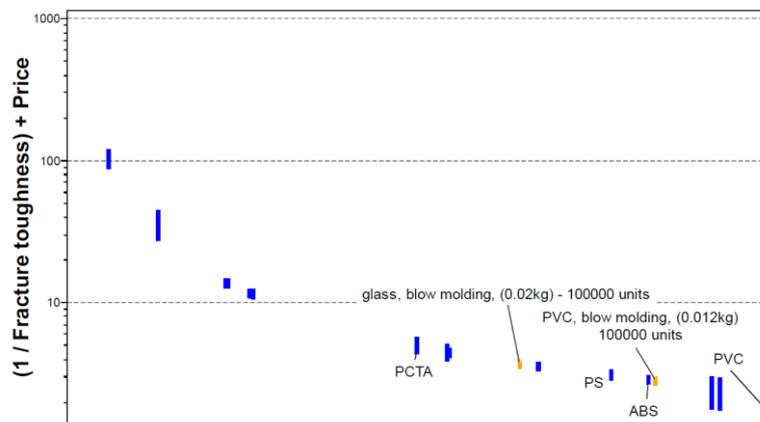


Figura 3: ordenados los materiales según su relación entre precio y tenacidad; comprobamos que el PVC es el mejor material en origen (cuanto más a la derecha, mejor), al usar los "materiales" de la estimación de coste, el PVC sigue siendo superior al cristal tradicional.

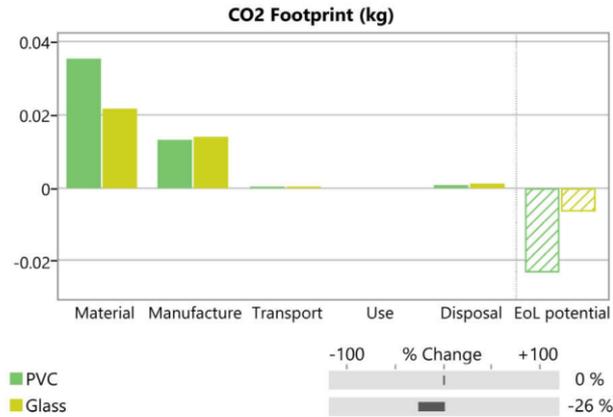


Figura 4: Eco Audit comparando el PVC y cristal; se comprueba que el cristal tiene una menor huella de CO₂, aunque el PVC tiene un mayor potencial de recuperación al final de la vida útil de la bombilla. Es evidente que el mayor inconveniente del PVC es su fabricación.

Cristal de carbonato de sodio y zinc

PVC

Source records
 Material = Soda zinc glass - 2473
 Primary Process = Glass blow molding

Component details
 Value of scrap material = 2 % of virgin price
 Part mass = 0.02 kg
 Part length = 0.01 m

Primary shaping process
 Load factor = 50 %
 Overhead rate = 134 EUR/hr
 Capital write-off time = 5 years
 Availability = Custom form
 Part complexity = Standard

Additional attributes
 Tool life (units) - Primary process = 1.458e6
 Capital cost - Primary process = 1.514e5 EUR
 Production rate (units) - Primary process = 4.098e4 /hr
 Material utilization fraction - Primary process = 0.99
 Tooling cost per part - Primary process = 0.01148 EUR
 Overhead cost per part - Primary process = 0.003438 EUR

Source records
 Material = PVC (rigid, molding and extrusion)
 Primary Process = Glass blow molding

Component details
 Value of scrap material = 2 % of virgin price
 Part mass = 0.012 kg
 Part length = 0.01 m

Primary shaping process
 Load factor = 50 %
 Overhead rate = 134 EUR/hr
 Capital write-off time = 5 years
 Availability = Custom form
 Part complexity = Standard

Additional attributes
 Tool life (units) - Primary process = 1.563e6
 Capital cost - Primary process = 1.348e5 EUR
 Production rate (units) - Primary process = 4.244e4 /hr
 Material utilization fraction - Primary process = 0.99
 Tooling cost per part - Primary process = 0.01086 EUR
 Overhead cost per part - Primary process = 0.003303 EUR

Figura 5: a la izquierda la nota de la estimación del coste de las ampollas de cristal, a la derecha la nota de la estimación del coste de las ampollas de PVC.

Disminución del impacto ambiental en la caza

Universidad de Cádiz,
Algeciras, España

Tutor:

David Sales Lériða

Alumno/s:

Antonio José Rivas Chacón

José Luis Recio Martín-Vázquez

Juan Pablo Brenes Pérez

Resumen

En este estudio realizado con la ayuda del CES Edupack se evalúa la posibilidad de sustituir algunos de los materiales usados en los cartuchos de escopetas para caza deportiva por otros más respetuosos con el medio ambiente sin renunciar al factor económico. Se traduce en una gran oportunidad para reducir el impacto ambiental sin mermar la función ni los objetivos del producto final.



Contenido

1. Objetivos	80
2. Planteamiento del Problema	80
3. Solución Propuesta	81
4. Resultados y Conclusiones	82
5. Bibliografía	Error! Bookmark not defined.
6. Anexos	84

1. Objetivos

Sustitución de los materiales con los que se fabrican los cartuchos de escopetas debido a que en la actualidad existen aproximadamente 20 millones de personas que practican la caza en el mundo, estimándose unos 6 millones de disparos en cada temporada durante la práctica de la caza deportiva.

Los restos de los cartuchos utilizados quedan dispersos por las zonas rurales. Estos restos comúnmente formados por polietileno, latón y plomo o aceros afectan a la biodiversidad de las zonas rurales, quedando unas 25000 toneladas de plomo y alrededor de 1500 millones de cartuchos abandonados en el campo con el consiguiente impacto ambiental.

Así los objetivos del proyecto son:

- Reducción del impacto ambiental.
- Manteniendo costes bajos.

2. Planteamiento del problema

Definido el objetivo, se plantea cambiar el material de fabricación de los cartuchos de calibre 12. Las dimensiones, así como el esquema de este tipo de cartuchos se pueden observar en la "imagen 1" de los anexos. El taco no se considera ya que el material empleado comúnmente es el fieltro el cual es biodegradable.

Se proponen nuevos materiales para cumplir los objetivos definidos, que sean capaces de soportar las condiciones de disparo como ya lo hacen los materiales comúnmente con los que se fabrican los cartuchos.

Función	Cartucho de escopeta
Restricciones	<p>Vaina: Alta rigidez, alta temperatura de servicio, bajo precio y biodegradable.</p> <p>Culatín: Inflamable, módulo de ruptura alto, bajo precio y biodegradable.</p> <p>Perdigones: Alta densidad, Alta mecanizabilidad, bajo precio y biodegradable.</p>
Objetivo	<p>Reducción de impacto ambiental.</p> <p>Reducción de coste.</p>
Variables libres	Elección del material.

3. Solución propuesta

Vaina

Para la sustitución de la vaina se analizaron las características de biodegradabilidad y rigidez como se puede observar en la imagen 2 de los anexos.

Las características que ha de cumplir esta parte del cartucho son principalmente estructurales, por lo que una de las propiedades restrictivas es la rigidez, en la que el bambú es la opción elegida que cumple con el propósito.

Culatín o culote

La fabricación del culote se realiza comúnmente con Latón. La función del culote es principalmente estructural, para dar alojamiento a la vaina, así como el alojamiento del pistón causante de la deflagración de la pólvora. Así se consideran como propiedades restrictivas la máxima temperatura de servicio, ya que esta es la parte donde mayor temperatura se alcanza al producirse la combustión de la pólvora, así como la inflamabilidad y la resistencia a la flexión (módulo de ruptura).

En la imagen 4 de los anexos podemos observar la máxima temperatura de servicio de este material la cuál es realmente alta (400-500°C).

A partir del nivel 3 del CES EduPack, se establece que el mejor candidato para el culote es el "Antler" (Cuerno), para cumplir con el objetivo de que el cartucho sea totalmente biodegradable. No obstante, esta opción posiblemente sea poco sostenible por su origen animal. La segunda mejor opción es el [INDICAR].

Perdigones

La solución que se propone para la fabricación de los perdigones es el "Mármol", el mármol, aunque no es un material biodegradable, es un material no contaminante con el medio ambiente pues es un material cerámico. Como restricciones en la fabricación de perdigones, se contemplan la densidad, pues hay que contemplar el peso de los perdigones para que sean capaces de impactar con fuerza, así estos han de poder ser mecanizados para poder adaptarlo a la forma de los perdigones actuales, por lo que se establece como otra restricción.

Se puede observar la elección del material a través del software en la imagen 3 de los anexos.

4. Resultados y Conclusiones

Mediante el uso del software “CES EduPack”, se obtuvieron las propiedades tanto de los materiales más comúnmente utilizados para la fabricación de cartuchos, como los propuestos para sustituirlos.

Vaina

	Polietileno	Bambú	Restricción
<i>Rigidez (GPa)</i>	0,621 (mín.)	15(mín.)	✓
<i>Máxima Temperatura de Servicio (°C)</i>	110(máx.)	117(mín.)	✓
<i>Precio (€/kg)</i>	1,44(mín.)	1,2 (mín.)	✓
<i>Biodegradable</i>	x	✓	✓

Culote

	Latón	Cuerno	Restricción
<i>Flamabilidad</i>	No inflamable	No inflamable	✓
<i>Módulo de ruptura</i>	120-130	160-240	✓
<i>Máxima Temperatura de Servicio (°C)</i>	210	400-500	✓
<i>Biodegradable</i>	x	✓	✓

Perdigones

	Plomo	Mármol	Restricción
<i>Densidad (kg/m³)</i>	1,13e4 (mín.)	2,72e3(mín)	✓
<i>Mecanizabilidad</i>	4-5	3-4	✓
<i>Precio (€/kg)</i>	1,63 (mín.)	0,367(mín).	✓
<i>Biodegradable</i>	x	No contaminante	x

Una vez aplicado el proceso de selección de materiales se concluye que los materiales más adecuados son los mostrados en las tablas previas.

5. Bibliografía

- [1] “Ashby M.F., *Materials selection in mechanical desing*”, 3^a edition, Amsterdam [etc.]: Butterworth-Heinemann, 2005.
- [2] “Granta Desing Ltd., software CES EduPack”;
<http://www.grantadesing.com/es/education/index.htm>
- [3] “**Materials and the Environment**”, 2nd Edition by M.F. Ashby, Butterworth-Heinemann, Oxford 2012, UK. Chapters 1-10
- [4] “Factores clave en la fabricación de cartuchos de escopeta. [online]. Disponible <https://www.cartuchostrust.com/es/noticias/factores-clave-en-la-fabricacion-de-cartuchos-de-escopeta-5>
- [5] “Cartuchos de caza y tiro – excopesa.es”. [online]. Disponible <http://www.excopesa.es/sobre-la-empresa>
- [6] “Cartuchos de escopeta (I) – Stock Armas” [online]. Disponible <http://www.stockarmas.com/cartuchos-de-escopeta/>

6. Anexos

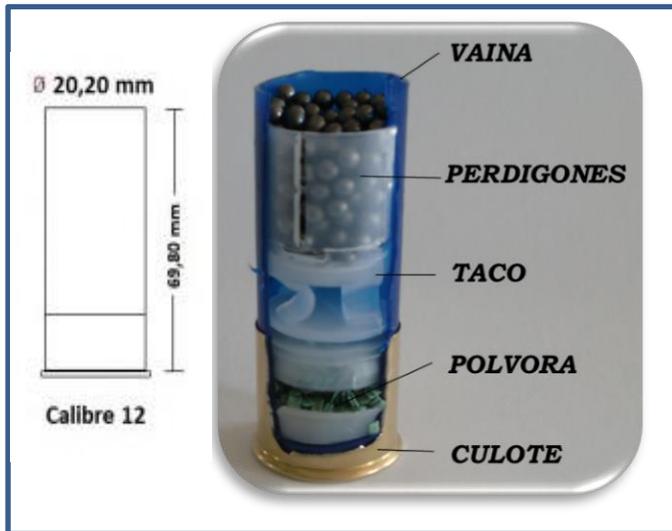


Imagen 1

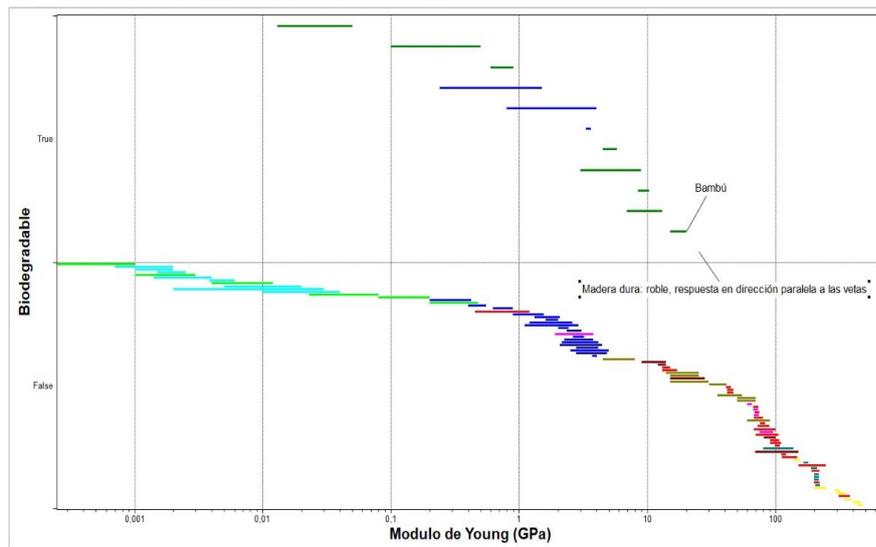


Imagen 2

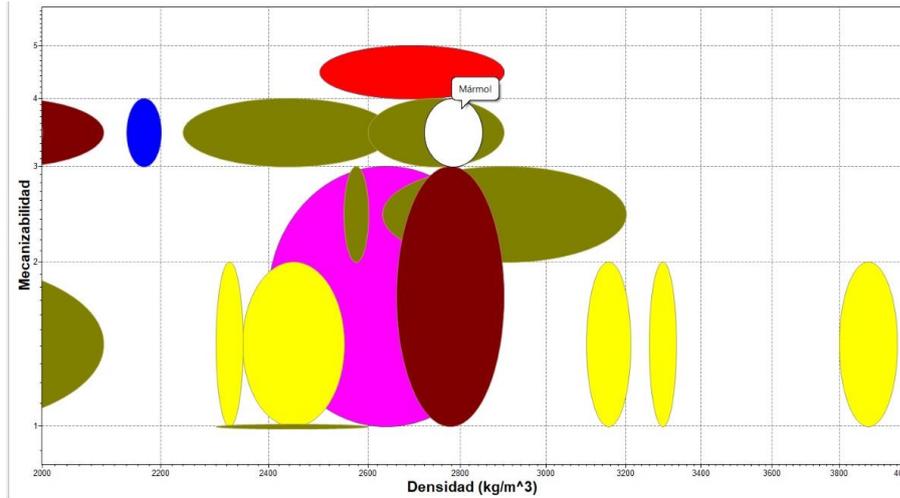


Imagen 3

Impact & fracture properties

Fracture toughness	* 7.1	- 10.2	MPa.m ^{0.5}
--------------------	-------	--------	----------------------

Thermal properties

Maximum service temperature	* 400	- 500	°C
Minimum service temperature	* -73	- -23	°C
Thermal conductivity	1.7	- 4	W/m.°C
Specific heat capacity	* 1e3	- 1.18e3	J/kg.°C
Thermal expansion coefficient	17.9	- 28.5	µstrain/°C

Imagen 4

*España es, después de Francia, el país europeo con mayor número de cazadores. Según un informe reciente publicado por el Círculo Fortuny, **en nuestro país hay unas 850.000 licencias de caza**, un número considerable aunque menor que hace siete años, cuando el número de permisos superaba el millón.*

*Por comunidades autónomas, **Andalucía, Castilla La Mancha y Castilla y León son las que registran mayor número de licencias de caza**, ya que representan alrededor de la mitad del número total de permisos en nuestro país.*



(GTRES)

*De acuerdo con los cálculos que ha hecho la red social para cazadores Myhuntbook, a partir de las últimas cifras publicadas por la FACE (Federación de Asociaciones de Cazadores de la Unión Europea), se estima que **en torno a un 2% de la población española es cazadora**. Este porcentaje es uno de los más elevados de toda Europa.*

Imagen 5

Aspas de aerogeneradores: ¿Desperdicio o materia prima?

Universidad de Cádiz,
Algeciras, España

Tutor:

David Sales Lérica

Alumnos:

Joaquín Sarria Espinosa
Adrián Jesús Sánchez Casabona

Resumen

Actualmente, las aspas de los aerogeneradores de las centrales de energía eólica se desechan una vez terminada su vida útil, y por tanto, no se reciclan, destinándose así a ocupar grandes volúmenes en vertederos. Estas aspas están formadas en su mayoría por fibra de vidrio o de carbono, materiales no reciclables, y pueden llegar a tener dimensiones de hasta 48 metros de longitud. Este trabajo estudia el beneficio medioambiental que supone cambiar el destino de las aspas que han terminado su vida útil para la realización de estanques artificiales (en campos de golf, por ejemplo). De esta manera, obtendremos no sólo un beneficio ecológico en cuanto a la producción de energía de materiales superiores, sino un beneficio en el espacio ocupado en los vertederos.



Contenido

1. Objetivos	87
2. Planteamiento del Problema	87
3. Solución Propuesta	88
4. Resultados y Conclusiones	89
5. Bibliografía	90
6. Anexos.....	91

1. Objetivos

El desecho de las aspas de los aerogeneradores se prevé que ocupe un gran volumen en los vertederos de los países debido a la imposibilidad de su reciclado.

El objetivo de la medida que planteamos es volver a introducir dichas aspas en el ciclo de vida de un producto, esta vez como materia prima para la fabricación de estanques ornamentales. De este modo, eliminaríamos estos desechos de los vertederos y reduciríamos la contaminación y consumo de otros productos al reutilizarlas.

2. Planteamiento del problema

En este trabajo plantearemos la fabricación de un estanque ornamental, las dimensiones que tomaremos serán las que consideremos útiles de un aspa de un aerogenerador, ya que, aunque ésta presenta 44 metros de largo y 4 metros de ancho que van reduciéndose, tomaremos que la longitud utilizable es de 31 metros (un 70 % de la longitud total).

El material que utilicemos debe ser estanco, que no permita filtraciones de agua al terreno y que no sea tóxico.

Los materiales más habituales utilizados en la fabricación de los estanques y con los cuales realizaremos nuestra comparación son: mezcla arcilla y cemento, lonas de plástico (EPDM flexibles o de PVC flexibles con protección UV), base de ladrillos o piedra recubiertos con mezcla de obra a base de cemento y fibra de vidrio.

Se pretende obtener los consumos de la realización de estanques con los materiales citados anteriormente, además de obtener el ahorro que se producirá al realizar los estanques de fibra de vidrio mediante las aspas de una turbina de viento.

Las aspas de una turbina de viento de 2 MW, según datos obtenidos de un estudio llevado a cabo por Vestas Wind Systems, están compuestas por fibra de vidrio y su masa es de alrededor de 24.500 kg.

3. Solución propuesta

En primer lugar, trataremos el problema mediante selección de materiales haciendo uso del software CES EduPack. Realizaremos una comparativa para averiguar qué material es el más adecuado de los presentados anteriormente.

A continuación, obtendremos mediante la herramienta ECO Audit de CES EduPack la energía invertida en la obtención del material, la fabricación, el transporte y el uso de los estanques comparando los diferentes materiales.

El material que se usa para las aspas es GFRP (Matriz Epoxídica Reforzada con Fibra de Vidrio). Como comentamos anteriormente, aprovecharemos un 70% de las aspas, lo que equivale a 17.150 kg. Supondremos que 14.000 kg se puede utilizar directamente y 3.150 kg deberán pasar por un proceso de fabricación. El proceso de fabricación será moldeo en autoclave.

Para el transporte se tendrá en cuenta que el tratamiento de los materiales se realizará en España y la exportación abarcará distintos países europeos. Tomaremos como referencia un viaje en carretera hasta Alemania desde Algeciras, Cádiz, España. La distancia que tendremos en cuenta será, por tanto, 2632 km aproximadamente.

4. Resultados y Conclusiones

De la gráfica que presentamos en la [Ilustración 1: Selección de materiales](#), llegamos a la conclusión de que el material más estanco y menos reciclable es la fibra de vidrio. Por tanto, es el más adecuado para los estanques, pero su imposibilidad de reciclaje sería un problema, de ahí el aprovechar las aspas de los aerogeneradores dando solución a un doble problema. Por un lado, evitamos que se queden las aspas en los vertederos ocupando grandes volúmenes de espacio y, por otro lado, fabricamos estanques ornamentales de materiales superiores que garantizarán una estanqueidad y una vida útil elevada.

De la gráfica que mostramos en la [Ilustración 2: Consumo energético de los distintos materiales](#), podemos concluir que el material que más energía requiere para su obtención es el PVC, seguido del GFRP, por tanto, el ahorro energético no es el esperado debido al tratamiento del GFRP.

Como conclusión, hay que tener en cuenta que se producirán estanques de calidad superior a ningún otro material de los presentados. Además, es una manera de evitar que se acumulen grandes desechos en los vertederos, ya que las aspas de los aerogeneradores ocuparán previsiblemente grandes espacios en éstos. Es, por tanto, una solución factible a pesar de requerir una inversión algo superior en la fabricación del estanque en sí.

5. Bibliografía

- [1] Ashby M.F., *Materials selection in mechanical design*, 3^a edition, Amsterdam [etc.]: Butterworth-Heinemann, 2005.
- [2] Granta Desing Ltd., software CES EduPack;
<http://www.grantadesing.com/es/education/index.html>
- [3] Elsam Engineering A/S, Life-cycle assessment of offshore and onshore sited wind farms, October 2004.
- [4] "Materials and the Environment", 2nd Edition by M.F. Ashby, Butterworth-Heinemann, Oxford 2012, UK. Chapters 1-10
- [5] Vestas, V90-2MW.
https://www.vestas.com/en/products/turbines/v90-2_0_mw#!
- [6] Estanques y peces.
https://www.estanquesypeces.com/estanques/tipos_de_estanques.htm
- [7] Estanques.net
<http://www.estanques.net/category/construccion-de-estanques/>

6. Anexos

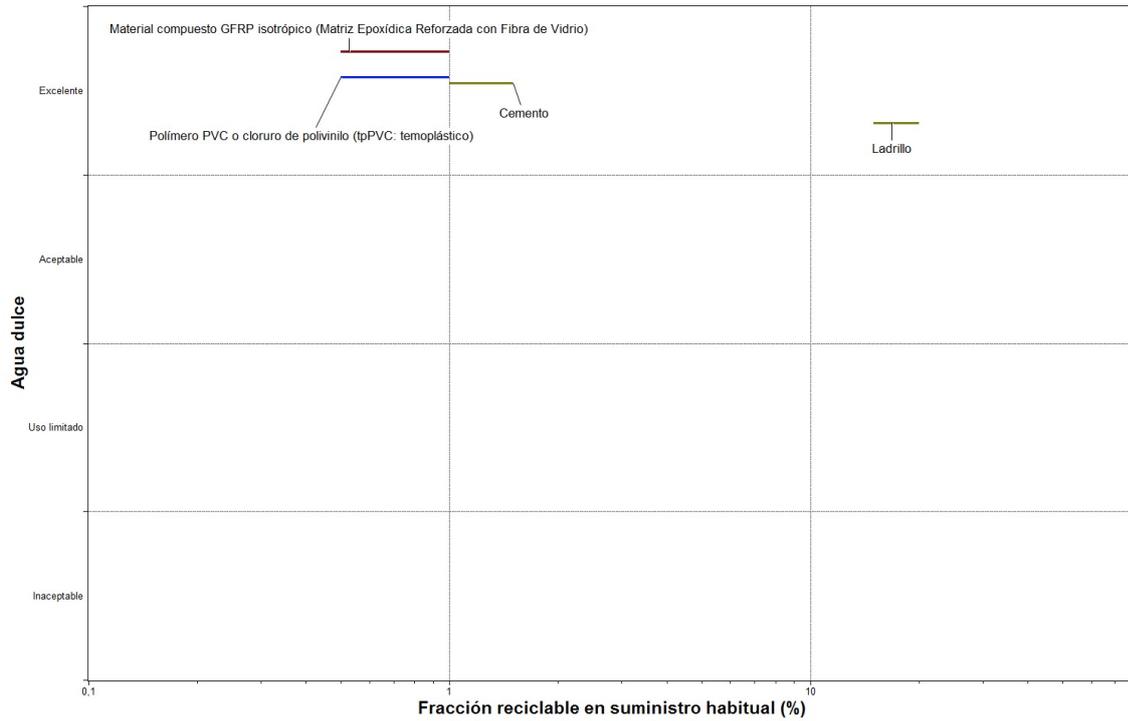


Ilustración 1: Selección de materiales

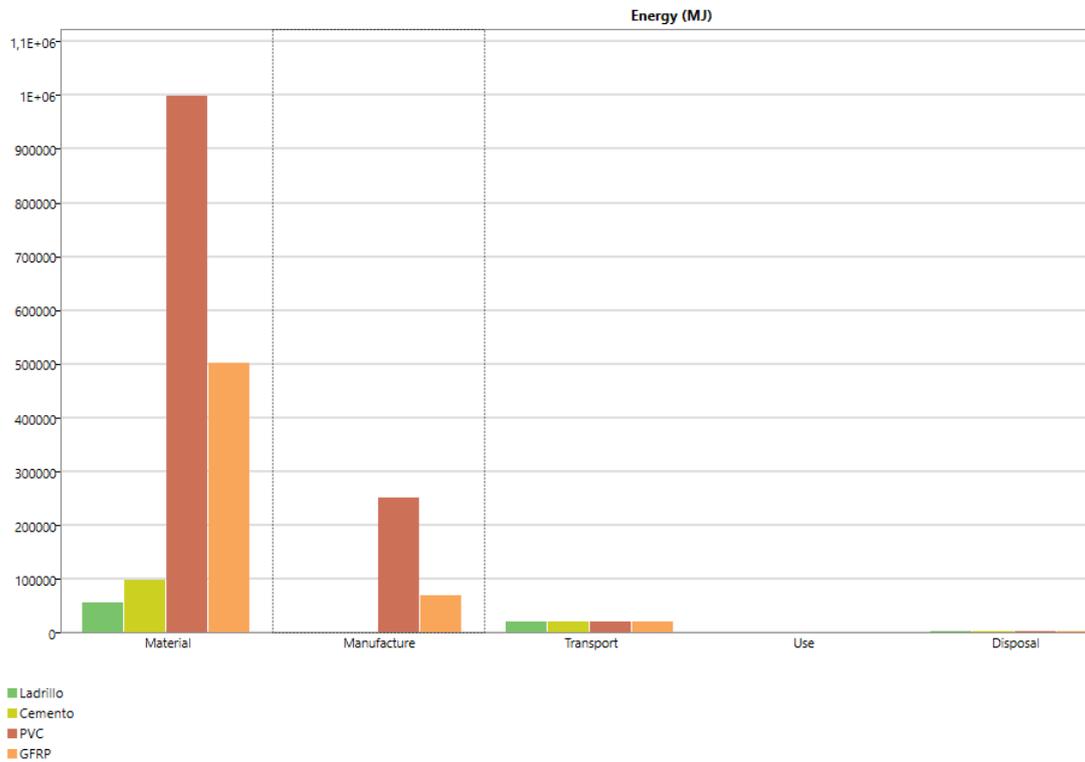


Ilustración 2: Consumo energético de los distintos materiales.

Protectores solares para estructuras públicas con propiedades biodegradables, térmicas y aislantes

Instituto Tecnológico y de estudios superiores de Monterrey, Puebla, México

Tutor:

María Lizbeth Barrios Reyna

Alumno/s:

Amir Karim Ramírez Candia

Jared Evani Ramírez Maldonado

Ricardo Rodríguez Ramírez

Resumen

La capa de ozono se ha ido desgastando de forma brusca a consecuencia de la contaminación provocada por el hombre, ocasionando que las exposiciones prolongadas al sol se vuelvan peligrosas para las personas. A lo largo de este escrito se plantea dar una solución a la exposición de los rayos solares en áreas públicas, mediante la propuesta de un material que cumpla con ciertas características específicas que hagan de este un material óptimo para desempeñar esta tarea, en comparación de la mayoría de los materiales que se encuentren actualmente en el mercado.



Contenido

1. Objetivos	29
2. Planteamiento del problema	29
3. Solución propuesta	30
4. Resultados y Conclusiones	31
5. Bibliografía	32
6. Anexos.....	33

1. Objetivos

El objetivo del proyecto es presentar una solución mediante la propuesta de un material que sea implementado como un techado que recubre estructuras de áreas públicas.

El material que desarrollar deberá ser biodegradable, amigable con el ambiente, buen aislante térmico y a su vez económico.

En cuanto al diseño del material se pensó en un material compuesto por diferentes tipos de capas y que cumpla con las características técnicas necesarias: resistente a cambios climáticos, ser hidrofóbico, resiste a impactos y ligero.

El proceso de fabricación del material deberá ser de fácil fabricación y sin el uso de herramientas especializadas y que no sea necesaria mucha inversión para la implementación del material, esto con el objetivo de que pueda ser utilizado en localidades de bajo recurso económico.

2. Planteamiento del problema

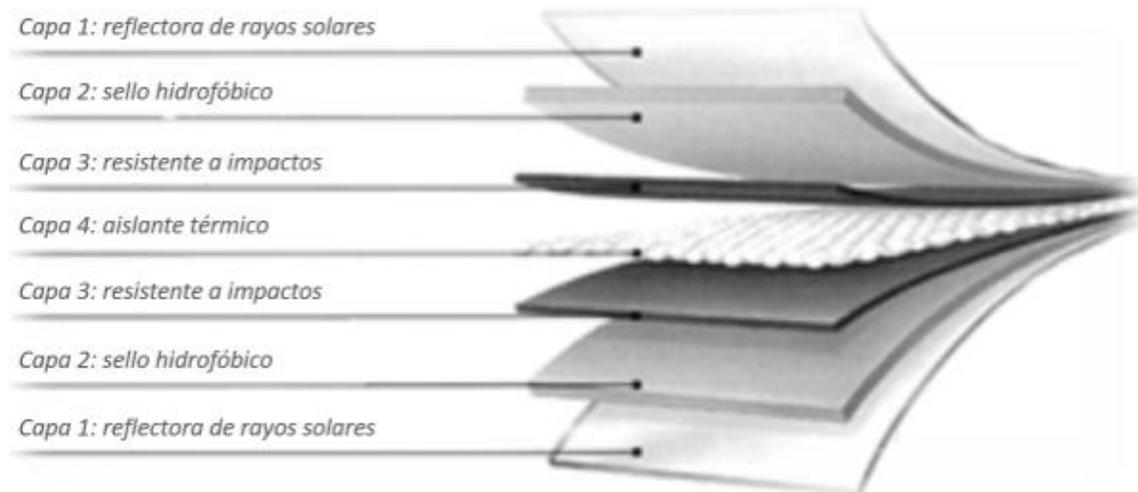
Es bien sabido que hoy en día gracias a la contaminación la capa de ozono se ha ido desgastando, provocando que la exposición solar sea más fuerte que en décadas anteriores. Esto a su vez causa que, enfermedades en la piel debidas a la radiación solar sean cada vez más comunes.

En países cercanos a la línea del ecuador, como Colombia, Brasil, México, partes de África, entre otros, presentan la mayor parte del año días soleados y altas temperaturas.

¿Alguna vez te ha pasado que estás en un espacio público y no hay suficientes áreas con sombra, lo que provoca exponerte directamente a los rayos del sol?

3. Solución propuesta

Se pensó en un material compuesto de siete capas, cada una de ellas con un material distinto y con características diferentes, que juntos hicieran un producto completamente diferente aprovechando las características de cada capa del material.



Para la solución propuesta del material a desarrollar se buscaron materiales CES EduPack que cumplieran con la característica deseada de cada capa del material.

Para la capa 1, la capa reflectora de rayos solares y por consiguiente resistente a altas temperaturas, se pensó en una resina plástica VE (flame retarded), seleccionada del nivel 3 de polímeros de CES EduPack. La idea es que esta capa funcione como un sello que se aplique en la última capa del techo.

Para la capa 2, sello hidrofóbico, dado que la capa 3 será una aleación de aluminio, será necesaria su protección contra corrosión, es por eso que se pensó en un material PUR(r) de resina sintética termofija a base de plástico, dado que cumple con la característica principal de ser hidrofóbica.

Para la capa 3, capa resistente a impactos, se pensó en una capa delgada de una aleación de aluminio reciclado, dado que es ligero y lo suficientemente resistente.

Finalmente, para la capa 4, se decidió por utilizar corcho natural como material, esto debido a que el corcho es económico, buen aislante térmico, ligero y biodegradable, además de que este puede ser reciclado en su mayoría.

4. Resultados y Conclusiones

Mediante la herramienta Synthesizer del CES EduPack, vimos que el producto a desarrollar posee mejores propiedades mecánicas que el producto del mercado actual, dando resultados como los que se muestran a continuación.

El módulo de Young del producto a desarrollar es de 6.39 GPa mientras que el producto actual es de 1.96 GPa. Otro dato para destacar es que el precio, ya que el producto a desarrollar resulta ser más económico en comparación del producto actual del mercado. Suponiendo que los materiales toman de un proveedor regional, dentro del país, el costo del producto del mercado actual es de 415 MXN/kg, mientras que del producto a desarrollar es de 62.7 MXN/kg.

Con la herramienta Ecoaudit se analizaron principalmente dos aspectos, consumo de energía y la contaminación de CO₂.

En cuanto a consumo energético, la cantidad de energía para la extracción del techo a base de poliéster fue aproximadamente de 1900 MJ, mientras que el techado del nuevo producto consume entre 590 y 600 MJ. El consumo de energía para la manufactura de cada uno de los techos es muy similar, ambos productos tienen un consumo de energía menor a 250 MJ. Por último, en el costo de energía en transportación, ambos productos tienen un consumo mínimo entre 5 y 10 MJ, sin embargo el consumo de energía del producto a desarrollar es ligeramente mayor debido a que algunos de sus materiales son escasos y es necesaria más transportación. Finalmente, y en base a las mediciones anteriores el producto a desarrollar sigue siendo más eficiente en su consumo energético.

Respecto a la huella de carbono generada, el techo de poliéster tiene un mayor consumo de CO₂, se registró que produce un poco más de cien kilogramos de dióxido de carbono, mientras que el techo a desarrollar consume alrededor de cuarenta kilogramos de CO₂. En cuestión de manufactura de cada uno de los techos no rebasan más de los veinte kilogramos de CO₂, sin embargo, el producto propuesto, consume una menor cantidad de dióxido de carbono que el material de poliéster. En cuanto a transporte de los materiales, ambos techos consumen aproximadamente la misma cantidad de CO₂, donde no logran rebasar más de cinco kilogramos, sin embargo, cabe mencionar que el producto a desarrollar consume un poco más ya que algunos de sus materiales necesitan ser obtenidos de lugares más lejanos.

5. Bibliografía

Joa, S. (S/F). El futuro de la aplicación de tenso estructuras en Cuba. CUJAE, Facultad de Ingeniería Civil, Departamento de Ingeniería Civil Sitio web: <http://www.monografias.com/trabajos81/futuro-aplicacion-tenso-estructuras-cuba/futuro-aplicacion-tenso-estructuras-cuba2.shtml> Recuperado Abril 29, 2018.

Pedroza, E., De La Cruz, S., Rodríguez, A. & Aguilera, E. (2015). Tenso-Estructuras de cubierta. Culcty. Sitio web: <http://erevistas.uacj.mx/ojs/index.php/culcyt/article/viewFile/693/672> Recuperado Abril 29, 2018

Seidel, M. (2009). Tensile Surface Structures. A practical Guide to Cable and Membrane Structures. Ernst & Sohn Sitio web: <https://leseprobe.buch.de/images-adb/94/0c/940cdcf4-4d48-48ee-9cc8-07196861e72c.pdf> Recuperado Abril 29, 2018.

Serrano, V. (2015). Pinturas reflectantes de calor totalmente sustentables. AyE Sitio web: <https://www.arquitecturayempresa.es/noticia/pinturas-reflectantes-del-calor-totalmente-sustentables> Recuperado Abril 29, 2018.

6. Anexos

Eco auditoría

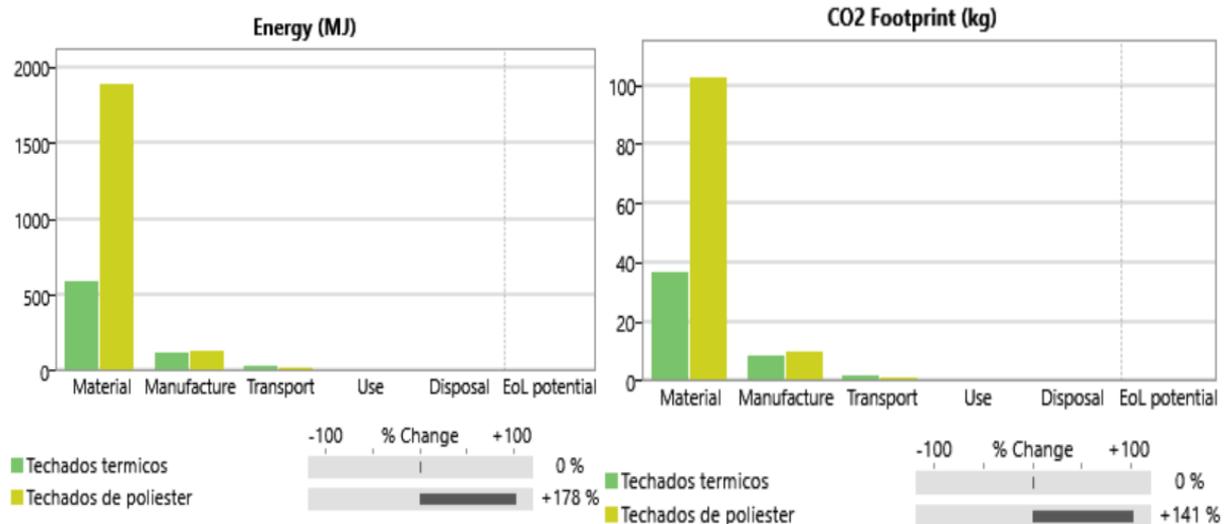
a. Producto del mercado actual (techados de poliéster)

Phase	Energy (MJ)	Energy (%)	CO2 footprint (kg)	CO2 footprint (%)
Material	1.89e+03	92.9	102	90.4
Manufacture	125	6.2	9.62	8.5
Transport	15	0.7	1.06	0.9
Use	0	0.0	0	0.0
Disposal	3.6	0.2	0.252	0.2
Total (for first life)	2.03e+03	100	113	100
End of life potential	0		0	

b. Producto a desarrollar

Phase	Energy (MJ)	Energy (%)	CO2 footprint (kg)	CO2 footprint (%)
Material	584	80.1	36.3	77.1
Manufacture	111	15.3	8.35	17.7
Transport	27.5	3.8	1.95	4.1
Use	0	0.0	0	0.0
Disposal	6.6	0.9	0.462	1.0
Total (for first life)	730	100	47.1	100
End of life potential	0		0	

c. Comparación del producto en el mercado actual y el producto a desarrollar



Synthesizer

a. Producto del mercado actual

Price			
Price	(i)	415	MXN/kg
<small>Notes Only includes contribution from specified material components (does not include processing, adhesives or additives)</small>			
Physical properties			
Density	(i)	1.31e3	kg/m ³
Mechanical properties			
Young's modulus	(i)	1.96	GPa
<small>Notes In-plane property</small>			
Yield strength (elastic limit)	(i)	27	MPa
<small>Notes In-plane property</small>			
Flexural modulus	(i)	3.69	GPa
<small>Notes For bending about an in plane axis</small>			
Flexural strength (modulus of rupture)	(i)	33.9	MPa
<small>Notes For bending about an in plane axis</small>			
Thermal properties			
Thermal conductivity	(i)	0.229	W/m.°C
<small>Notes Through thickness property</small>			
Specific heat capacity	(i)	1.47e3	J/kg.°C
Thermal expansion coefficient	(i)	85.9	µstrain/°C
<small>Notes Through thickness property</small>			
Electrical properties			
Electrical resistivity	(i)	6.49e20	µohm.cm
<small>Notes Through thickness property</small>			
Dielectric constant (relative permittivity)	(i)	4.38	
Dissipation factor (dielectric loss tangent)	(i)	0.0202	
Primary production energy, CO2 and water			
Embodied energy, primary production	(i)	203	MJ/kg
CO2 footprint, primary production	(i)	10.7	kg/kg

Notes

Source records
 Layer 5 (top) = PUR(r) (casting resin, unsaturated)
 Layer 4 = PI (thermoset, unfilled)
 Layer 3 = Polyester (cast, flexible)
 Layer 2 = PI (thermoset, unfilled)
 Layer 1 (bottom) = PUR(r) (casting resin, unsaturated)

Parameters
 Thickness layer 5 (top) = 1 mm
 Thickness layer 4 = 2 mm
 Thickness layer 3 = 4 mm
 Thickness layer 2 = 2 mm
 Thickness layer 1 (bottom) = 1 mm

Model: Multi-layer Materials, 5-layer
 Date of analysis: lunes, 30 de abril de 2018

b. Producto a desarrollar

Price			
Price	(i)	62.7	MXN/kg
<small>Notes Only includes contribution from specified material components (does not include processing, adhesives or additives)</small>			
Physical properties			
Density	(i)	390	kg/m ³
Mechanical properties			
Young's modulus	(i)	6.39	GPa
<small>Notes In-plane property</small>			
Yield strength (elastic limit)	(i)	2.72	MPa
<small>Notes In-plane property</small>			
Flexural modulus	(i)	19.2	GPa
<small>Notes For bending about an in plane axis</small>			
Flexural strength (modulus of rupture)	(i)	5.51	MPa
<small>Notes For bending about an in plane axis</small>			
Thermal properties			
Thermal conductivity	(i)	0.0427	W/m.°C
<small>Notes Through thickness property</small>			
Specific heat capacity	(i)	1.34e3	J/kg.°C
Thermal expansion coefficient	(i)	175	µstrain/°C
<small>Notes Through thickness property</small>			
Electrical properties			
Electrical resistivity	(i)	7.14e16	µohm.cm
<small>Notes Through thickness property</small>			
Primary production energy, CO2 and water			
Embodied energy, primary production	(i)	129	MJ/kg
CO2 footprint, primary production	(i)	8.26	kg/kg

Notes

Warning (i)
 The accuracy of the multilayer model calculations varies between properties. In particular, caution should be exercised when making decisions based on: Price, flexural strength and through-thickness thermal conductivity. In these cases refer to the model assumptions.

Notes

Source records
 Layer 7 (top) = VE (flame retarded)
 Layer 6 = PUR(r) (casting resin, unsaturated)
 Layer 5 = Aluminum, commercial purity, S150.1: LM0-M, cast
 Layer 4 = Cork (low density)
 Layer 3 = Aluminum, commercial purity, S150.1: LM0-M, cast
 Layer 2 = PUR(r) (casting resin, unsaturated)
 Layer 1 (bottom) = VE (flame retarded)

Parameters
 Thickness layer 7 (top) = 0.4 mm
 Thickness layer 6 = 0.4 mm
 Thickness layer 5 = 5 mm
 Thickness layer 4 = 100 mm
 Thickness layer 3 = 5 mm
 Thickness layer 2 = 0.4 mm
 Thickness layer 1 (bottom) = 0.4 mm

Model: Multi-layer Materials, 7-layer
 Date of analysis: domingo, 29 de abril de 2018

Selección de materiales para velas solares

Universidad Politécnica de Valencia,
Valencia, España

Tutor:

Miguel Ángel Pérez Puig

Alumno/s:

Joan Capel Gálvez

Vicente Blasco Menudé

Arnau García Cases

Resumen

Uno de los métodos de propulsión de satélites alternativos a los combustibles en el cual se está experimentado actualmente es la propulsión aprovechando la transmisión de momento de los fotones a un material, el cual constituye la llamada “vela solar”. Partiendo de este principio físico la elección del material para construir la vela solar es el principal inconveniente, pues debe de ser lo suficientemente ligero a la vez que resistente para que su implementación como método de propulsión sea viable. En este proyecto se evaluarán distintos materiales que cumplan con estos requerimientos utilizando herramientas de CES EduPack para hacer una selección de los mismos y finalmente, el que mejor cumpla las restricciones de la aplicación dada.



Contenido

1. Objetivos	93
2. Planteamiento del Problema	93
3. Solución Propuesta	94
4. Resultados y Conclusiones	95
5. Bibliografía	96
6. Anexos	97

1. Objetivos

1. Establecer los requerimientos técnicos que deben cumplir las velas solares para su aplicación como método de propulsión a pequeños satélites.
2. Determinar qué materiales cumplen con los requerimientos técnicos en términos de precio, disponibilidad y rendimiento.
3. Analizar el impacto medioambiental de la producción de velas solares con el material seleccionado y compararlo con métodos de propulsión que hacen uso de combustibles.
4. Evaluar las diferentes alternativas al problema en cuestión, considerando otros materiales que podrían ser utilizados sin considerar restricciones de costo.
5. Buscar nuevas aplicaciones externas al sector espacial del material seleccionado.

2. Planteamiento del problema

Al analizar las condiciones en las cuales la vela solar ha de funcionar, nos topamos con diferentes variables que, de una manera u otra, afectarán al comportamiento de la vela. Con lo cual, esas variables se han de estudiar para poder determinar qué propiedades tienen que cumplir los materiales que formarán la vela. Primeramente, decidimos el rango de altura en el cual se pretende trabajar, alrededor de 800 km sobre la superficie terrestre; y la masa de los satélites los cuales queremos lanzar, unos 50 kg. Con esto, podemos definir el tamaño de la vela, así como las condiciones externas que ha de soportar: radiación, rango de temperaturas, presión... Además, necesitamos que la vela sea lo suficientemente flexible para poderse plegar sin dañar sus componentes; de bajo peso, para mayor facilidad de movimiento; resistente a cualquier impacto de diversos objetos; y que su superficie sea lo más reflectante posible para así provocar un mayor impacto de los fotones de luz.

3. Solución propuesta

Teniendo en cuenta la aplicación que tendrá el material seleccionado, este deberá de ser lo suficientemente ligero a la vez que resistente para ser utilizado en velas solares. Nuestro punto de partida será determinar qué familias de materiales cumplen con estos requisitos. Para ello, evaluaremos el módulo de flexión de cada material, el cual está relacionado con la rigidez del mismo, a mayor rigidez mayor módulo de flexión.

Sabemos de antemano que las cerámicas son bastante resistentes, pero a la vez son muy frágiles. Los metales, en cambio pueden ser muy resistentes y no tan frágiles como las cerámicas, pero tienen una elevada densidad. Partiendo de esto, podemos afirmar que ni los metales ni las cerámicas son materiales aptos para la aplicación deseada. Esto nos deja con dos familias de materiales, los polímeros y los materiales compuestos.

Una vez determinadas las familias de materiales que mejor cumplen con el requisito anterior, pasaremos a establecer los valores de los límites para varias características de los materiales. Debido a que el satélite estará orbitando la Tierra, deberá tener:

- Resistencia a la radiación UV: excelente
- Propiedades térmicas:
 - Temperatura máxima de servicio: mínimo de 123°C
 - Temperatura mínima de servicio: máximo de -170 °C
 - Es decir, el satélite estará a sometido a temperaturas mayores de 123°C y menores de -170°C
- Módulo de flexión: menor de 3 GPa (para ser lo suficientemente flexible).

Sabemos, por las propiedades de las familias de materiales, que las mejores opciones son materiales compuestos y polímeros. En cambio, los polímeros y los materiales compuestos no suelen ser reflectantes y que cumplan con las condiciones expuestas anteriormente. En caso de no encontrar ningún material que cumpla las condiciones y sea reflectante, pasaremos a utilizar la herramienta de Synthesizer de CES EduPack. Con ella crearemos una ficha para un material que cumpla con todos los requisitos. Este nuevo material tendrá como base un polímero, el cual será cubierto con un material que proporcione las propiedades reflectantes. Por último, una vez seleccionado el material se comparará la energía de producción y la cantidad de CO₂ producido como consecuencia de esto y se comparará con motores de combustión. De igual manera, se buscará una aplicación fuera del sector espacial.

4. Resultados y Conclusiones

Al realizar una gráfica del módulo de flexión para las distintas familias obtenemos, como habíamos dicho anteriormente, que los más adecuados son los polímeros y los materiales compuestos. Sabiendo esto, seleccionamos con la herramienta de “Tree Stage” los materiales compuestos y los polímeros a los que les aplicamos con la herramienta de “Limit Stage” los requisitos establecidos en la solución propuesta. Tras aplicar los límites, solo 15 materiales pasan estos requisitos, los cuales son todos polímeros. Para determinar cuál de los 15 materiales era el más adecuado, creamos una gráfica en la cual evaluamos en módulo de flexión contra la densidad. De esta gráfica finalmente elegimos como material el PI (unfilled), el cual es una poliimida.

El material seleccionado no es reflectante por lo que se debe aplicar una capa de metal que proporcione al material la reflectividad necesaria. De entre los metales más reflectantes se encuentran el aluminio, el berilio, el magnesio, el níquel y el litio. Todos estos cumplen con los requisitos necesarios expuestos anteriormente por lo que la elección la basamos en su densidad y módulo de flexión, lo que permitirá ser aplicado sobre el polímero sin modificar mucho su flexibilidad. De todos los metales anteriores, el menos denso y con un módulo de flexión más bajo es el litio, por lo que nuestro material final (utilizando el sintetizador) es un material compuesto de tres capas (las capas se depositan mediante el proceso conocido por “Electroless plating”):

- Primera y tercera capa (recubrimiento): Litio puro de 20 nm de grosor (cada una)
- Segunda capa (base): PI (sin rellenar) de 2 μm de grosor
- Propiedades:
 - Módulo de flexión: 3 GPa Huella de CO₂: 18.5 kg/kg
 - Densidad: 1.36 g/cm³ Energía de producción: 332 MJ/kg

Al compararlo con los polímeros que habíamos obtenido anteriormente vemos que tiene propiedades similares al material inicial (PI) y además es reflejante (se puede observar en la gráfica de los anexos). Los motores de combustión usualmente están fabricados de aleaciones de litio y aluminio, cuyas energías de producción son 520 MJ/kg y 200 MJ/Kg, respectivamente, y su huella de CO₂ 18.7 kg/kg y 13 kg/kg, respectivamente. Con estos datos podemos concluir que además de ser un material más ligero, los costes (36,1 €/kg) y la energía de producción son menores. De este modo, la utilización de este material sería más rentable para satélites a largo plazo.

Debido a la buena resistencia a la radiación del material, podría ser empleado para aislar componentes electrónicos u otros objetos de la radiación electromagnética.

5. Bibliografía

Información sobre la temperatura media de los satélites:

- <http://www.astrome.co/blogs/how-do-satellites-survive-hot-and-cold-orbit-environments/>

Información sobre las dimensiones de las velas solares:

- https://www.nasa.gov/vision/universe/roboticexplorers/solar_sails5.html

Información sobre las distintas familias y materiales:

- Libro de texto: The science and engineering of materials
 - Autores: Donald R. Askeland, Pradeep P. Fulay, Wendelin J. Wright, D.K. Bhattacharya.

Principios físicos de las velas solares:

- https://science.nasa.gov/science-news/science-at-nasa/2000/ast28jun_1m

Tipos de radiaciones existentes en el espacio que pueden afectar al satélite:

- http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/11495/fichero/PFC_ARP%252FCap_2.pdf

6. Anexos

Primero establecemos las propiedades de la vela solar, en específico sus dimensiones:

La presión ejercida por los fotones en la superficie de la vela viene dada por la ecuación:

$$P = 9.12 \mu\text{N}/\text{m}^2$$

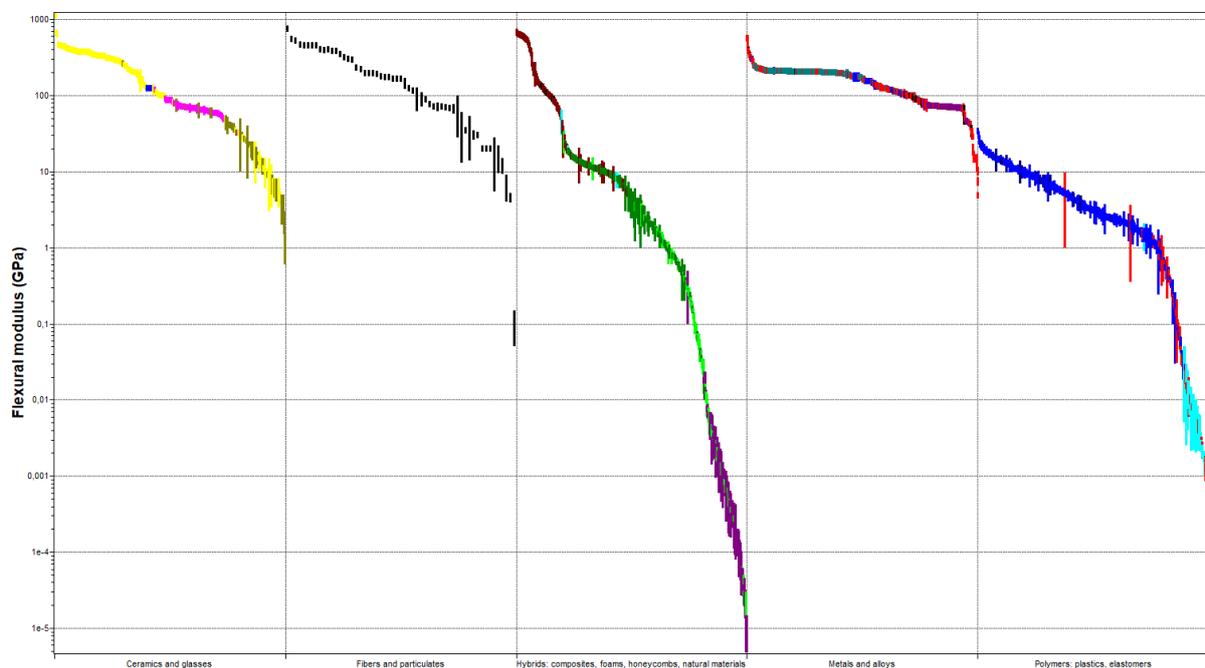
La aceleración media que se consigue con una vela solar es de $1 \text{ mm}/\text{s}^2$, por tanto, el tamaño que deberá tener la vela solar es de:

$$P = \frac{F}{A} \rightarrow A = \frac{F}{P} = \frac{m \cdot a}{P} \approx 5500 \text{ m}^2$$

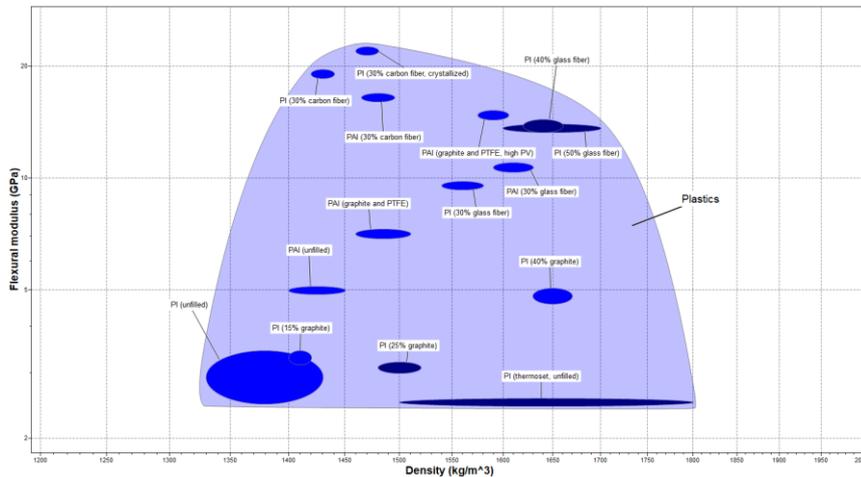
Como consideramos que nuestra vela es cuadrada y que la longitud del satélite se puede despreciar, las dimensiones de la vela serán: 75 metros de ancho y 75 metros de largo.

El espesor medio de las velas solares es de entre 40 y 100 veces menos que un folio de papel, por tanto, consideraremos que nuestra vela solar tendrá un espesor medio de: $e = 2.5 \mu\text{m}$

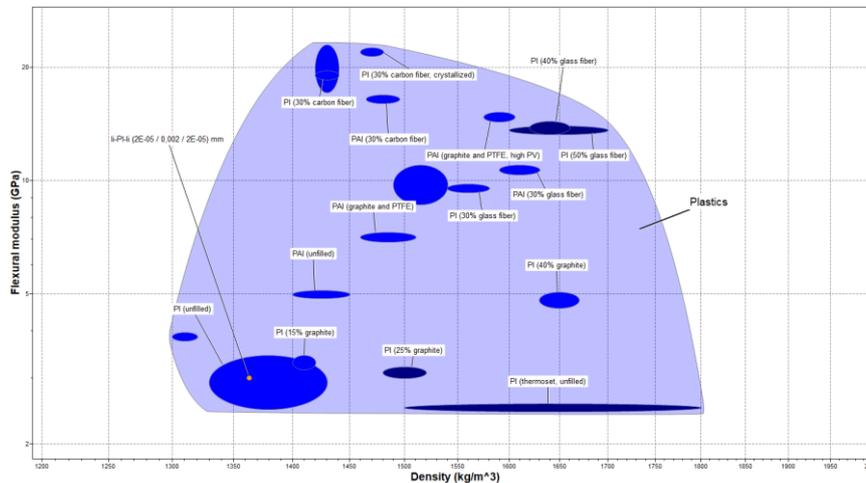
Para determinar que familias de materiales eran las más adecuadas, establecimos una gráfica en CES EduPack que relacione el módulo de flexión:



La gráfica obtenida al aplicar los límites durante la solución del problema es:



Con el material final seleccionado (el que está en amarillo):



Las propiedades del material son:

Price

Price	36,1	EUR/kg
Notes	Only includes contribution from specified material components (does not include processing, adhesives or additives)	

Physical properties

Density	1,36e3	kg/m³
---------	--------	-------

Mechanical properties

Young's modulus	2,44	GPa
Notes	In-plane property	
Yield strength (elastic limit)	0,705	MPa
Notes	In-plane property	
Flexural modulus	3	GPa
Flexural strength (modulus of rupture)	0,579	MPa
Notes	For bending about an in plane axis	

Thermal properties

Thermal conductivity	0,133	W/m.°C
Notes	Through thickness property	
Specific heat capacity	1,44e3	J/kg.°C
Thermal expansion coefficient	89,7	µstrain/°C
Notes	Through thickness property	

Electrical properties

Electrical resistivity	9,75e21	µohm.cm
Notes	Through thickness property	

Primary production energy, CO2 and water

Embodied energy, primary production	332	MJ/kg
CO2 footprint, primary production	18,5	kg/kg

Una mirada al pasado

Universitat Politècnica de València,
Valencia, España

Tutor:

Javier Orozco Messana

Alumno/s:

Mario Gil Juan

Luis Navarro García

Joan Albert Such García

Resumen

Inspirados en el uso de tejidos como recubrimiento externo en aviones, como pasaba tanto en los primeros pasos de la aeronáutica como actualmente en aeronaves ultraligeras, conseguimos hacer una selección de materiales que podrían aplicarse en la industria de los UAV con el objetivo de conseguir un mejor rendimiento. En esta selección incluimos un tejido, un material para estructura, y una pintura aislante térmica.



Contenido

1. Objetivos	100
2. Planteamiento del Problema	100
3. Solución Propuesta	101
4. Resultados y Conclusiones	102
5. Bibliografía	103
6. Anexos.....	104

1. Objetivos

Como futuros ingenieros aeroespaciales, decidimos centrar nuestro proyecto en la investigación de materiales que puedan suponer un incremento en la eficiencia de los UAV civiles. De este modo, trataremos de acercar el desarrollo realizado en el sector militar (e incluso espacial) a un ámbito civil y profesional, pero sin realmente acercarnos a su presupuesto. Es decir, buscamos materiales que permitan un rendimiento superior al de los utilizados en el sector civil actualmente sin un incremento sustancial en el coste final.

Por lo tanto, nuestros esfuerzos se centrarán más en hallar o desarrollar compuestos que permitan ahorrar peso estructural manteniendo las propiedades mecánicas del avión; siendo así capaz de transportar mayor carga de pago, o en su defecto, mejorar el rendimiento energético, la autonomía y la operabilidad del UAV.

A su vez, trabajaremos en la búsqueda de recubrimientos que permitan al dron resistir mayores inclemencias ambientales tal y como podrían serlo temperaturas extremas. Esto permitirá a las nuevas aeronaves alcanzar nuevos ámbitos de uso.

2. Planteamiento del problema

Con el objetivo principal de desarrollar dicho compuesto, se ha elegido el caso particular de un UAV real (UAV Fulmar) utilizado tanto en el ámbito militar como civil, para partir como base, siendo generalizado el caso al final del análisis. El peso en vacío de esta aeronave son 12 kg (aprox. 8 de estructura y 4 de electrónica / planta motriz), peso máximo de despegue 20 kg, y unas dimensiones de 1,2 m de largo, 3 m de envergadura y 0,5 m de alto¹. El proceso que seguiremos para la selección del material óptimo se divide en varias fases:

Un primer periodo de formación acerca de los materiales ya utilizados en los diversos sectores.

Seguidamente, de acuerdo con la base teórica adquirida según las funciones², se realiza una preselección de las propiedades principales y secundarias que debería presentar la estructura deseada. El fin de dicho listado no es otro que el de poder llevar a cabo la selección de los componentes más aptos sirviéndonos de gráficas generadas con el software CES EduPack.

Una vez formadas las gráficas en función de los parámetros relevantes, se realiza un estudio de las diferentes posibilidades, cribando aquellas opciones que más se adecuan a nuestros requerimientos; teniendo en cuenta la compatibilidad de sus componentes.

3. Solución propuesta

En primer lugar, definiremos y justificaremos las propiedades más relevantes que un material diseñado para la estructura de un UAV debe tener³. Dividiéndolas en primarias y secundarias. Para llevar esto a cabo es imprescindible que tanto las funciones y posibles aplicaciones, como las condiciones en que pueden operar los UAV hayan quedado claras. Estos parámetros son:

- **Excelente relación resistencia densidad;** que permite mejorar la eficiencia del dron minimizando el peso mientras se mantienen las propiedades mecánicas. Ayuda al ahorro de energía y al aumento de la carga transportada⁴.
- **Resistencia al pandeo y elevada tensión de rotura:** el pandeo es definido como el desplazamiento lateral de una sección debido a la acción de fuerzas compresivas o de flexión. A su vez, la tensión de rotura representa la máxima fuerza de tensión que puede aguantar el material sin reducir su sección de forma plástica⁵. Dado que la estructura debe ser resistente a posibles impactos para aumentar su durabilidad, debe presentar pocas opciones de deformación plástica.
- **Límite de fatiga alto:** el material debe soportar mucho uso antes de perder funcionalidad, asegurando vida larga al UAV en condiciones normales⁶. También deberá presentar bajos niveles de corrosión, notable resistencia a temperatura y a la radiación solar.
- **Un bajo coste:** proporcionado no sólo por la **fácil maquinabilidad**, la cual implica que las transformaciones que lleven la materia prima a su estado final no sean de gran complejidad; sino también por una obtención relativamente asequible de los componentes. Esto asegurará un precio de mercado más reducido, que resulta un punto clave en el mercado dedicado al sector civil.

Son de segundo orden las propiedades relacionadas con los ámbitos de aplicación. Estas no son otras que un nivel óptimo de **impermeabilidad**, que implemente la operabilidad en días de lluvia o ambientes mojados⁷. En segundo lugar, un **bajo nivel de inflamabilidad**, lo cual permitirá ampliar sus usos a zonas afectadas por incendios. Finalmente, también resulta interesante una buena **disipación de las vibraciones**, principalmente aquellas producidas por el sonido⁸. Esto no solo proporcionaría un vuelo más suave y manejable, sino que también contribuiría a reducir las fuerzas provocadas por dichas oscilaciones.

Tras estudiar las posibles soluciones que se nos plantean con el objetivo de resolver este problema, hemos decidido que la mejor alternativa recae en crear un esqueleto a partir de una resina y reforzarlo mediante una fibra; además un recubrimiento externo de la aeronave con un material flexible, ligero y aislante que consiga una óptima superficie de vuelo. Para la síntesis del compuesto estructural, hemos realizado un estudio previo de las posibles fibras que podrían cumplir nuestros requisitos mediante el software, para posteriormente hacer un repaso por las resinas existentes compatibles con la misma. Hemos decidido eliminar la superficie de vuelo maciza, y sustituirla por un tejido, porque en este tipo de dron, ésta no juega un papel importante en la parte estructural. Decisión que hemos tomado mirando hacia los inicios de la aviación.

4. Resultados y Conclusiones

Una vez realizada la selección ([anexo, chart 1](#)), la fibra que ofrece mejores prestaciones mecánicas en relación con su densidad y precio (bajo unos parámetros mínimos) es la *Carbon fiber, high strength (5 micron, f)*. Para obtener un compuesto con características óptimas, hemos investigado sobre las resinas del mercado que mejor se comportan con este tipo de fibra; es decir, que ofrecen un mejor resultado tras el proceso de impregnación.

Las resinas epoxi son las que cumplen este requisito con mayores garantías⁹, por lo que nuestro estudio por medio de software se ha centrado en ellas. Entre estas, hemos establecido unos exigentes parámetros de preselección basados en una baja densidad, una temperatura de servicio que permita afrontar temperaturas extremas sin pérdida de características, y una buena resistencia a la fatiga y a los impactos. Tras realizar esta criba previa, hemos comparado las características mecánicas de los pocos candidatos restantes ([anexo, chart 2](#)) y hemos llegado a la conclusión de que el mejor candidato en cuanto a su relación calidad / precio es la variedad *Epoxy resin (cycloaliphatic)*.

Con la matriz y la fibra de refuerzo, sintetizamos el compuesto, de forma multidireccional para las zonas de la estructura que sufren esfuerzos compuestos (torsión, flexión...) y unidireccional para refuerzo en zonas que solo sufren esfuerzos en una dirección (tensión, compresión...). Tras obtener ambas versiones del compuesto en diversas concentraciones de fibra, las comparamos ([anexo, chart 3](#)) con el resto de materiales del mercado, particularmente con el utilizado en el UAV estudiado (*Fibra de carbono prepreg*), observando que, para una misma pieza, las propiedades de nuestro compuesto (50% de fibra para multidireccional y 60 % para unidireccional) son superiores en cuanto a la densidad, pudiendo eliminar material mediante patrones concretos que generen una estructura con cavidades en las zonas de menor esfuerzo mecánico, pero que mantengan la integridad estructural. Esto es posible dadas las mejores propiedades del nuevo compuesto.

Finalmente, una vez desarrollado el cuerpo del compuesto y con el objetivo de mejorar las propiedades como la durabilidad o resistencia, se llevará a cabo la selección de un material para el recubrimiento externo que envuelva al esqueleto y que también genere las superficies de vuelo.

En primer lugar, los requerimientos básicos para este son: densidad reducida, gran flexibilidad, bajo coste, estabilidad térmica, montaje de baja complejidad y fácil obtención en el mercado. Las primeras tres nos convencieron de la idea de usar un tejido¹⁰. Entre los tejidos, destaca el kevlar por sus propiedades resistentes, su baja compresibilidad a altas temperaturas y su disponibilidad comercial. La mayor contra es su alto precio, es por esto que, dada la cantidad que se emplearía (2.26 m² de superficie), proponemos la creación de dos gamas del UAV. La de mayor calidad y precio presentaría un recubrimiento con kevlar; mientras que en la opción económica se emplearía dacrón (tejido de PET). Esta selección no es arbitraria, si no que se basa en la relación propiedades-precio de ambos materiales, ya que el dacron presenta menor resistencia a la rotura, mayor densidad y es más inflamable (limitando la zona operacional del UAV a ambientes menos agresivos). Como posibles proveedores de estas fibras se tomaría a Aircraft Spruce¹². Para usar como aislante, seleccionamos pintura¹¹ con nanopartículas cerámicas, muy aislante y de bajo peso añadido al UAV, y que sería una opción barata y la que más se adapta a nuestra situación.

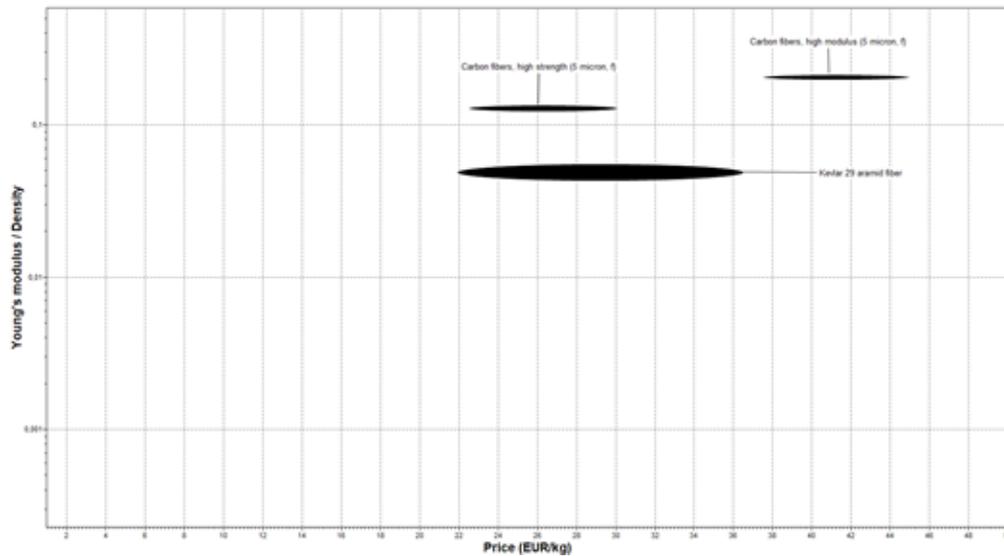
5. Bibliografía

1. THALES. Características del sistema FULMAR. [INTERNET]. Disponible en: <https://www.thalesgroup.com/sites/default/files/asset/document/fulmar-esp200214.pdf>
2. Joshi, Divya. Exploring the latest drone technology for commercial, industrial and military drone uses. Business Insider [Internet]. Year: 2017. Disponible en: <http://www.businessinsider.com/drone-technology-uses-2017-7>
3. A. Balachandran, D. Karelia, Dr. J. Challa. Material Selection for Unmanned Aerial Vehicle [Internet]. IJMET, 2014. Disponible en: <https://iaeme.com/MasterAdmin/uploadfolder/MATERIAL%20SELECTION%20FOR%20UNMANNED%20AERIAL%20VEHICLE/MATERIAL%20SELECTION%20FOR%20UNMANNED%20AERIAL%20VEHICLE.pdf>
4. Peirson, Brad. Comparison of Specific Properties of Engineering Materials [Internet]. June 28, 2005. Disponible en: http://www2.gvsu.edu/peirsonb/spec_prop.pdf
5. The Steel Construction Institute. Determining the buckling resistance of steel and composite bridge structures [Internet]. Disponible en: https://www.steelconstruction.info/File:SCI_ED008.pdf?internal_link
6. ASM INTERNATIONAL. Elements of Metallurgy and Engineering Alloys, Ch. 14: Fatigue [Internet]. 2008. Disponible en: https://www.asminternational.org/documents/10192/1849770/05224G_Chapter14.pdf
7. Science Direct [Internet]. The Basic Properties of Building Materials, 2011. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9781845699550500025>
8. Sorbothane [Internet]. What is the Best Vibration Resistant Material? Disponible en: <https://www.sorbothane.com/best-vibration-resistant-material.aspx>
9. NASA. Low Temperature Mechanical Testing of Carbon-Fiber/Epoxy-Resin Composite Materials, 1996. [Internet]. Available at: <https://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/19970003683.pdf>
10. Federal Aviation Administration. Ch. 3: Aircraft Fabric Covering [Internet]. Available at: https://www.faa.gov/regulations_policies/handbooks_manuals/aircraft/amt_airframe_handbook/media/ama_Ch03.pdf
11. Ceramic paint patent: <https://patents.google.com/patent/US20110086174A1/en>
One possible provider: <https://www.amazon.com/ThermaCels-Insulating-Additive-Gallon-Package/dp/B01AC5KRJ6>
12. Dacron and Kevlar Provider: Aircraft Spruce. Available at: <https://www.aircraftspruce.ca/pages/cs/dacron/peelply3.php>
<http://www.aircraftspruce.com/catalog/cmpages/bikevlar.php>

6. Anexos

Selección de la fibra

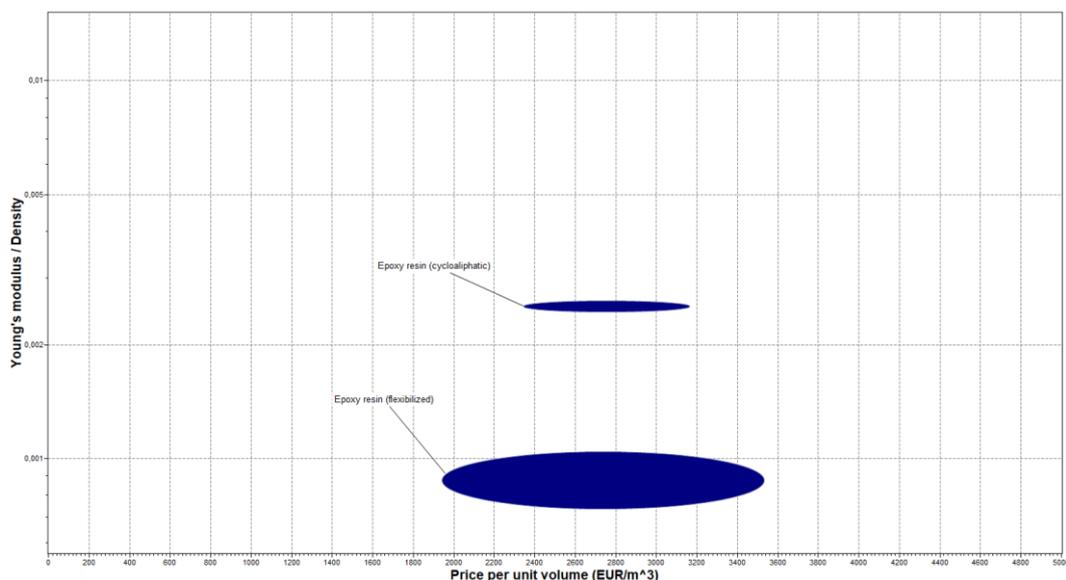
Tras la realización de sucesivas gráficas, esta última define de forma sintetizada los parámetros más relevantes, teniendo en cuenta parámetros máximos de precio (40 €/kg) y de densidad (1,8 kg/m³). Dado que la escueta mejora en propiedades mecánicas respecto a la densidad de la fibra de carbono high modulus no compensa en su subida de precio, hemos decidido escoger la fibra de carbono high strength, que además nos ofrece mayor resistencia.



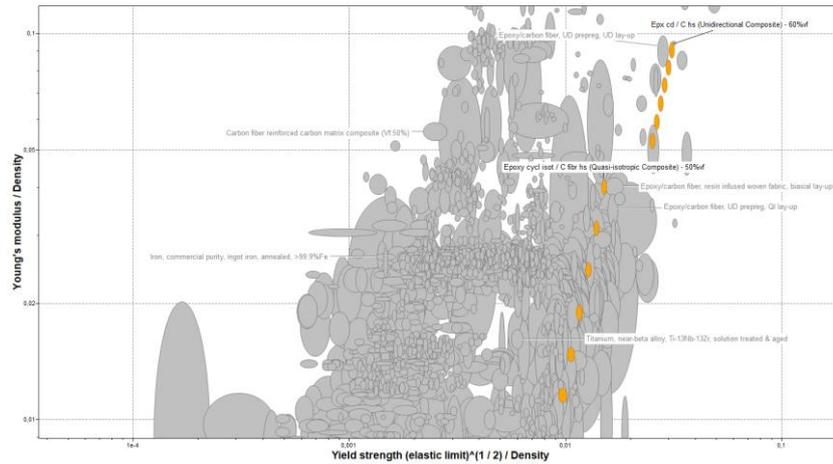
Selección de la resina

Parámetros de selección (basados en investigación previa):

- Max. density: $1,5 \cdot 10^3$ kg/m³
- Min. fracture toughness: 1,5 MPa.m⁵
- Required max. service temperature: 120 °C
- Processing properties: impregnation.
- Compatible con la fibra de carbono (buena adhesividad).



Sintetización del material y comparativa con los existentes



Cálculos (Comparativa entre nuestra propuesta y el original)

Los cálculos de esfuerzos aerodinámicos se toman como base del diseño original, y la nueva resistencia variará dependiendo de la eficiencia de la nueva estructura.

- **Mejora en densidad** = $[(1.45 \cdot 10^{-3} - 1.6 \cdot 10^{-3}) / 1.45 \cdot 10^{-3}] \cdot 100 = -9.37\%$ (Nuestro material tiene un 9.37% menos de densidad aproximadamente)
- **Variación del módulo de Young** = $[(60 - 46) / 46] \cdot 100 = 30.43\%$ (Nuestro material tiene un 30.43% más de módulo de Young)
- **Mejora en tensile strength** = $[(630 - 550) / 550] \cdot 100 = 15.55\%$ (Nuestro material tiene un 15.55% más de tensile strength)
- **Porcentaje aproximado de reducción de material estructural** (teniendo en cuenta la eliminación de las partes sin tensión y de la mejora en la calidad del material; tras consultar con profesores expertos en la materia) = 15 - 25%
- **Superficie estimada del UAV** = 2.26 metros cuadrados
- **Densidad por unidad de superficie del tejido** = 0,061 kg/m²
- **Volumen de material aproximado original** = $5.2 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$
- **Volumen de material estructural nuevo** = $80\% \cdot \text{volumen inicial} = 4.16 \cdot 10^{-3} \text{ metros cúbicos}$
- **Masa de la nueva estructura** = nuevo volumen * $1.45 \cdot 10^{-3} \text{ kg/m}^3 = 6.0322 \text{ kg}$
- **Masa de tejido (Kevlar/Dacron)** = 0.137 kg + adhesivo = 300 g aprox.
- **Masa nueva** = masa de la estructura + masa de tejido = 6.33 kg
- **Masa anterior** = 8 Kg
- **Mejora en masa** = $[(M \text{ nueva} - M \text{ anterior}) / M \text{ anterior}] \cdot 100 = -20,9\%$ (Reducción en masa)

IS 50%

Price	
Price	14.4 - 19.3 EUR/kg
Notes	
Only includes contribution from specified material components (does not include processing, adhesives or additives)	
Physical properties	
Density	1.48e3 - 1.53e3 kg/m ³
Mechanical properties	
Young's modulus	57.8 - 62.8 GPa
Yield strength (elastic limit)	495 - 529 MPa
Tensile strength	596 - 636 MPa
Compressive strength	664 - 694 MPa
Flexural modulus	57.8 - 62.8 GPa
Flexural strength (modulus of rupture)	495 - 529 MPa
Shear modulus	33.9 - 37.2 GPa
Bulk modulus	55.8 - 56.9 GPa
Poisson's ratio	0.197 - 0.3
Thermal properties	
Thermal conductivity	0.545 - 21.8 W/m·°C
Specific heat capacity	1.02e3 - 1.06e3 J/kg·°C
Thermal expansion coefficient	1.44 - 1.74 µstrain/°C
Electrical properties	
Electrical resistivity	5e19 - 2.5e20 µohm·cm
Primary production energy, CO2 and water	
Embodied energy, primary production	214 - 237 MJ/kg
CO2 footprint, primary production	14 - 15.6 kg/kg
Notes	
Source records	
Matrix = Epoxy resin (cycloaliphatic)	
Fiber = Carbon fibers, high strength (5 micron, 0)	
Additional attributes	
Matrix volume fraction = 50 %	
Reinforcement volume fraction = 50 %	
Model: Composites (Simple Bounds), Continuous fiber (UD & Q)	
Date of analysis: matrix, 1 de mayo de 2018	

Price	
Price	16.3 - 21.8 EUR/kg
Notes	
Only includes contribution from specified material components (does not include processing, adhesives or additives)	
Physical properties	
Density	1.54e3 - 1.59e3 kg/m ³
Mechanical properties	
Young's modulus	136 - 148 GPa
Yield strength (elastic limit)	2.27e3 - 2.43e3 MPa
Tensile strength	2.73e3 - 2.91e3 MPa
Compressive strength	618 - 926 MPa
Flexural modulus	136 - 148 GPa
Flexural strength (modulus of rupture)	618 - 926 MPa
Shear modulus	2.47 - 2.85 GPa
Bulk modulus	10.7 - 11.2 GPa
Poisson's ratio	0.16 - 0.28
Thermal properties	
Thermal conductivity	48.1 - 120 W/m·°C
Specific heat capacity	949 - 998 J/kg·°C
Thermal expansion coefficient	1.03 - 1.3 µstrain/°C
Electrical properties	
Electrical resistivity	1.05e5 - 2.63e5 µohm·cm
Primary production energy, CO2 and water	
Embodied energy, primary production	227 - 252 MJ/kg
CO2 footprint, primary production	15.3 - 17 kg/kg
Notes	
Source records	
Matrix = Epoxy resin (cycloaliphatic)	
Fiber = Carbon fibers, high strength (5 micron, 0)	
Additional attributes	
Matrix volume fraction = 40 %	
Reinforcement volume fraction = 60 %	
Model: Composites (Simple Bounds), Continuous fiber (UD & Q)	
Date of analysis: matrix, 1 de mayo de 2018	

UD 60%

Soporte-Indicador de contenido de recipientes domésticos de butano

Universidad de Cádiz,
Algeciras, España

Tutora:

M^a del Pilar Yeste Sigüenza

Alumno/s:

Manuel Jesús Espinosa Gavira

Francisco José Mena Benítez

Resumen

*En este trabajo se propone el diseño y se realiza la selección de materiales de un soporte con medidor de capacidad para las bombonas de butano de uso doméstico. El diseño permite una doble funcionalidad, como soporte de la bombona de butano y como indicador del porcentaje o masa de contenido que queda aún en la bombona. Con esto se intenta, de un modo muy simple, aumentar el confort en las familias que utilicen calentadores de gas para el suministro de agua caliente sanitaria a sus viviendas, y así evitar que se acabe el contenido de la bombona en un momento indeseable, como suele ocurrir. En una primera aproximación se ha optado por el uso de la combinación de **Cloruro de Polivinilo** y un **resorte** para dar solución al problema planteado.*



Contenido

1. Objetivos	36
2. Planteamiento del Problema	36
3. Solución Propuesta	37
4. Resultados y Conclusiones	38
5. Bibliografía	38
6. Anexos.....	39

1. Objetivos

Se va a proceder a diseñar un soporte-indicador de contenido de bombonas y botellas de butano de uso doméstico. En concreto, se va a seleccionar el material adecuado para la fabricación del soporte mediante el uso del programa CES EduPack 2017 introduciendo las restricciones necesarias para la selección del material así como la cantidad de material necesario para la producción del mismo. Se estimará el coste de producción de la pieza final, calculando previamente el tamaño de lote económico mínimo.

2. Planteamiento del problema

En la vida cotidiana de la mayoría de las personas, que utilizan los calentadores de gas para el agua sanitaria, ya bien sea como sistema principal de obtención de agua caliente o sistema auxiliar a otros sistemas, se suelen encontrar que el contenido de la bombona o botella de butano finaliza en los momentos menos oportunos. Este problema puede ser resuelto mediante un indicador del contenido de butano restante en el recipiente, esto puede ser resuelto mediante indicadores de presión, o mediante la estimación del contenido a través de una medición del peso completo del recipiente. Con el fin de resolver este problema mediante un método no invasivo se opta por la segunda opción, debido a ser una solución más segura que la primera. A continuación se detalla los requisitos de materiales de diseño:

Función

Dispositivo medidor de la carga actual de bombonas y botellas de butano domésticas

Restricciones

Módulo de Young > 1 GPa (Baja deformación con carga)
 Elasticidad (Límite elástico) > 0.21 MPa (No deformación plástica)
 Temperatura de vitrificación > 60 °C (No se deforme por temperatura)

Objetivos

Minimizar los costes

Variables libres o de diseño

Elección del material

3. Solución propuesta

Buscamos un material del tipo polímeros y elastómero (Tree: Polímeros y elastómeros) debido a que son fácilmente moldeable en procesos industriales con unos costes unitarios de producción relativamente bajos y algunos de ellos soportan la impresión 3D.

Pero no nos sirve cualquier polímero o elastómero, ya que necesitamos que se cumplan unos requisitos mínimos de rigidez y resistencia.

Sabiendo que

$$E = \frac{F/S}{\Delta L/L}$$

Donde F es la carga de la bombona de butano llena (343 N), S = 0.0188 m² y se refiere a la superficie de apoyo de la bombona, (2·π·r·ancho). El denominador hace referencia a la deformación unitaria permitida, y en este caso será del 2%, por criterio propio (0.02). Con estos valores, se obtiene E = 0.9098 MPa, que redondearemos a **E = 1 MPa** ó 1E-3 GPa.

Tampoco se permitirá por diseño la deformación plástica del material, esto quiere decir que la tensión de deformación plástica debe ser mayor que la tensión que tendrá el soporte bajo carga. La tensión que verá el soporte bajo carga es F/S, que como queda definida en el párrafo anterior da un valor de **σ = 18,2 MPa**.

Como última restricción se va a requerir que la **temperatura de vitificación** sea superior a los **60 °C** para evitar la deformación por temperatura durante su operación.

Con los filtros anteriores, y suponiendo que nuestro diseño va a requerir el mismo volumen de material independientemente de las propiedades de este, aproximación que es válida en una primera instancia, procedemos a optimizar el coste volumétrico del material (Precio[€/kg]*densidad[kg/m³] = **coste volumétrico** [€/m³]).

Con estas restricciones aplicadas, obtenemos que el material que más se adecua a nuestras restricciones y objetivos, es el **cloruro de polivinilo o más bien conocido como polímero de Poliestireno**, el cual es un termoplástico con una temperatura de vitificación de 73.9°C, por lo que cumple con nuestros requisitos.

Para evitar el uso de dispositivos electrónicos para la medición, emplearemos un muelle que permitirá estimar el contenido del recipiente mediante la compresión del mismo, en unos cálculos preliminares, hemos obtenido que necesitamos un muelle con constante elástica 18 kN·m y de unas dimensiones de 25 mm de largo y 12 mm de diámetro exterior, para que se pueda insertar en el hueco diseñado para tal propósito en el modelo 3D.

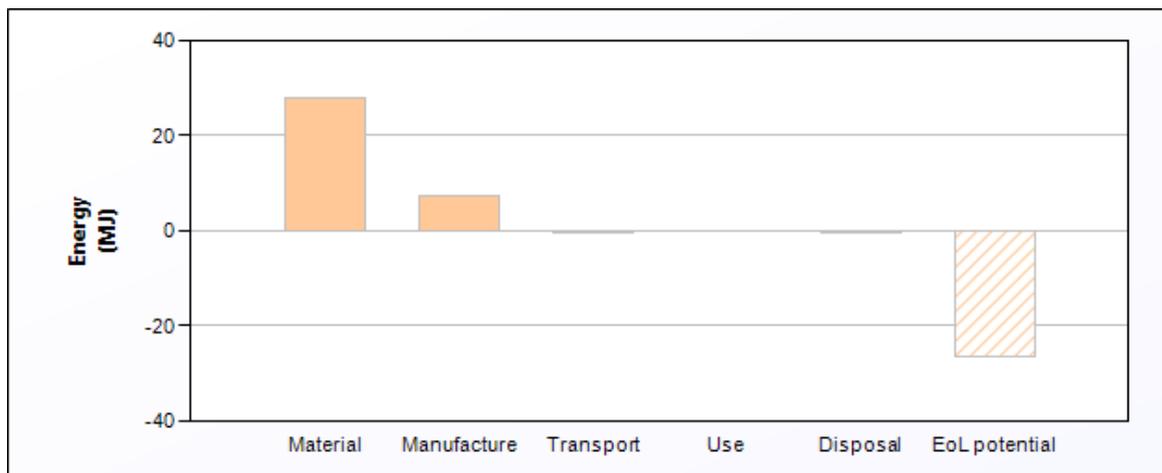
Por último, el uso de polímeros y elastómeros engloba y cumple también con los requisitos de diseño el PLA, material que se puede emplear fácilmente en impresión 3D, esto nos permite verificar la funcionalidad del diseño a un coste muy bajo.

4. Resultados y Conclusiones

Una vez introducidos todos los parámetros y restricciones en el programa CES EduPack se obtiene que el material que cumple con el objetivo de minimizar los costes el “**Polímero PVC o cloruro de polivinilo**”. Este material elegido cumple con las restricciones impuestas. Además, el hecho de decantarnos por polímeros y elastómeros, nos permite realizar el modelo mediante impresión 3D.

En una primera instancia, se ha optado por añadir un muelle adicional al diseño que permitirá la estimación del contenido a través del grado de compresión del mismo. Esta decisión no es definitiva ya que incluso en un diseño más maduro se podría optar por un diseño de un resorte realizado con el mismo material, previa realización de cálculos necesarios para que se siga cumpliendo con la funcionalidad del sistema.

Por otra parte, con el modelo 3D y conociendo la densidad del **PVC**, se estima el material necesario en 440 g. Empleando el moldeo de polímero como proceso de fabricación, asumiendo la distribución del producto en camión de 32 Tn, con una distancia promedio de distribución de 200 km, se obtiene el siguiente informe de audición ecológica.



Finalmente se ha analizado la variación del coste unitario de producción con el tamaño de lote a fabricar, haciendo uso de los gráficos del universo de procesos, resultando que el tamaño de lote adecuado debe ser al menos de 1000 unidades (Figura 4). Usando ese tamaño de lote mínimo, se ha hecho uso de la herramienta de estimación del coste de la pieza, incluida en el nivel 3 del CES Edupack 2017 (Figura 5), y se estima el coste de la pieza diseñada en unos 39€, que podría ser un precio de mercado adecuado.

Bibliografía

- [1] Ashby M.F., *Materials selection in mechanical desing*, 3ª edition, Amsterdam [etc.]: Butterworth-Heinemann, 2005.
- [2] Granta Desing Ltd., software CES EduPack;
<http://www.grantadesing.com/es/education/index.htm>

6. Anexos

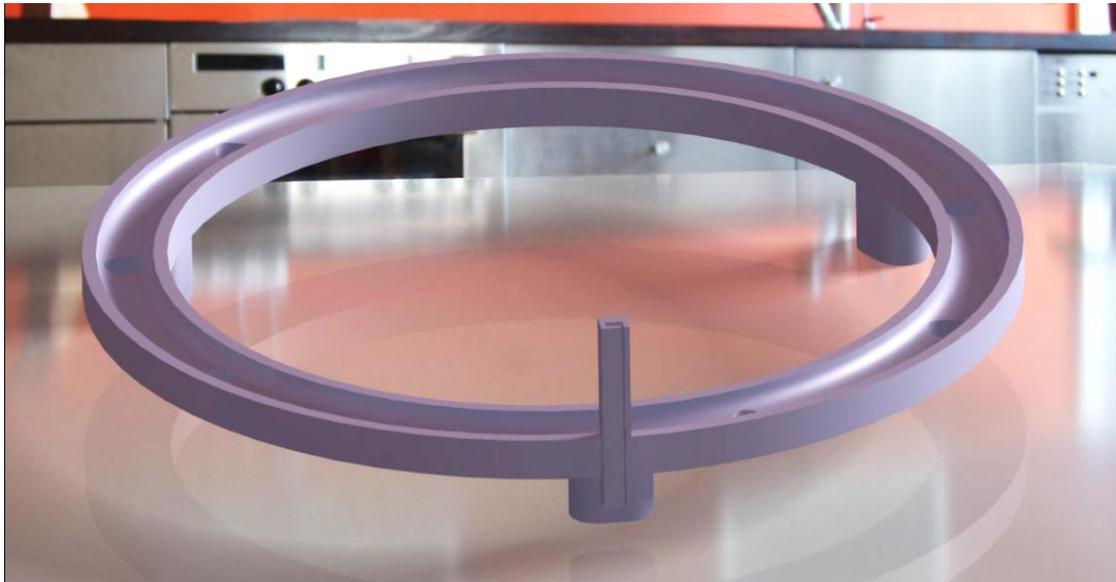


Figura 1. Diseño preliminar del modelo.

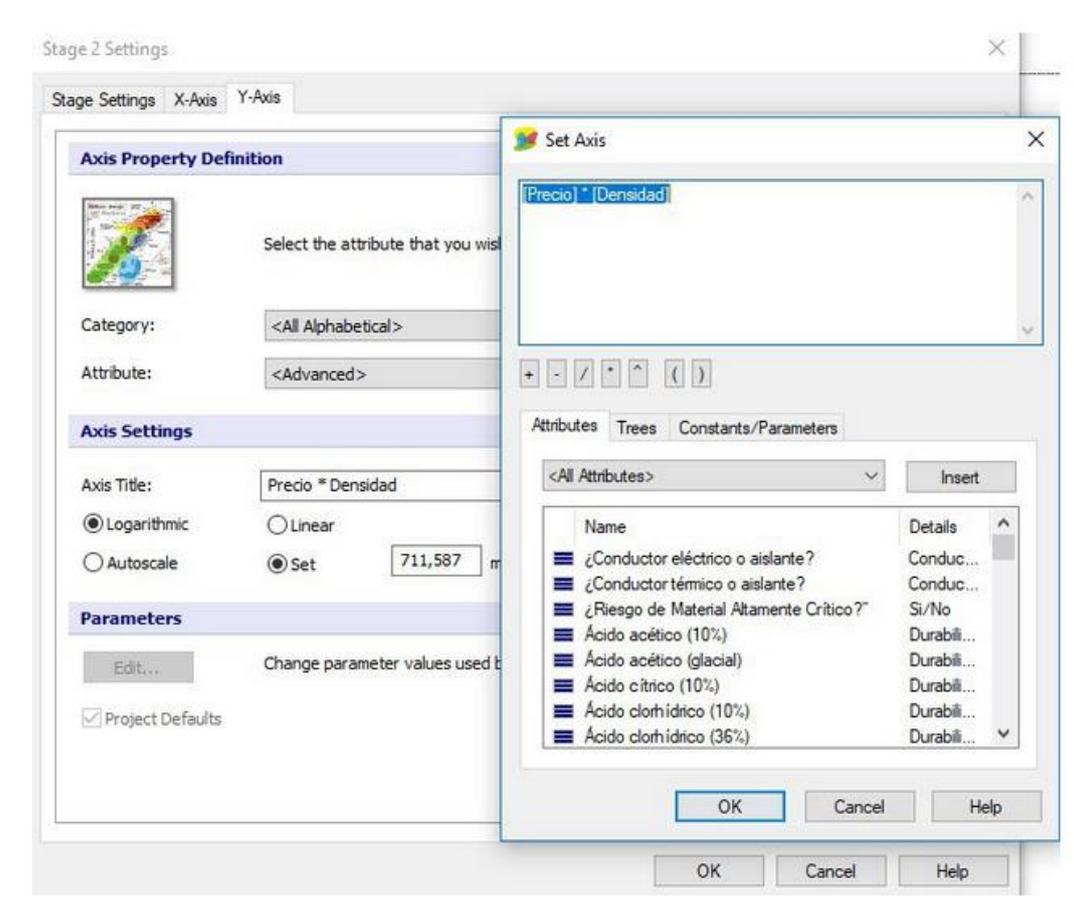


Figura 2. Ajuste de la gráfica de materiales en la etapa de selección.

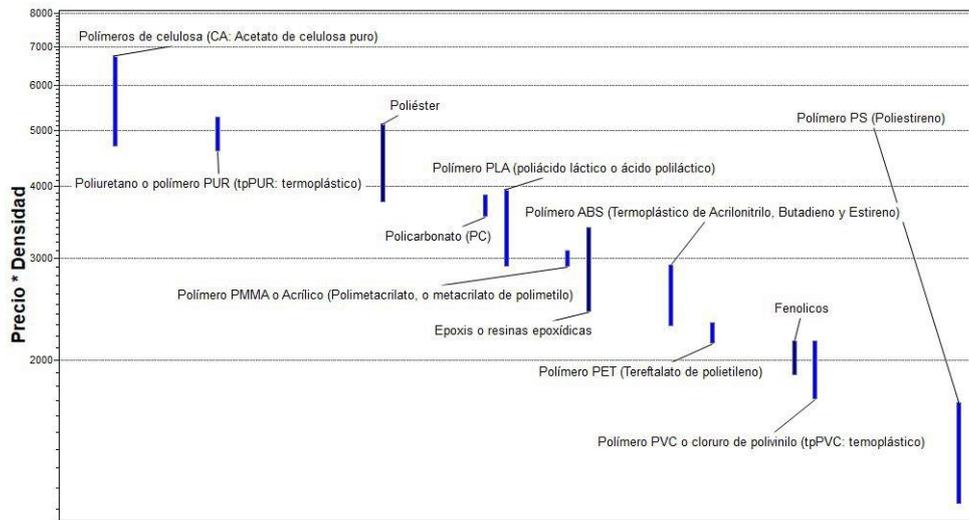


Figura 3. Gráfico de Nivel 2 que cumplen las restricciones en la primera etapa de selección.

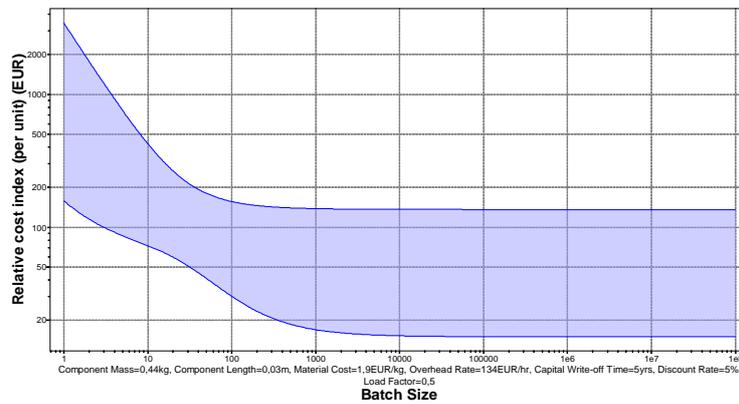


Figura 4. Gráfico del coste relativo por unidad en relación al tamaño de lote a producir.

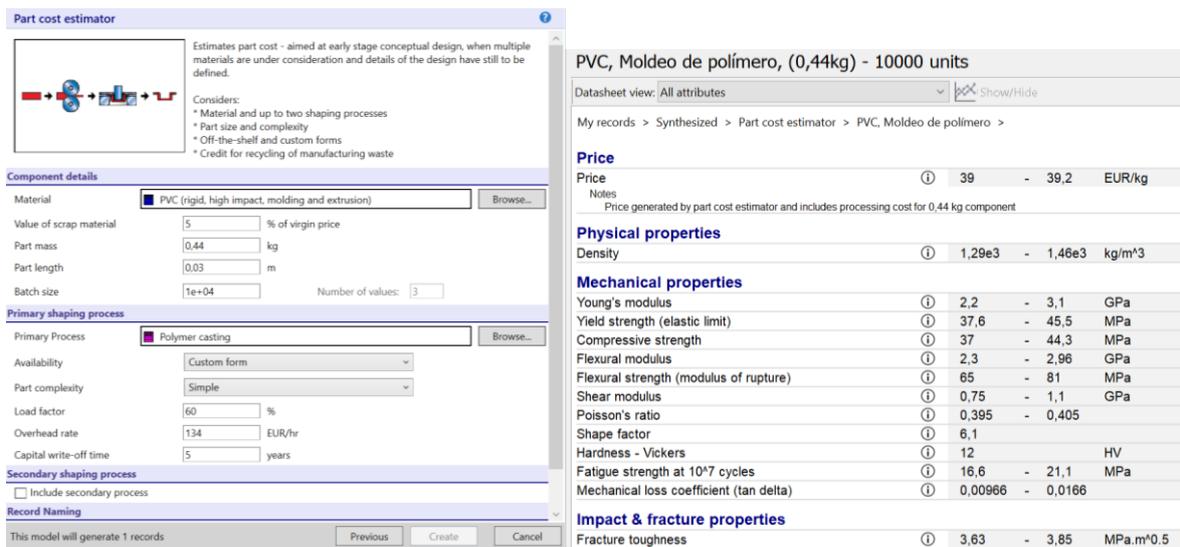


Figura 5. Gráfico de la herramienta 'Part cost estimator' (izquierda) y datos de salida (derecha).

Composito de fibras naturales resistente a vibraciones sísmicas

Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey,
Puebla, México

Tutor:

Conrado Rosales Torres

Alumno/s:

Brenda Daniela Gallardo Parente

Leonides Armando Gamboa Sánchez

Stephanie Sánchez Cortés

Resumen

Se desarrollará un material composito a base de fibras naturales y resina polimérica anti flama para mejorar sus propiedades tales como ductilidad, resistencia al impacto y vibraciones. De tal manera otorgando una mejora notable en comparación a los componentes actualmente utilizados en la industria de la construcción (durock, tablaroca, etc) y a su vez representando una opción sustentable-sostenible para las construcciones y disminución de infortunios.

GRANTA
TEACHING RESOURCES



© Granta Design, 2018
For reproduction guidance, see back page

The Teaching Resources website aims to support teaching of materials-related courses in Design, Engineering and Science.
Resources come in various formats and are aimed primarily at undergraduate education.

Contenido

1. Objetivos	107
2. Planteamiento del Problema	107
3. Solución Propuesta	108
4. Resultados y Conclusiones	109
5. Bibliografía	110
6. Anexos.....	111

1. Objetivos

Mediante este trabajo se propone desarrollar un material híbrido a base de fibras naturales y resina polimérica con la finalidad de obtener un compuesto con características más adecuadas para resistir siniestros o prevenir pérdidas en desastres. Basándonos en los sucesos ocurridos el 19 de septiembre en México durante el sismo de magnitud 7.1, se busca mejorar la estructura de los muros prefabricados, no sólo en construcciones, sino para diferentes aplicaciones o usos como en los mobiliarios de las guarderías, escenarios temporales, etc. Dado que algunas veces un pequeño corto circuito o mal funcionamiento de aparatos puede ocasionar incendios, se contempla la idea de añadir la característica anti-flama y a su vez, generar un producto viable, sustentable y económico para cualquier utilidad.

2. Planteamiento del problema

Los paneles prefabricados, son elementos muy importantes para la construcción, estos son utilizados en la mayoría de las construcciones dado a su precio, facilidad de uso, rapidez de instalación, entre otros puntos. En la actualidad, la mayoría de los muros falsos, están hechos de yeso o de concreto, estos presentan grandes ventajas, sin embargo, también traen consigo diversos problemas. Según la Organización Mundial de la Salud, la exposición a corto y largo plazo de estas partículas, puede afectar la salud y que la exposición crónica aumenta la mortalidad por enfermedades cardiovasculares y cáncer de pulmón. Además, a la hora de desecharlos, pueden generar graves problemas de contaminación a nuestro medio ambiente, ya que, al unirse con otros componentes químicos que pueden generar compuestos tóxicos. Adicionalmente, se cree que las propiedades mecánicas podrían ser mejoradas, para así poder tener un mejor rendimiento ante sismos.

3. Solución propuesta

La principal idea es conseguir componentes capaces de resistir las suficientes vibraciones durante un movimiento telúrico contemplando sus propiedades mecánicas como ambientales. La estructura del sándwich (véase Anexo 1) es la más viable ya que combina dos materiales para mejorar sus características individuales. Como estructura principal, la matriz y por otra parte, las caras de recubrimiento, tanto superior como inferior, que sirven para dar una mejor resistencia y dureza al núcleo. Dado que el composito debe ser económico, ambiental y resistente, se usarán fibras naturales como refuerzos de la matriz para aprovechar su ductilidad y su resistencia a los impactos. Por otra parte, el núcleo estará compuesto de una resina polimérica

Utilizando la herramienta Limit de CES Edupack, se realizó un filtro para los posibles materiales que pueden reemplazar el yeso y también cumplieran con los requisitos siguientes: no inflamables, de combustión lenta y ser polímeros. Gracias a la herramienta se encontraron posible materiales que cumplieran con los requisitos, los cuales son estudiados a continuación.

Se tomaron en cuenta las siguientes delimitaciones: los materiales arrojados por el software fueron:

1. PC+Polyester transparent amorphous (general purpose)
2. PLA flame retarded
3. PC+PBT flame retarded
4. PTT general purpose
5. SMMA (clarity / tough)
6. SMMA (clarity/semi-tough)

Para nuestro proyecto se necesita de características certeras que ayudarán a tener un material que supere las características de la tablaroca actual. Después de un largo análisis, esas características son las siguientes: i) precio máximo de \$800. ii) Módulo de Young mínimo de 2.5 GPa. iii) Resistencia a la fatiga mínimo de 20 MPa. iv) Porcentaje de elongación de valor mínimo 10. v) Menor de 5% en peso para el contenido de elementos críticos vi) Absorción de agua @24 hrs con un máximo de 1%. vii) Absorción de humedad máximo de 1% y por supuesto viii) que sean de quemazón lenta, auto-extinguibles o no flamables (vea Anexo 9).

Y para el elemento a sustituir al papel tomaremos las fibras naturales que proporciona el programa CES Edupack.

4. Resultados y Conclusiones

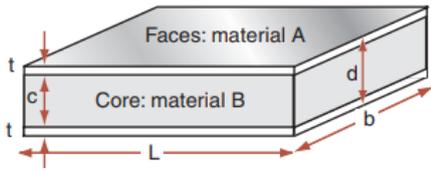
Para comenzar a filtrar materiales, se usó una gráfica de Fatiga contra flamabilidad, ya que se tiene contemplado que el producto tenga baja flamabilidad. Al observar el Anexo 2 se puede notar que el PC+PBT (flame retarded) es el elemento con menor flamabilidad. Los dos elementos llamados SMMA son los más flamables, por lo tanto a partir de esta etapa, ya no se tomarán en cuenta como una opción viable para nuestro composito. A pesar de su alto costo, como se observa en el Anexo 3, PC+Poliéster amorfo y PC+PBT son los materiales con mayor porcentaje de elongación y de gran utilidad para garantizar que el material sea dúctil. Por el contrario, debido a su bajo porcentaje de elongación, se dejará de tomar en cuenta a partir de este punto al elemento PTT. Por ende, solo restan como posibles elementos a considerar: PC+PBT, PLA y PC+Poliéster. Como siguiente paso, se delimitó qué tipo de fibra natural se usará para nuestro composito.

A través de la herramienta "Graph", se graficó límite elástico contra flamabilidad, la cual nos dio la noción de la tensión máxima a la que nuestras fibras pueden estar expuestas y no sufrir alguna deformación permanente. En el Anexo 4 se puede observar que el Ramie (ramina) y Jute (yute) son las fibras con mayor capacidad de soportar tensiones, es importante recalcar que su flamabilidad será neutralizada por el agente anti-flama ya especificado en secciones anteriores. De igual forma, se añadió a los polímeros en la gráfica para observar su flamabilidad y límite elástico, en contraste con el yeso utilizado en la actualidad. Se observa de igual manera que Yute y Ramie tienen un límite elástico drásticamente mayor al papel, el cual es el utilizado actualmente como material en las caras de la tablaroca, por lo que podemos concluir que sus propiedades mecánicas serán mejoradas. El límite elástico de los cuatro elementos es relativamente parecido por lo que se utilizó el Anexo 5 para acotar un aspecto importante en los elementos bajo estudio: La producción anual. A partir de esta sección se observa que el yute es el elemento con mayor producción medida en toneladas por año. El producto es comparado con la combinación actual de elementos que crean la tablaroca, es decir, el papel y el yeso (plaster of Paris y Paper). Al analizar la gráfica 6 y compararla con los materiales actuales, el yute otorga mayor porcentaje de elongación en comparación al papel, por lo tanto el yute es el material adecuado y mejorado para la tablaroca actual. En el Anexo 7 donde se muestra fatiga vs flamabilidad se corrobora que el yute es el material con mayor resistencia a la fatiga y se sigue observando que los elementos que sustituirán el yeso siguen con propiedades muy parecidas. Por lo tanto, se hace un análisis más profundo. Se realizó con la ayuda de la herramienta "Synthesizer" un nuevo material con el modelo de paneles balanceados de sandwich. En la sección de hoja frontal o cara frontal colocamos la fibra ya elegida, Yute, y en cuanto al corazón o centro del sandwich se analizaron los tres diferentes compuestos propuestos (PLA, PC+PBT y PC+Poliéster). Gracias al Anexo 8 se corrobora que los elementos sintetizados con los polímeros cuentan con un mayor módulo de flexión que el material actual, es cuál esta remarcado de color fucsia. Los tres elementos son casi el doble de capaces para soportar la flexión en comparación al material actual, por lo tanto, guiándonos en un aspecto anterior (precio), el más viable es PLA.

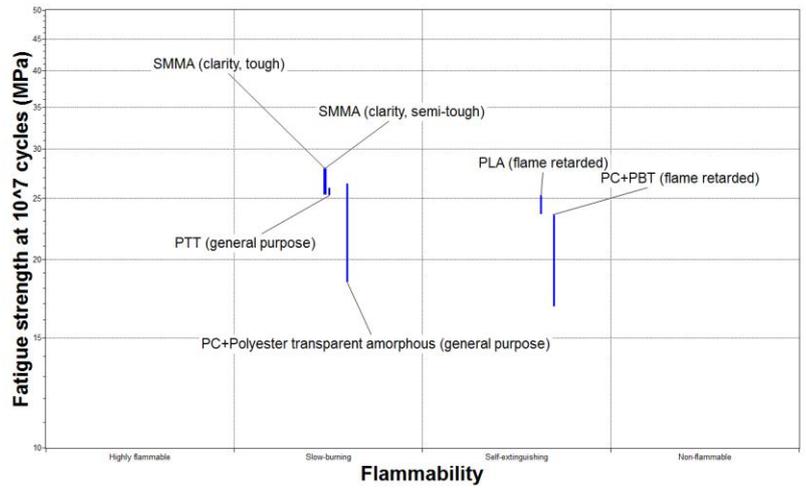
5. Bibliografía

- Ashby, M. F. (2004). *Materials Selection in Mechanical Design* (3rd ed., pp. 358-363). N.p.: Elsevier.
- Como se fabrican las placas de yeso (Durlock) (n.d.). Retrieved April 28, 2018, from <<https://www.youtube.com/watch?v=oViDWUfW1po> >
- ¿Cuál es el proceso de fabricación del cemento?. (n.d.). Retrieved April 28, 2018, from <<http://www.asocem.org.pe/productos-a/cual-es-el-proceso-de-fabricacion-del-cemento> >
- Drywall. (n.d.). In How products are made. Retrieved April 28, 2018, from <<http://www.madehow.com/Volume-2/Drywall.html>>
- Los peligros del proceso de obtención de yeso y su uso. (n.d.). In Cuida tu dinero. Retrieved April 28, 2018, from <<https://www.cuidatudinero.com/13148563/los-peligros-del-proceso-de-obtencion-de-yeso-y-su-uso>>
- Polvo de cemento: problema sanitario. (n.d.). In El observador. Retrieved April 28, 2018, from <<https://www.elobservador.com.uy/polvo-cemento-problema-sanitario-n271867>>

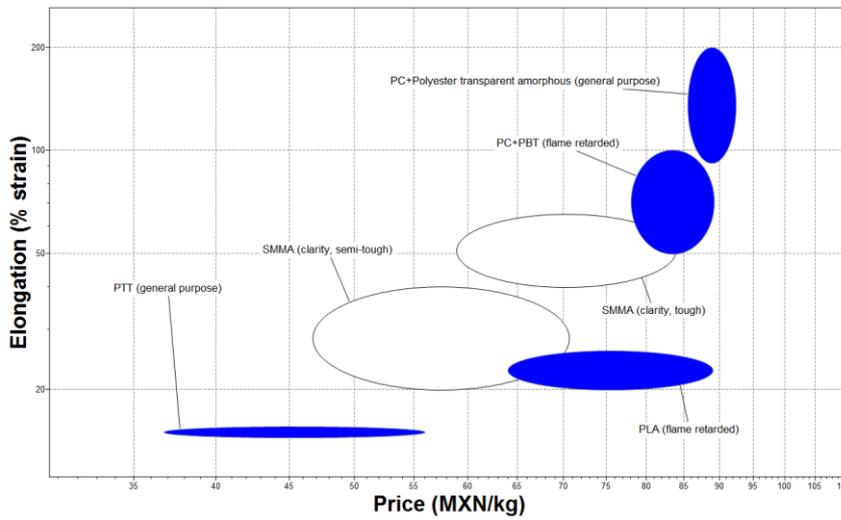
6. Anexos



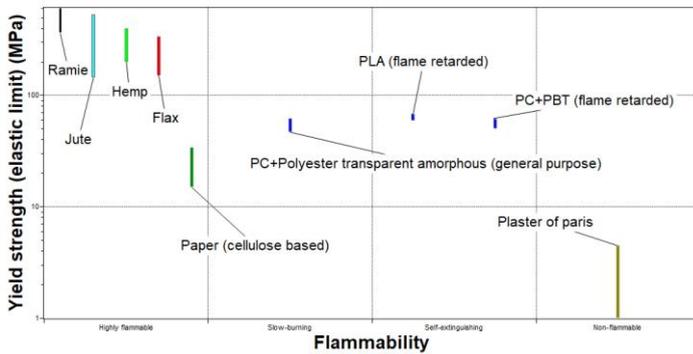
Anexo.1- Estructura del sándwich



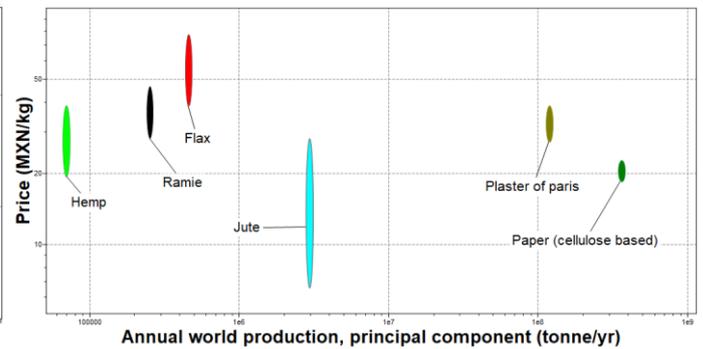
Anexo.2- Gráfica de Fatiga vs Flamabilidad



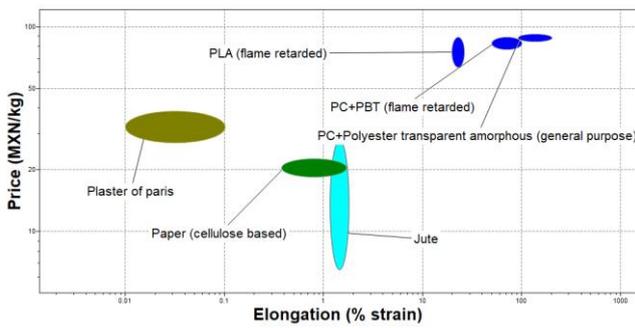
Anexo.3- Gráfica de Elongación vs Precio



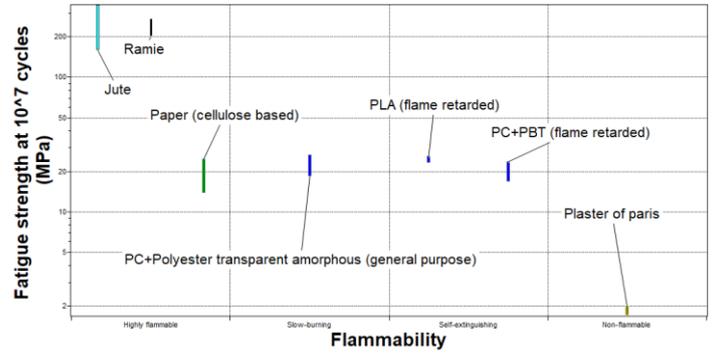
Anexo.4- Gráfica Límite Elástico vs flamabilidad



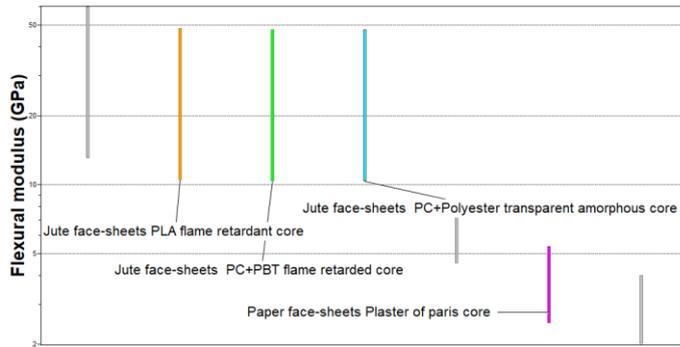
Anexo.5- Gráfica de Precio vs Producción Anual



Anexo.6.- Gráfica de Precio vs Elongación fatiga vs Flamabilidad



Anexo.7.- Gráfica de Resistencia a la



Anexo.8- Gráfica del módulo de flexión de los materiales

The screenshot shows the 'Selection Project' window in a software application. It includes sections for '1. Selection Data' (Database: Level 3 Eco Design, Select from: MaterialUniverse: Polymers - All), '2. Selection Stages' (Stage 1: Price, Young's modulus, Elongation, Fatigue strength at 10⁷ cycles, Water absorption), and '3. Results: 5 of 901 pass'. A list of materials is shown at the bottom, including PA transparent (part-cycloaliphatic, ...), PA transparent (semi-aromatic type ...), PC+PBT (flame retarded), and PLA (flame retarded).

Anexo 9.- Primera selección de materiales para sustituir el yeso

Rescate del adobe como material de construcción reforzado con bambú

ITESM Campus Puebla

Tutor:

Víctor Hugo Pérez Muñoz

Alumno/s:

Marco Hernández Mastretta
Pedro Antonio Juárez Camilo
José Ricardo Miranda Candia

Resumen

En el presente documento se presenta la idea de creación de viviendas más verdes a base de elementos naturales como lo son el adobe (mezcla de arcilla, paja y arena) y el bambú para incrementar el uso de productos amigables al ambiente en la construcción.



Contenido

1. Objetivos	114
2. Planteamiento del Problema	114
3. Solución Propuesta	115
4. Resultados y Conclusiones	116
5. Bibliografía	116
6. Anexos.....	118

1. Objetivos

A lo largo de la historia de México, el adobe ha sido uno de los principales materiales para la construcción debido a su facilidad de obtención y las propiedades del mismo, además de que es un material que no requiere procesamiento por lo que es amigable con el medio ambiente. Basándonos en estas características y apoyándonos con refuerzos de bambú, se propone rescatar la utilización de este material en construcciones modernas, logrando ventajas tanto económicas, que siempre han jugado y seguirá jugando el papel más importante en la industria, como ambientales, la mega tendencia actual a cuidar nuestro planeta para reparar el daño que le estamos causando.

2. Planteamiento del problema

Hoy en día, nos enfrentamos al problema de que los recursos de nuestro planeta se están terminando y se le está causando un gran daño al mismo al sobreexplotarlo de la manera en que se hace actualmente, por ello, es necesario cambiar la forma en la que realizamos muchas tareas, enfocándonos, para este proyecto, en la forma en que se construye, proponiendo materiales naturales que sean amigables con el ambiente.

Un cambio en nuestra forma de vida hoy es de suma importancia para ayudar a nuestro planeta, pues sus recursos son limitados y lo estamos contaminando con el uso desmedido de éstos, de energía, agentes tóxicos y contaminación, tanto del suelo como de la atmósfera.

3. Solución propuesta

Para ayudar a resolver este problema, se plantea la reutilización del adobe como material de construcción, pues éste es un material con muchas características que lo hacen excelente para el papel, como su dureza, resistencia, capacidad de aislamiento tanto térmico como acústico, además de que es un material sumamente sencillo de producir gracias a que no es necesario someterlo a un cambio de temperatura.

En adición a esto, se propone utilizar bambúes rellenos de cemento como parte del muro para darle más resistencia, logrando un tiempo de vida de aproximadamente 200 años. El muro se conforma de una cerca, por así decirlo, de estos bambúes con cemento que posteriormente serán cubiertos con adobe para mantener los bambúes secos. También es importante crear una base de adobe sobre la cual descansará la cerca de bambúes, que es el núcleo de nuestro muro para que la humedad del suelo no llegue hasta los mismos.

Para simular este muro utilizando el software de CES EduPack, fue necesario la creación del material adobe, y para encontrar sus propiedades se sometieron tabiques de adobe a diferentes pruebas y se obtuvieron datos por medio de la búsqueda de información en la web y entrevistando con diferentes productores del material. Los resultados se muestran en la Figura 1. Posteriormente se sintetizaron los bambúes reforzados con cemento. Debido a que la herramienta que nos proporciona el software, no cuenta con un proceso de sintetización parecido a tubos rellenos de material, lo que se propuso fue utilizar la herramienta de paneles de sándwich y un factor numérico que nos proporcione la diferencia de resistencia que yace en la forma del material sintetizado. En la figura 2 se presentan los resultados obtenidos de dicha sintetización.

Una vez obtenido este material, se sintetizó de nuevo un panel tipo sándwich que sería el muro terminado, cuyas características se encuentran en la figura 3, el cual consta de un núcleo de bambúes rellenos de cemento recubiertos por una capa de adobe.

Después de obtener estos resultados, se realizó la comparación (Eco-auditoría) con el muro de ladrillo y cemento, para el cual se realizó un material de múltiples capas, siendo estas cemento y ladrillo, que posteriormente se sintetizó en un sándwich recubierto de cemento, dándonos como resultado las características de un muro como lo son los fabricados hoy en día.

Para lograr la obtención de resultados se asumió que los muros de ladrillo y cemento no utilizan varillas como soporte, lo cual hubiera requerido más energía de fabricación y más peso de transporte y también se idealizó, que la comparación se hizo con muros no empotrados en el suelo, debido a que el muro propuesto debe estar sobre una cimentación de adobe para prevenir que se humedezca el bambú.

Todo esto con el fin de corroborar si en efecto, nuestro material presentaba ventajas ecológicas sobre los materiales con los que se construye hoy en día.

4. Resultados y Conclusiones

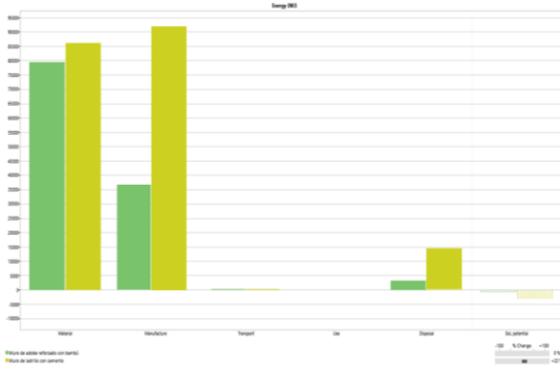
En las gráficas 1 y 2 obtenidas como resultado de la comparación de eco-auditoría entre el muro propuesto en el proyecto, verde fuerte, y el muro como es fabricado hoy en día, es decir fabricado con ladrillo y cemento, representado en color verde claro. En ellas podemos observar que, como se trata de elementos de construcción, éstos no requieren energía extra a la de manufactura y transporte, por lo que las columnas de uso no existen y ambos se encuentran en cifras negativas en la columna de EoL potencial debido a que cuentan con una vida útil muy larga. También se puede observar en la gráfica 1 como la cantidad de energía requerida para transportar ambos tipos de muros es la misma y es extremadamente pequeña a comparación con las temperaturas requeridas para manufactura y el material, sin embargo, esta depende en gran parte de la distancia que se requiera transportar el material para llegar a la zona de construcción y el tamaño de la misma, pues la cantidad de materia prima varía también con estas dimensiones y por consiguiente, el peso a ser transportado también, por ello se propuso una distancia de transporte de 6 km y la construcción de una habitación o vivienda de 224 m^3 (8m x 8m x 3.5m).

De igual manera, se puede apreciar como el muro de adobe con refuerzos de bambú y cemento es superior en los aspectos restantes, pues éste no requiere de un proceso de cocido, el cual aumenta la energía requerida para la creación de ladrillos y cemento, aumentando así también la producción de carbono y aumentando la huella de carbono que se libera al crear los muros de ladrillo y cemento. Es sencillo concluir que los muros que se proponen en este proyecto son más verdes y amigables al medio ambiente que los muros que se utilizan hoy en día, y siendo este problema, uno de los más importantes, sino es que el más importante, se cumple con el objetivo planteado de reducir la contaminación y crear muros para hogares que dañen lo menos posible a nuestra planta, sin embargo, éste no es el único aspecto en el que se debe evaluar si el proyecto es exitoso o no, otra forma en la que los materiales de construcción dañan al medio ambiente es a la hora de su creación, al momento de extraer la materia prima para transformarla en lo que posteriormente será una casa. Los muros de hoy, se componen principalmente de ladrillo y cemento o concreto, los cuales no contienen elementos tóxicos o dañinos al ambiente, sino que en realidad contienen materiales naturales que son fáciles de obtener como la arcilla, al igual que los componentes del muro propuesto en este documento, pues como lo plantea el proyecto, esto es una de las razones por la cual se propone el mismo, utilizando barro (lodo), paja y arena, mientas que el bambú es una clase de árbol que crece con gran rapidez y permite que sea cosechado varias veces al año. La gran diferencia radica en la manufacturación, donde los ladrillos deben ser cocinados, utilizando energía para ello y liberando gases que aumentan su huella de carbono, proceso que no es necesario para el adobe.

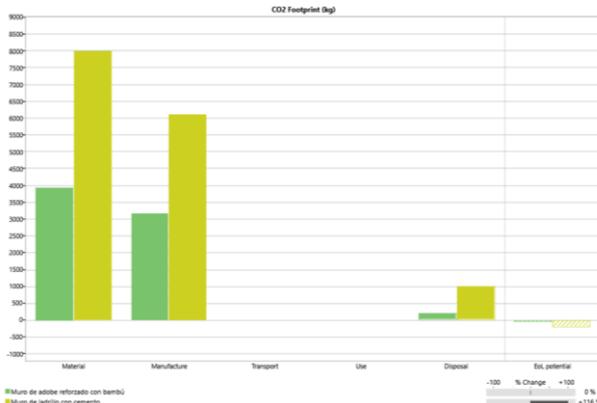
5. Referencias

1. CES EduPack 2017. (2005). Cambridge: Granta Design.
2. Barbeta, G. (s.f.). PROPIEDADES CONSTRUIR CON TIERRA. Recuperado de <http://www.ecoarquitectura.eu/blog/index.php?id=k4dv0ke1>
3. Hernández, J. (2014, febrero 10). Recuperado de www.ecosur.org/index2.php?option=com_content&do_pdf13/suf
4. Hernandez, R., W., & J. (s.f.). Profile. Recuperado de <http://www.construaprende.com/docs/tablas/pesos-materiales>
5. Domoterra. (2014, agosto 1). Domoterra. Recuperado de <http://www.domoterra.es/blog/2014/08/01/una-casa-de-superadobe-cuanto-puede-durar/>
6. 5 Usos del Bambú en la Construcción. (2015, diciembre 29). Recuperado de <https://enlacearquitectura.com/5-usos-del-bambu-en-la-construccion/>
7. La construcción con tierra cruda: El adobe y la tapia. (2015, febrero 20). Recuperado de <http://www.sitiosolar.com/la-construccion-con-tierra-cruda-el-adobe-y-la-tapia/>
8. REVESTIMIENTO EN ADOBE. (s.f.). Recuperado de <https://es.scribd.com/doc/52902488/REVESTIMIENTO-EN-ADOBE>
9. Bamboo Costa Rica, Construction, bamboo poles and furniture. (2017, octubre 17). Recuperado de <http://www.bamboocostarica.com/>
10. INSTRUCCIONES PARA ELABORAR ADOBES Y REPELLOS. (2012, junio 14). Recuperado de <https://habitatydesarrollo.wordpress.com/2012/02/23/instrucciones-para-elaborar-adobes-y-repellos/>
11. Proceso de fabricación del cemento. (2018, febrero 05). Recuperado de <https://www.holcim.com.co/productos-y-servicios/cemento/proceso-de-fabricacion-del-cemento>
12. Proceso de Fabricación del ladrillo. (2015, abril 27). Recuperado de <http://bloquescando.com/proceso-de-fabricacion-del-ladrillo/>
13. Álvarez, C., & EDICIONES EL PAIS. (s.f.). Lo que contamina un ladrillo. Recuperado de <http://blogs.elpais.com/eco-lab/2010/07/lo-que-contamina-un-ladrillo.html>
14. Hernandez, R., W., & J. (s.f.). Pefil. Recuperado de <http://www.construaprende.com/docs/tablas/pesos-materiales>

6. Anexos



Gráfica 1 Comparación entre los muros de adobe reforzados con bambú y los muros de ladrillo con cemento en cuanto a la energía que éstos requieren. Realizado utilizando el software CES EduPack.



Gráfica 2 Comparación entre los muros de adobe reforzados con bambú y los muros de ladrillo con cemento en cuanto a la huella de carbono que éstos producen. Realizado utilizando el software CES EduPack.

Adobe			
Datasheet view: All attributes			
My records >			
Composition overview			
Form	<input type="radio"/>	Other	
Material family	<input type="radio"/>	Natural	
Base material	<input type="radio"/>	Other	
Renewable content	<input type="radio"/>	100	%
Composition detail (metals, ceramics and glasses)			
Al2O3 (alumina)	<input type="radio"/>	63	%
Fe2O3 (ferric oxide)	<input type="radio"/>	0.27	%
K2O (potassium oxide)	<input type="radio"/>	0.027	%
MgO (magnesia)	<input type="radio"/>	0.016	%
SiO2 (silica)	<input type="radio"/>	36.7	%
Composition detail (polymers and natural materials)			
Natural material	<input type="radio"/>	100	%
Price			
Price per unit volume	<input type="radio"/>	1.2e3	- 1.5e3 MXN/m ³
Physical properties			
Density	<input type="radio"/>	1.76e3	- 2.79e3 kg/m ³

Mechanical properties		
Young's modulus	<input type="radio"/>	0.98 - 6.80 GPa
Yield strength (elastic limit)	<input type="radio"/>	15 - 19 MPa
Tensile strength	<input type="radio"/>	15 - 19 MPa
Elongation	<input type="radio"/>	0.2 - 0.5 % strain
Compressive strength	<input type="radio"/>	25 - 30 MPa
Flexural modulus	<input type="radio"/>	5 - 9 GPa
Shear modulus	<input type="radio"/>	1 - 4 GPa
Bulk modulus	<input type="radio"/>	3 - 6 GPa
Poisson's ratio	<input type="radio"/>	0.2 - 0.3
Shape factor	<input type="radio"/>	13
Mechanical loss coefficient (tan delta)	<input type="radio"/>	0.003 - 0.008
Impact & fracture properties		
Fracture toughness	<input type="radio"/>	1 - 1.3 MPa.m ^{0.5}
Thermal properties		
Maximum service temperature	<input type="radio"/>	60 - 70 °C
Thermal conductivity	<input type="radio"/>	0.5 - 1.5 W/m.°C
Specific heat capacity	<input type="radio"/>	750 - 815 J/kg.°C
Thermal expansion coefficient	<input type="radio"/>	5 - 10 µstrain/°C
Magnetic properties		
Magnetic type	<input type="radio"/>	Non-magnetic
Optical properties		
Transparency	<input type="radio"/>	Opaque
Critical materials risk		
Contains >5% critical elements?	<input type="radio"/>	No
Durability		
Water (fresh)	<input type="radio"/>	Acceptable
Water (salt)	<input type="radio"/>	Excellent
Weak acids	<input type="radio"/>	Excellent
Strong acids	<input type="radio"/>	Excellent
Weak alkalis	<input type="radio"/>	Acceptable
Strong alkalis	<input type="radio"/>	Unacceptable
Organic solvents	<input type="radio"/>	Excellent
UV radiation (sunlight)	<input type="radio"/>	Excellent
Galling resistance (adhesive wear)	<input type="radio"/>	Excellent
Flammability	<input type="radio"/>	Non-flammable
Primary production energy, CO2 and water		
Embodied energy, primary production	<input type="radio"/>	0 MJ/kg
CO2 footprint, primary production	<input type="radio"/>	0 kg/kg
Water usage	<input type="radio"/>	4 - 5 l/kg
Recycling and end of life		
Recycle	<input type="radio"/>	✗
Recycle fraction in current supply	<input type="radio"/>	1 %
Downcycle	<input type="radio"/>	✓
Compost for energy recovery	<input type="radio"/>	✗
Landfill	<input type="radio"/>	✓
Biodegrade	<input type="radio"/>	✓

Fig. 1 Propiedades y características del material creado “Adobe” en el CES EduPack.

10mm Bambú face-sheets / 56.2mm Cemento core (Built-in ends)		
Datasheet view: All attributes		
My records > Synthesized > Sandwich panel > Balanced > Built-in ends, Central load > 10m span > Bambú face-sheet > Cemento core > 56.2mm core >		
Price		
Price	<input type="radio"/>	4.35 - 6.37 MXN/kg
Physical properties		
Density	<input type="radio"/>	1.51e3 - 1.81e3 kg/m ³
Mechanical properties		
Young's modulus	<input type="radio"/>	33.9 - 35.6 GPa
Yield strength (elastic limit)	<input type="radio"/>	1.6 - 1.8 MPa
Thermal properties		
Thermal conductivity	<input type="radio"/>	0.377 - 0.454 W/m.°C
Specific heat capacity	<input type="radio"/>	799 - 1.09e3 J/kg.°C
Thermal expansion coefficient	<input type="radio"/>	11.9 - 17.1 µstrain/°C
Electrical properties		
Electrical resistivity	<input type="radio"/>	1.66e13 - 5.33e13 ohm.cm
Dielectric constant (relative permittivity)	<input type="radio"/>	8.5 - 11.5
Dissipation factor (dielectric loss tangent)	<input type="radio"/>	0.0503 - 0.0628
Primary production energy, CO2 and water		
Embodied energy, primary production	<input type="radio"/>	2.15 - 2.87 MJ/kg
CO2 footprint, primary production	<input type="radio"/>	0.336 - 0.449 kg/kg
Notes		
Source records Face-sheet = Bamboo (longitudinal) Core = Cement (ordinary Portland)		
Parameters Span = 10 m Support and load conditions = Built-in ends Central load		
Additional attributes Face-sheet thickness = 10 mm Core thickness = 56.2 mm Material thickness = 76.2 mm In-plane thermal conductivity = 0.632 - 0.711 W/m.°C In-plane thermal expansion coefficient = 13.43 - 19.59 µstrain/°C In-plane electrical resistivity = 2.103e11 - 3.670e12 ohm.cm Through thickness yield strength = 1.9 - 2.1 MPa Through thickness modulus = 20.49 - 35.44 GPa		
Model: Sandwich Panels, Balanced Date of analysis: jueves, 20 de abril de 2018		

Fig. 2 Propiedades y características del material sintetizado “Bambú/Cemento” en el CES EduPack.

40.2mm Adobe face-sheets / 78mm Bambú/Cemento core (Simply supported)	
Datasheet view: All attributes	
Physical properties	
Density	1.71e3 - 2.25e3 kg/m ³
Mechanical properties	
Young's modulus	17.7 - 20.8 GPa
Yield strength (elastic limit)	0.848 - 1.04 MPa
Notes Expected failure mode = core failure	
Flexural strength (modulus of rupture)	15.8 - 19 MPa
Notes Expected failure mode = face-sheet yield	
Thermal properties	
Thermal conductivity	0.285 - 1.08 W/m °C
Notes Through thickness property	
Specific heat capacity	642 - 1.1e3 J/kg °C
Thermal expansion coefficient	9.25 - 12.9 µstrain/°C
Notes Through thickness property	
Primary production energy, CO2 and water	
Embodied energy, primary production	0.843 - 1.31 MJ/kg
CO2 footprint, primary production	0.132 - 0.205 kg/kg
Notes	
Source records Face-sheet = Adobe Core = 9.26mm Bambú face-sheets / 56.2mm Cemento core (Built-in ends Central load, 10m span)	
Parameters Span = 10 m Support and load conditions = Simply supported - Uniformly distributed load	
Additional attributes Face-sheet thickness = 40.2 mm Core thickness = 78 mm Material thickness = 158.4 mm In-plane thermal conductivity = 0.4447 - 0.9916 W/m °C In-plane thermal expansion coefficient = 11.37 - 16.79 µstrain/°C Through thickness yield strength = 1.616 - 1.816 MPa Through thickness modulus = 1.741 - 12.27 GPa	
Model: Sandwich Panels, Balanced Date of analysis: lunes, 30 de abril de 2018	

Fig. 3 Propiedades y características del material sintetizado "Muro de Adobe reforzado con bambú y cemento" en el CES EduPack.

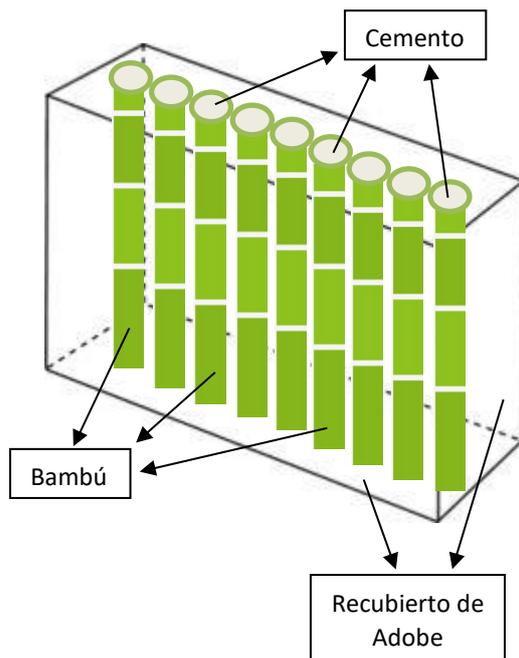


Fig. 4 Representación del muro de adobe reforzado con bambú y cemento.

Handwritten calculations for material weight:

Adobe
 $1m^3 \rightarrow 1451.5kg$
 $112m^3 \rightarrow 1625.62kg$
 4 muros $\rightarrow 6502.72kg$ de Adobe

Bambú / Cemento
 $1m^3 \rightarrow 230.8kg$
 $1.667 \rightarrow 4385.45kg$
 4 muros $\rightarrow 17541.8kg$ de bambú/cemento

$\frac{\pi}{0.0762} = 109.988 \approx 105$ bambúes en muro de $2m \times 3.5m$

$60 \times m^2$
 $1 \rightarrow 60$ ladrillos
 $28 \rightarrow 1680$ ladrillos
 6720 ladrillos para 4 muros $\rightarrow 2350kg$ de ladrillo

$2400kg/m^3$
 $2.24m^3$
 $\} 5376kg$ de cemento

Fig. 5 Cálculos de peso por componente para Eco-auditoría en el software.

Selección de material para el diseño de un trípode fotográfico de viaje

Escuela de Ingeniería de Bilbao,
Bilbao, España

Tutor:

Jone Muñoz Ugartemendia

Alumno/s:

Unai Ibarretxe Lopez

Eduarne Marin Ameztoy

Resumen

En los últimos años, el uso de las cámaras digitales Réflex ha aumentado considerablemente. Los trípodes son el segundo complemento más importante de un equipo fotográfico, después de la propia cámara y lentes. Los trípodes fotográficos pueden ser de varios estilos, de estudio (robustos y estables) o de viaje (ligeros y compactos). En este proyecto nos centraremos en estos últimos.

El objetivo de este trabajo es buscar un material o varios materiales que reduzcan el peso del trípode de viaje sin perder la estabilidad, y requisitos mecánicos necesarios para que el fotógrafo pueda tomar planos nítidos y enfocados durante tomas de larga exposición.



Contenido

1. Objetivos	121
2. Planteamiento del Problema	121
3. Solución Propuesta	122
4. Resultados y Conclusiones	123
5. Bibliografía	123
6. Anexos.....	124

1. Objetivos

Este proyecto se centra en seleccionar los materiales idóneos que cumplan los requisitos necesarios (estabilidad, propiedades mecánicas, resistencia a inclemencias meteorológicas y entorno natural) para diseñar un trípode fotográfico de viaje con el objetivo principal de reducir el peso al menor coste posible. De esta manera el peso total que transportan los fotógrafos, en general paisajistas, se reduciría considerablemente.

Para llevar a cabo la selección se utilizará el software CES Edupack, en el que se introducirán los requisitos y las restricciones necesarias. La decisión final se tomará estudiando las virtudes y defectos de los materiales seleccionados por CES Edupack en base a las funciones y objetivos que debe cumplir el trípode de viaje y comparándolos con los existentes del mercado.

2. Planteamiento del problema

El trípode es un aparato de tres patas y parte superior circular o triangular, que permite estabilizar un objeto y evitar el movimiento propio de este. La palabra se deriva de *tripous*, palabra griega que significa 'tres pies'. Éste ofrece firmeza para que la cámara no se mueva y permite fijar la cámara en altura e inclinación y evita su movimiento en el momento del disparo. Los trípodes fotográficos pueden ser de varios estilos, entre ellos se encuentra el trípode de viaje que debe ser ligero y compacto. Los trípodes de viaje son uno de los complementos más importantes de los fotógrafos paisajistas profesionales (que suelen poseer varios) y aficionados. De hecho, es una de las primeras adquisiciones dentro del equipo fotográfico, por lo que se suelen vender mucho.

Para un fotógrafo paisajista el trípode es un elemento de gran importancia. Gracias a ellos pueden conseguir fotografías más nítidas a cualquier velocidad de obturación, encuadres y composiciones más meditadas o fotos secuenciales de largos lapsos de tiempo en cualquier lugar. Sin embargo, para que la calidad de las fotos sea alta el trípode de viaje debe presentar una buena estabilidad, compactibilidad, propiedades mecánicas adecuadas, resistencia frente a inclemencias meteorológicas y entorno natural (agua salada, frío, calor, lluvia etc.) y por supuesto, ligereza para poder transportarlo sin ningún esfuerzo.

En el mercado actual ya existen trípodes que cumplan dichas características, sin embargo, se sigue buscando reducir el peso de este elemento al menor coste posible para satisfacer a todos los usuarios, profesionales y aficionados.

3. Solución propuesta

En primer lugar se deben establecer las restricciones de diseño para el trípode de viaje. Para ello, se utilizará el nivel 2 de CES Edupack.

PASO 1- DESCARTAR FAMILIA DE MATERIALES: Debido a los requerimientos mecánicos de los trípodes no todos las familias de materiales son aptos para esta labor. Los polímeros en términos generales no son lo suficiente rígidos ni presentan una mínima resistencia al impacto, y las cerámicas no se pueden emplear debido a su fragilidad. Por lo tanto, se limitará la búsqueda a las aleaciones metálicas (férreas y no-férreas), y a los materiales compuestos. Esto se realizará mediante la etapa "Tree".

PASO 2- ESTABLECER RESTRICCIONES EN ORDEN DE IMPORTANCIA: Utilizando la etapa "Límite" se establecerán las siguientes restricciones: (1) Estabilidad: Viene definida por la rigidez que hace que el viento, la fuerza del agua, el roce con las manos y que el propio peso de la cámara no generen trepidaciones en la imagen final, alta densidad y la absorción de vibraciones. Estas dos últimas tienen fácil solución colocando contrapesos para mayor densidad, y colocando juntas y zapatas elastómeras para la absorción de vibraciones; **$E > 20 \text{ GPa}$** (2) Densidad: Se tomará una densidad máxima comparable a la del titanio; **$\rho < 4000 \text{ Kg/m}^3$** (3) Tenacidad a la fractura: El trípode va a estar expuesto a superficies arenosas, acuosas, rocosas y caídas y golpes por culpa del viento y su mal uso, de modo que debe de resistir impactos. Accediendo a la gráfica de valores de tenacidad se ha seleccionado un valor medio alto; **$K_{Ic} > 10 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{0.5}$** (4) Resistencia a las inclemencias meteorológicas y entorno: El material debe presentar resistencia a la corrosión **aceptable o excelente** tanto en agua dulce (rio, lluvia) y **uso limitado, aceptable o excelente** en agua salada (mar) y también resistencia a altas y bajas temperaturas y a cambios climáticos repentinos; **$T_{\text{Máx servicio}} > 50 \text{ }^\circ\text{C}$** y **$T_{\text{Min servicio}} < - 40 \text{ }^\circ\text{C}$** (5) Resistencia a la compresión o pandeo: Las patas no se pueden deformar o pandear ya que pueden desestabilizar la foto. Accediendo a la gráfica de valores de las resistencias a compresión se ha seleccionado un valor de resistencia medio alto; **$\sigma_{\text{comp.}} > 80 \text{ MPa}$** .

PASO 3- COMPARAR PRECIOS y RESISTENCIA AL IMPACTO- (1) **Precio**: Para ello se han comparado los precios de los materiales frente a la resistencia en agua salada para poder estudiar ambos efectos (2) **Tenacidad a la fractura**: se analiza el valor de la K_{Ic} para cada material. Es recomendable ver entre todos los materiales cual presenta mayor o menor valor de tenacidad para poder descartar algún material en la posterior discusión.

PASO 4- MAXIMIZAR OBJETIVOS- (1) **Relación volumen-masa** para que ocupe poco y sea fácil de transportar y de manipular. Atendiendo a las restricciones de diseño se debe maximizar el índice $M1 (E^{1/2}/\rho)$ [ver ANEXO] en la gráfica de burbujas E vs ρ . (2) **Relación $E^{1/2}/\rho$ vs. K_{Ic}/precio** . Se representan las características más importantes en un único gráfico. Ambas relaciones se deben maximizar, por lo que se utiliza la superficie de soluciones de compromiso (curva en la zona superior derecha). Los materiales más cercanos a esta curva serán los más apropiados, y por tanto, los que mejor balance global presentan.

PASO 5- MINIMIZAR EL CONTENIDO EN ENERGIA, PRODUCCION PRIMARIA (ECOPROPIEDAD)

Combinando todos los resultados se procede al análisis y discusión.

4. Resultados y Conclusiones

Como se muestra en la Figura 1, una vez aplicadas las restricciones la cantidad de materiales se reduce de 100 a 9. Entre los materiales compuestos se encuentran los compuestos de matriz epóxica reforzada con fibra de vidrio, compuestos de carburo de silicio y aluminio y compuestos de matriz epóxica reforzada con fibra de carbono y el roble (compuesto natural). Entre los materiales metálicos destacan las aleaciones de magnesio y aluminio.

En la figura 2 y figura 3 se muestran los valores de los precios y tenacidad a fractura de cada material. En cuanto al precio se refiere los materiales **más baratos son la madera y las aleaciones metálicas** frente a los compuestos sintéticos. Comparando las aleaciones metálicas se observa que las **aleaciones de magnesio presentan menor durabilidad en agua salada** a mayor coste. Por lo que este podría ser un criterio a tomar en cuenta para descartar dichas aleaciones. Aun siendo el más barato, el **roble** presenta la **menor tenacidad a la fractura**, por lo tanto también se pueden descartar como materiales candidatos.

Para **minimizar la masa** es necesario maximizar el índice de material $M1$ ($E^{1/2}/\rho$) descrito en los anexos y que se representa en la Figura 4. Los tres materiales con mayor índice son por lo tanto, **los compuestos de fibra de carbono, la madera dura de roble y las aleaciones de magnesio** para forja. Cabe destacar que las aleaciones de aluminio también presentan características parecidas a las aleaciones de magnesio. La madera ya se descartó anteriormente debido a su menor tenacidad a la fractura. Sin embargo, al representar las características más importantes en un único gráfico ($E^{1/2}/\rho$ vs. K_{IC}/precio) [ver figura 5] y maximizar ambas relaciones se observa que los **materiales compuestos de fibra de carbono y las aleaciones de aluminio** son las mejores opciones.

Por último, con el fin de reducir el impacto ambiental, se ha analizado el coste energético en su producción. Como se puede observar en la imagen 6, el material **compuesto de fibra de vidrio**, junto con las **aleaciones de aluminio** son las más indicadas, seguidas se las aleaciones de magnesio y el compuesto de fibra de carbono. Por lo tanto, tomando este criterio en cuenta, los compuestos de fibra de carbono quedan excluidos, si bien se podrían utilizar atendiendo a otros criterios.

En conclusión, teniendo en cuenta todos los resultados y los objetivos planteados, las **aleaciones de aluminio** podrían ser buenos candidatos para diseñar los trípodes de viaje, ya que de acuerdo con las restricciones impuestas, aportan ligereza, presentan menor coste que otras alternativas con una adecuada tenacidad a la fractura, resistencia a la corrosión y necesitan menor energía de producción primaria. Los compuestos de fibra de carbono también podrían ser otra buena opción ya que aportan mayor ligereza que las aleaciones de aluminio y buena resistencia a la corrosión. Sin embargo son más caros. Por lo que, la elección a la hora de escoger una combinación u otra de los materiales dependerá en gran medida del presupuesto del usuario.

Por último, se han analizado los trípodes de viaje existentes del mercado y se ha corroborado que se pueden encontrar tanto de aleaciones de aluminio como de compuestos de fibra de carbono. Ambos difieren bastante en precio, pudiendo encontrar trípodes de aleación de aluminio desde 30 hasta 400 € y trípodes compuestos de fibra de carbono desde 300 hasta 1200 €.

De modo que se puede concluir que el estudio realizado mediante CES EduPack no se aleja tanto de la situación actual, y que el uso de dichos materiales queda totalmente justificado.

6. Anexos

(1). Suponemos una pata con una densidad ρ , módulo E y con una longitud l a la que le aplicamos una carga P . La pata es de sección circular con un radio r (variable libre). Se quiere minimizar la masa m de la pata; (2) Admite la carga P sin pandeo, siendo la carga elástica crítica P_{crit} de una columna de longitud l y de radio r , donde $I = \pi r^4/4$ es la inercia del área de la sección de la pata. P no debe sobrepasar la P_{crit} , por lo que sustituyendo la inercia en la ecuación (2), despejando la variable libre r y sustituyéndola en la ecuación de la masa nos queda (3). La primera parte de dicha ecuación es parte del diseño. De modo que para minimizar la masa se debe maximizar el siguiente índice $M1$ (4).

Tabla 1: Índice de material $M1$

(1)	(2)	(3)	(4)
$m = \pi r^2 l \rho$	$P_{crit} = \frac{\pi^2 E I}{l^2}$	$m \geq \left(\frac{4 P}{\pi}\right)^{1/2} (l)^2 \left(\frac{\rho}{E^{1/2}}\right)$	$M_1 = \frac{E^{1/2}}{\rho}$

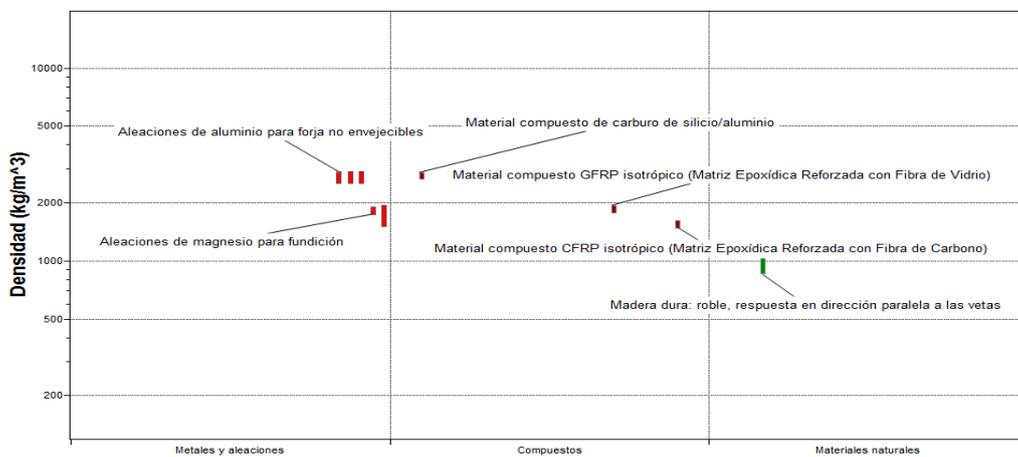


Figura 1: Materiales candidatos después de aplicar la etapa TREE y LÍMITE frente a la densidad.

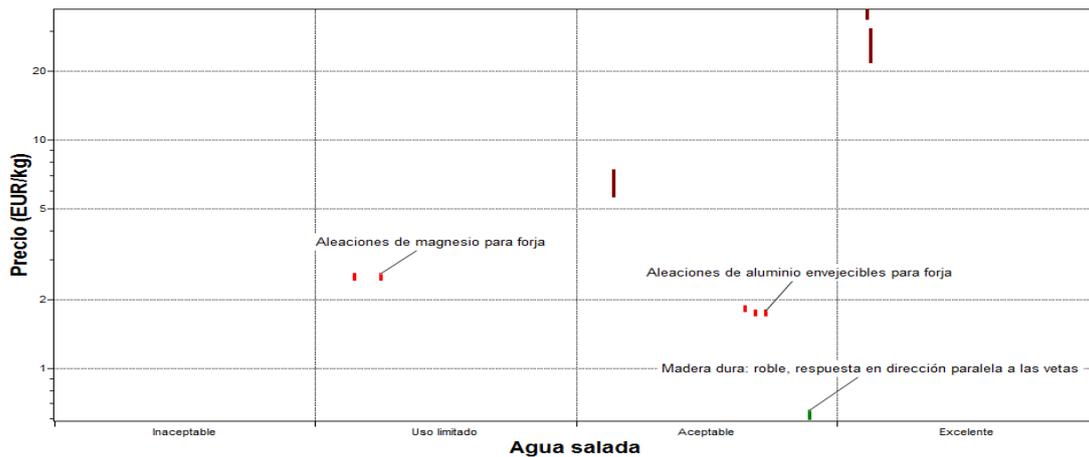


Figura 2: Precio de los materiales candidatos frente a condiciones de agua salada

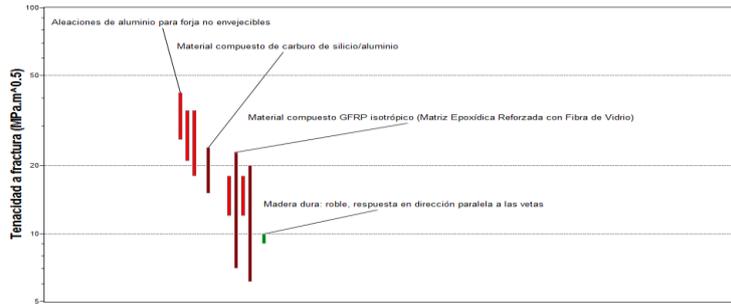


Figura 3: Valores de la tenacidad a la fractura de los materiales candidatos

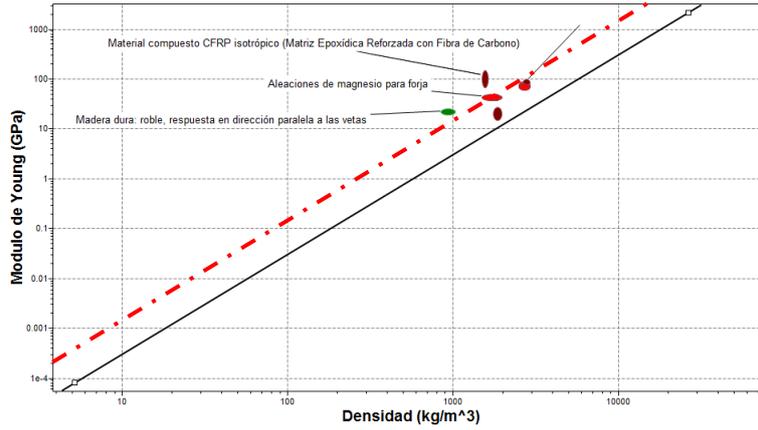


Figura 4: Maximizando el índice de material M1

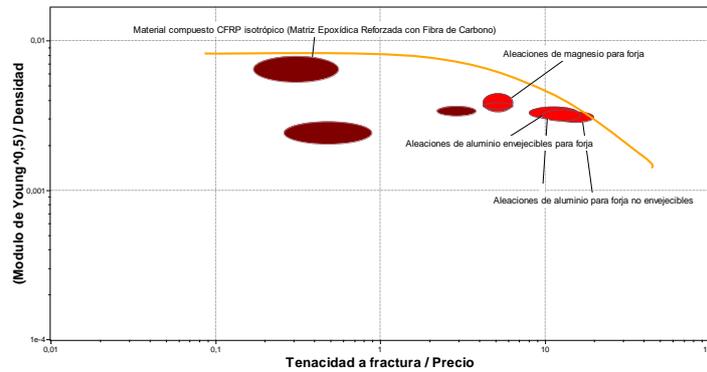


Imagen 5: Compromiso entre las características más importantes ($E^{1/2}/\rho$ vs. K_{IC}/precio)

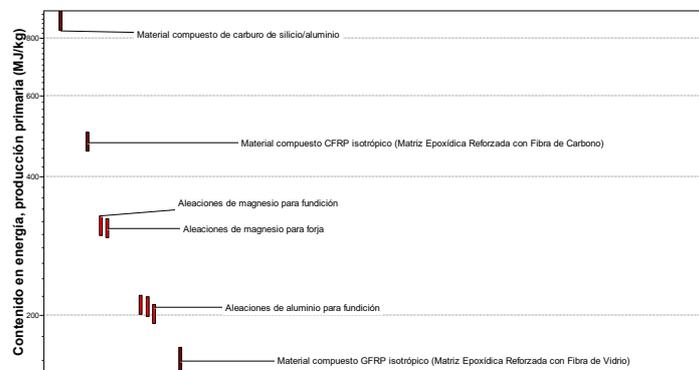


Imagen 6: Contenido en energía de producción primaria

Baterías ligeras de gran capacidad para drones

Universidad Politécnica de Valencia,
Valencia, España

Tutor:

Fidel Salas Vicente

Alumno/s:

Andrés Arnás Querol

Cristian Flores Rodríguez

Diego Jordá Espí

Resumen

El objetivo principal de este proyecto es estudiar si es posible un nuevo tipo de baterías (desde el punto de vista de los materiales). Sabemos que las posibilidades de los drones son enormes, pero algunas de ellas están limitadas por el tiempo de vuelo. De hecho, pensamos que los drones tendrían más utilidad si se utilizaran baterías que ofrecen más tiempo de vuelo.



Contenido

1. Objetivos	127
2. Planteamiento del Problema	127
3. Solución Propuesta	128
4. Resultados y Conclusiones	129
5. Bibliografía	129
6. Anexos.....	130

1. Objetivos

El objetivo principal de este proyecto es estudiar si es posible un nuevo tipo de baterías. Sabemos que las posibilidades de los drones son enormes, pero algunas de ellas están limitadas por el tiempo de vuelo. Creemos que los drones tendrían más utilidad si se utilizaran baterías que ofrecen más tiempo de vuelo. Los materiales para producir las baterías para estos han cambiado en la historia:

- Baterías de Ni-Cd (níquel-cadmio): la tecnología más antigua, ahora en desuso. Los principales problemas de este tipo de batería son el efecto de memoria y la contaminación debida al cadmio.
- Baterías de Ni-MH (hidruro de níquel-metal): se usaron desde los años noventa. Ofrecen una mayor capacidad, la reducción del efecto de memoria y la posibilidad de cargarlos más rápido. Sin embargo, tienen una vida corta.
- Baterías de iones de litio: ofrecen una mayor capacidad y una reducción de peso, mientras que el efecto de memoria desaparece. Los principales inconvenientes son que necesitan muchos dispositivos electrónicos para controlarlos y que pueden explotar.
- Baterías Li-Po (polímero de litio): las que se usan hoy en día. Son más ligeros y se pueden ensamblar en diferentes formas, reduciendo el espacio. Ofrecen los mismos inconvenientes que el ion de litio.

2. Planteamiento del problema

Tal y como hemos podido observar después de analizar el mercado de drones, el tipo de dron más usado (principalmente para grabación de video) consume alrededor de unos 7 Wh (aunque realmente existe gran diferencia entre los diferentes tipos de drones), por lo que incluso con una batería de 3000 mAh la **duración** media de un vuelo sin cambiar la batería está en torno a los 30 minutos.

Además, tenemos que tener en cuenta también la **densidad** del material que queremos utilizar, ya que si esta fuera muy elevada, el peso de todo el conjunto aumentaría, haciendo que el dron necesitara de mayor potencia para su elevado con el consiguiente **consumo** extra de energía.

3. Solución propuesta

Para el estudio de batería tenemos que tener en cuenta que están compuestas por dos materiales por lo que no podemos analizarlos de la misma manera que si fuera un solo material con el software CES EduPack. Hemos utilizado la base de datos relacionada con la sostenibilidad utilizando como parámetro la capacidad de almacenamiento de energía. Esta base de datos considera diferentes sistemas de almacenamiento de energía.

La solución que proponemos para el problema es usar el almacenamiento de hidrógeno en un sistema a bordo. Esto proporciona una potencia específica entre 50 y 200 W / Kg. Esto implica que en el mejor de los casos podríamos obtener una autonomía (considerando el consumo de 7Wh) de alrededor de siete horas de autonomía con solo 250 g de Hidrógeno. Eso sería un gran aumento con respecto a las baterías reales de Li-Po.

Este sistema de almacenamiento usa la energía química del hidrógeno para electrolizar agua en hidrógeno y oxígeno, esto podría eliminarse del dron para obtener el "combustible" necesario. Una vez que se aísla el hidrógeno, puede almacenarse en el dron y producir la reacción inversa. Para producir energía eléctrica, el hidrógeno se mezcla con el oxígeno del aire, dando lugar a energía gracias a la creación de enlaces químicos. Luego, el dron arroja el agua producida en forma de vapor de agua. La batería deja de suministrar energía cuando el hidrogeno de acaba.

Algunos aspectos técnicos que podrían ser importantes para el desarrollo de drones con este sistema de almacenamiento son la densidad energética (entre 200 y 3000 MJ por m³), la eficiencia del ciclo (más del 27-35%) o los ciclos que ofrece (entre 5000 y 10000) ciclos de carga y descarga).

El último punto por considerar es el coste que está entre 0,04 y 0,367 céntimos por ciclo. Esto también es una reducción si lo comparamos con el coste de cargar una batería convencional. Por lo tanto, encontramos que este sistema es mucho más barato de cargar, pero ofrece bastante más capacidad, por lo que el tiempo de vuelo incrementa considerablemente. Estudiando el peso, encontramos que las baterías reales para los drones que estamos estudiando son de aproximadamente 450 g. No sabemos qué pesarían las baterías de hidrógeno en total, pero sabemos que los "combustibles" son solo 250 g, por lo que tenemos un rango superior a 200 g para los sistemas de seguridad donde reduciríamos el peso en comparación con los reales. Además, los 250 g de hidrógeno serían solo al principio, ya que el hidrógeno utilizado se lanza a la atmósfera.

4. Resultados y Conclusiones

En primer lugar, hacemos un gráfico de la densidad de energía contra la densidad específica. La densidad de energía es la energía que el sistema puede almacenar por unidad de volumen y la energía específica es la energía que el sistema puede almacenar por unidad de masa. Entonces, haciendo este gráfico, obtendremos el sistema de almacenamiento de energía más eficiente. Sumado a esto, ponemos un límite basado en que debe ser adaptable para sistemas móviles.

Dicho esto, obtenemos el gráfico y vemos que los sistemas de almacenamiento de energía más eficientes son las baterías de iones de litio y el almacenamiento de hidrógeno. Cada uno de ellos es mejor que el otro dependiendo de los diferentes aspectos estudiados. Estudiaremos cada situación con cuidado.

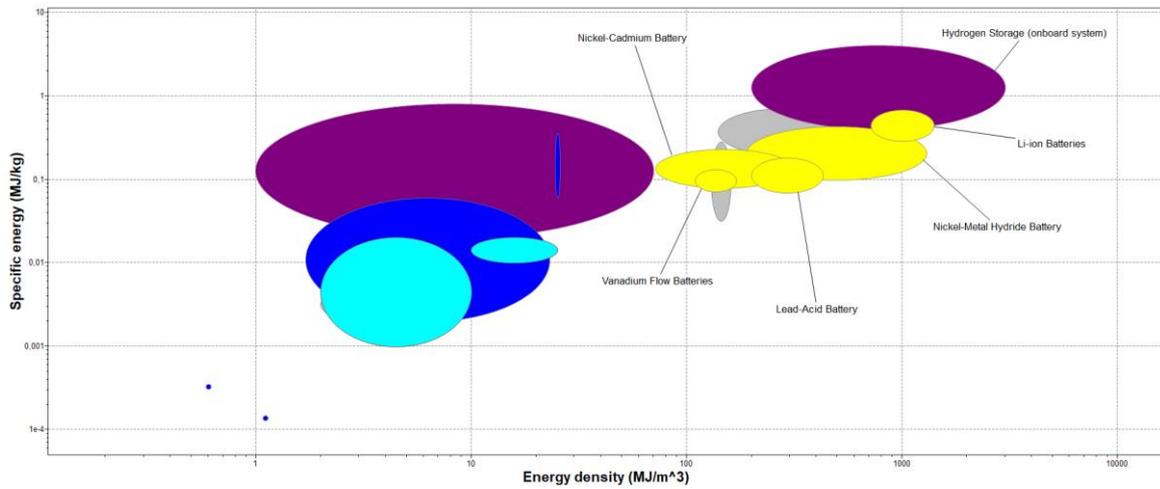
Ahora, tenemos que comparar la producción de energía entre estos dos sistemas. Para hacer eso, hacemos otro gráfico que compara la potencia específica y la energía específica. Obtenemos que las baterías Li-ion tienen una mejor tasa de energía de entrada / salida, pero el almacenamiento de Hidrógeno tiene una energía específica mucho más alta. Esta es la razón por la que finalmente seleccionamos el almacenamiento de Hidrógeno como el mejor sistema de almacenamiento de energía para drones.

Una desventaja de este sistema es la pérdida de peso cuando el dron está operando debido a la pérdida de hidrógeno. Sin embargo, este problema se puede resolver haciendo que los drones sean más estables. Sumado a esto, este problema no es muy importante porque el hidrógeno es uno de los materiales más livianos que existen. Otro problema de estos sistemas que deberían cubrirse antes de vender drones con estas baterías es la naturaleza peligrosa del hidrógeno. Cualquier fuga en el tanque produciría una gran explosión (ya que toda la energía que almacena la batería se produciría en un instante), por lo que se requieren muchos sistemas de control de seguridad.

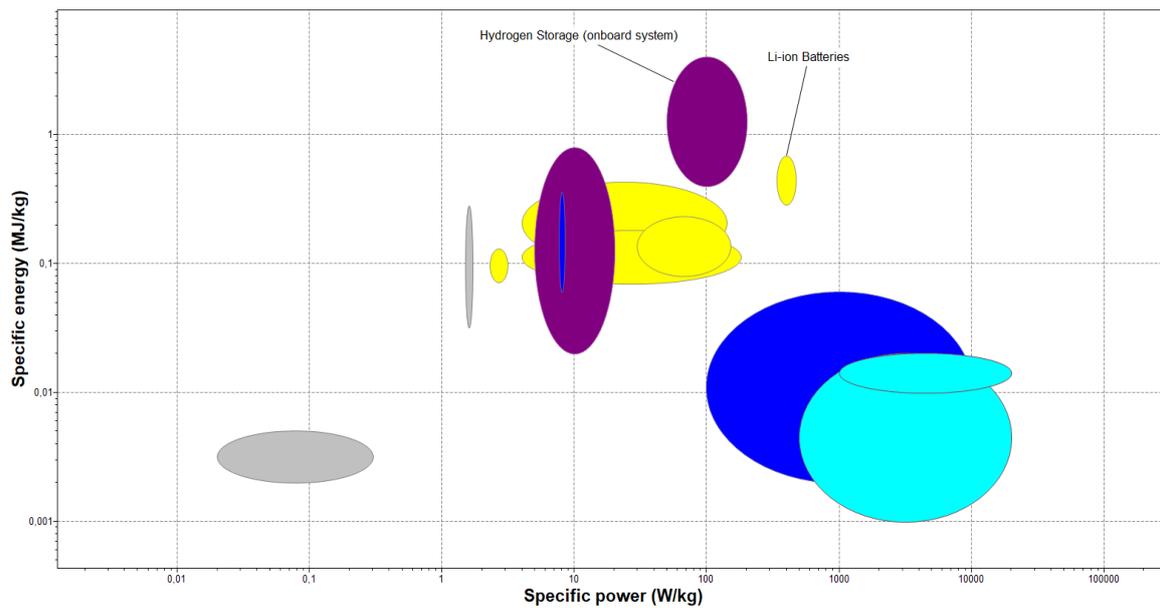
Además, el coste de operación del almacenamiento de Hidrógeno es mucho más barato que el coste de las baterías de Li-ion, lo que hace que el sistema de hidrógeno sea más atractivo. Además, sabemos que es un sistema de energía ecológica ya que no expulsa gases contaminantes al aire (solo agua de vapor, pero eso no es un problema para el medioambiente).

6. Anexos

Gráfica que compara energía específica con densidad energética:



Gráfica que compara potencia específica con energía específica:



Hemos basado todos nuestros razonamientos acorde a la base de datos proporcionada por CES EduPack2017.

Rediseño multicapa y selección de materiales para prótesis de atletas

Universidad de Barcelona
Barcelona, España

Tutor:

Mercè Segarra Rubi

Alumno/s:

Miguel Palos Pou

Eduard Cosialls Borràs

Raúl Gil Sáenz

Resumen

Este proyecto nace de la curiosidad de determinar, no solo si las prótesis utilizadas por los atletas son mejorables en cuanto a selección de materiales, sino también la posibilidad de rediseñarlas para reducir su coste y ampliar su mercado. Se ha diseñado un modelo mediante Solidworks para la simulación de fuerzas tanto en el apoyo inicial como en la salida. Para la selección multi-objetivo de los materiales se ha utilizado CES EduPack y la



Contenido

1. Objetivos	132
2. Planteamiento del Problema	132
3. Solución Propuesta	133
4. Resultados y Conclusiones	134
5. Bibliografía	134
6. Anexos.....	135

1. Objetivos

El objetivo de este proyecto es encontrar materiales que potencialmente puedan substituir a la fibra de carbono en la fabricación de prótesis de pierna para atletas, con un precio más reducido y que cumplan las restricciones mecánicas teniendo en cuenta el factor de forma. Por tanto, para la selección no sólo se deben tener en cuenta las consideraciones mecánicas sino también su viabilidad para adquirir la forma final en el proceso de manufactura. El estudio se centrará en los materiales compuestos que más se asemejen en su comportamiento a la fibra de carbono así como la posibilidad de elaborar un diseño multicapa con uso, si es posible, de materiales naturales que permitan tanto reducir el coste como aumentar la sostenibilidad del producto. La simulación nos ofrece la posibilidad de predecir el comportamiento del material en servicio para determinar posibles variaciones en el diseño que permitan optimizar la pieza final.

2. Planteamiento del problema

Tras consultar bibliografía acerca de las prótesis para atletas observamos como el CFRP es el *composite* más utilizado para su fabricación. El precio habitual de estas prótesis oscila entre 8000€ y 12000€ lo cual supone una barrera inalcanzable para la mayoría de atletas con amputaciones de uno o ambos miembros inferiores, tanto los que quieren iniciarse en competiciones de atletismo, como para deportistas aficionados. Parámetros como la resiliencia, almacenamiento de energía, módulo y límite elástico son vitales para la selección ya que son los principales requerimientos para que estas prótesis puedan realizar su función correctamente.

Se estudiarán por separado las tensiones derivadas, tanto en el momento de apoyo como en el impulso de salida, teniendo en cuenta el factor de carga dinámica que multiplica la fuerza ejercida sobre el material durante la carrera.

3. Solución propuesta

La solución se ha dividido en 3 apartados principales: diseño, selección y simulación.

1. Diseño de la prótesis en SolidWorks:

Ante la dificultad para encontrar un modelo 3D representativo en las diferentes bibliotecas online, se han obtenido las cotas de una prótesis actual y se ha llevado a cabo la modelización 3D mediante el software SolidWorks teniendo en cuenta las variaciones de ángulo y espesor a lo largo de la pieza.

2. Selección de materiales:

Se han estudiado las condiciones de contorno a la que están sometidas estas prótesis con el objetivo de encontrar las principales restricciones mecánicas y hallar los índices correspondientes. En el momento de apoyo, se producen fuerzas de compresión que derivan en flexión en el centro de la pieza (figuras 5 y 7), equivalentes a un pandeo. Por otra parte, en la salida, el comportamiento de la pieza es el de un panel a flexión.

Se ha realizado una selección multi-objetivo representando los índices de material combinados para buscar minimizar coste y maximizar el almacenamiento de energía en el apoyo. En la salida, es necesario que la energía de retorno sea lo más parecida posible a la almacenada para evitar un exceso o defecto de impulso en el atleta, por tanto, se busca el mínimo coste pero cumpliendo con las restricciones de rigidez y resistencia del panel a flexión.

3. Simulación de fuerzas:

Se ha simulado la pieza diseñada en base a los diferentes materiales seleccionados en CES EduPack para evaluar la distribución de las tensiones derivadas de su puesta en servicio y comprobar que están por debajo de los valores límite. Para la fuerza aplicada se deberá considerar el factor de carga de dinámica (F_{CD}) que multiplica la tensión aplicada sobre la prótesis derivada del movimiento del atleta.

Se han propuesto 2 alternativas. En primer lugar, considerando una solución similar a la actual para substituir la fibra de carbono por un material en el refuerzo del *composite* que disminuya el precio y que tenga un comportamiento mecánico muy similar. En segundo lugar, hemos buscado un material natural que nos permita realizar un compuesto multicapa con el que conseguimos, no solo disminuir el precio, sino también mejorar la sostenibilidad y los costes asociados a la fabricación de los materiales seleccionados.

4. Resultados y Conclusiones

Una vez aplicadas las condiciones de contorno para la representación gráfica, se han seleccionado las dos propuestas. La primera, buscando una solución similar a las actuales, es el uso de poliéster reforzado con fibra de vidrio con la ventaja de disminución en el precio del material y un comportamiento mecánico muy similar. La segunda propuesta, creando un compuesto multicapa mediante la herramienta *synthesizer* con un material natural y fibra de vidrio. El material natural que mejor se ajusta a los índices obtenidos es la madera Hemlock, *tsuga heterophylla*, reforzada en ambas caras con el grosor de fibra de vidrio mínimo que nos garantiza cumplir con las restricciones mecánicas planteadas (7:8:7) [mm].

Respecto al factor de carga dinámica, la bibliografía consultada sugiere un factor de 3 por lo que la fuerza total ejercida sobre la pieza sería:

$$F = m \cdot g \cdot F_{CD} = 100 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 3 = 2943 \text{ N (hemos considerado un peso máximo de 100kg)}.$$

En la simulación de ambas selecciones obtenemos resultados positivos, la máxima tensión se genera en el centro de la prótesis donde se produce la flexión inducida por la compresión en el eje vertical. El valor máximo de tensión obtenido queda por debajo del límite elástico en ambas propuestas.

Como conclusiones a este trabajo, consideramos que existe una puerta a reducir el precio de las prótesis para aficionados o atletas de iniciación con el uso de materiales de menor coste de producción y utilizando métodos multicapa que permiten incorporar otros materiales más sostenibles. Finalmente, este proyecto podría ser complementado con un estudio sobre la adherencia entre los diferentes materiales para poder elaborar futuros prototipos.

5. Bibliografía

Ingeniería, Facultad DE, Leopoldo German Ramos Leguel, and Jesús Manuel Dorador González. "UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO DISEÑO CONCEPTUAL DE UNA PROTESIS DEPORTIVA DE MIEMBRO INFERIOR."

Yamanaka, Shunji, Yuki Tsuji, Mariko Higaki, and Hideka Suzuki. 2011. "Designing the Sports Prosthetic Leg." *Proceedings of the 2Nd Augmented Human International Conference*: 15:1--15:4.

Ashby, Michael F. 2005. "Materials Selection in Mechanical Design."

Beck, Owen N., Paolo Taboga, and Alena M. Grabowski. 2017. "How Do Prosthetic Stiffness, Height and Running Speed Affect the Biomechanics of Athletes with Bilateral Transtibial Amputations?" *Journal of The Royal Society Interface* 14(131): 20170230.

6. Anexos

6.1. Diseño de la prótesis

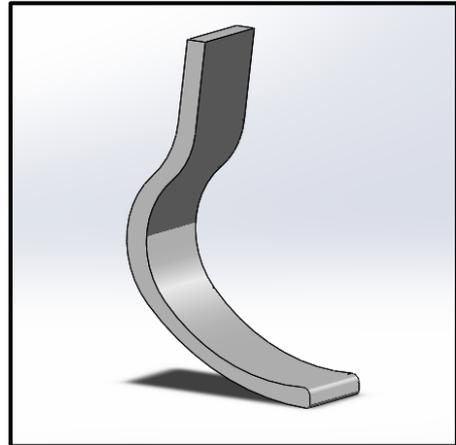
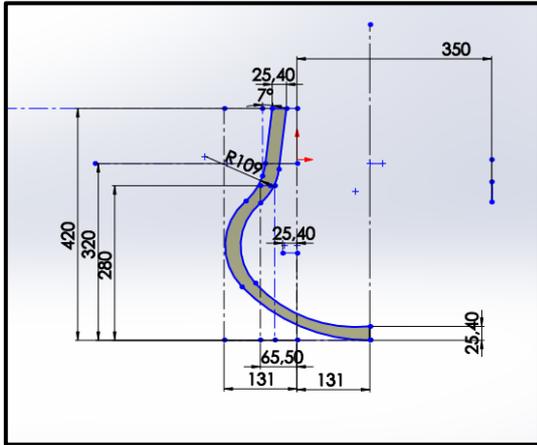


Figura 1. Plano

Figura 2. Modelización 3D

6.2. Condiciones de contorno

	Objetivo	Restricción	Índice de material (máximo)
Apoyo	Masa mínima $m = \rho \cdot A \cdot L$	$F < F_{crit} = n^2 \cdot \pi^2 \cdot E \cdot I / L^2$	$M_p = E^{1/2} / \rho$
	Máxima energía por unidad de coste U_{max} / C_m	$\sigma < \sigma_{LE}$	$M_p = \sigma_{LE}^2 / E \rho C_m$
Salida	Coste mínimo $m = \rho \cdot A \cdot L$	Resistencia: $\sigma < \sigma_{LE}$	$M_p = \sigma_{LE}^{2/3} / \rho C_m$
	Masa mínima $m = \rho \cdot A \cdot L$	Rigidez: $S = F / \delta$	$M_p = E^{1/2} / \rho$

6.3. Selección CES EduPack

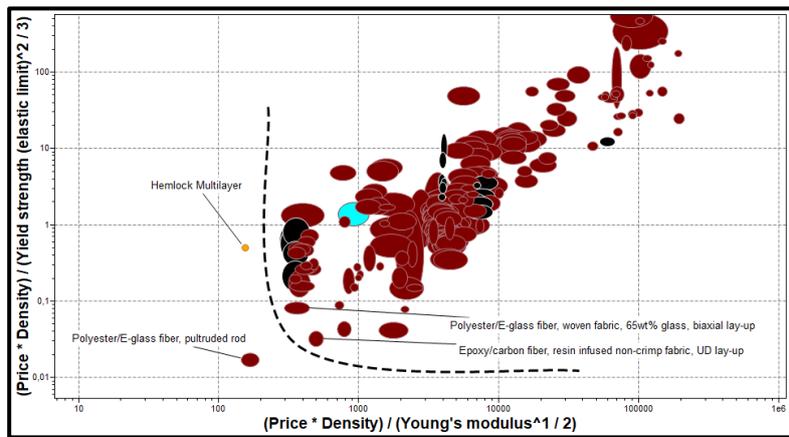
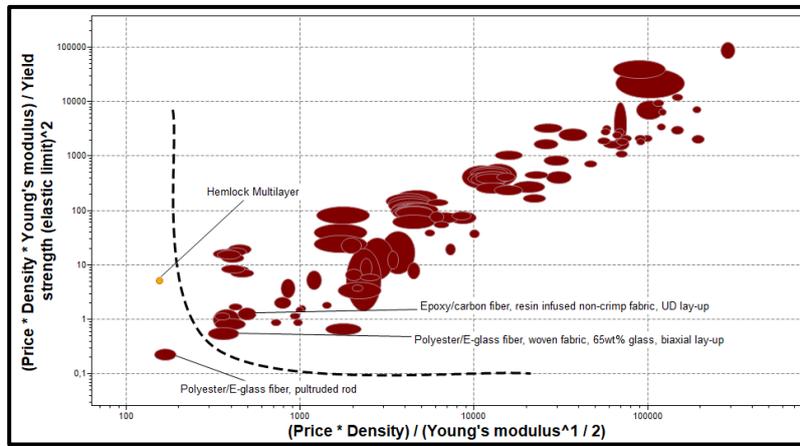


Figura 4. Selección de materiales (salida)

6.4. Simulación de propuestas

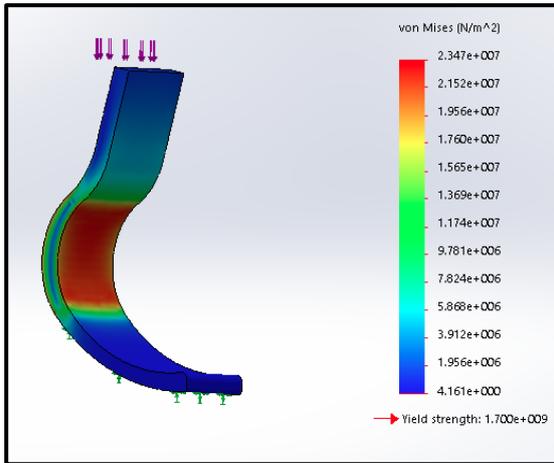


Figura 5. Poliester + fibra de vidrio (apoyo)

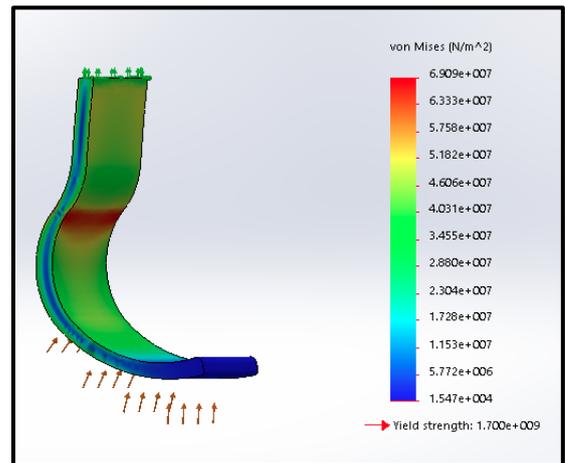


Figura 6. Poliester + fibra de vidrio (salida)

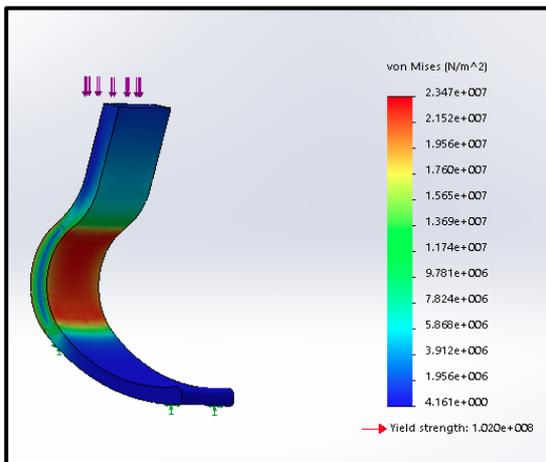


Figura 7. Multicapa Hemlock + fibra de vidrio (apoyo)

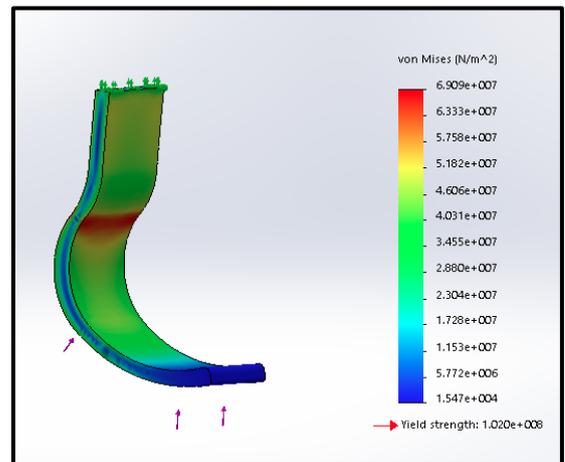


Figura 8. Multicapa Hemlock + fibra de vidrio (salida)

Railes de ferrocarril de alta velocidad

Universidad Politécnica de Madrid,
Madrid, España

Tutor:

Antonia Martín Sanz

Alumno/s:

César Fernández Jiménez
Carlos Hernández González
Rafael Ruiz Iglesias

Resumen

Nuestro trabajo consiste en seleccionar un material que mejore las propiedades que tienen que soportar los raíles de ferrocarril con el fin de superar los rendimientos en su campo de aplicación actual, recomendando un material cuya fabricación y/o reciclado sea ecológicamente sostenible y se pueda introducir en el mercado compitiendo con el resto de opciones ya existentes.



Contenido

1. Objetivos	139
2. Planteamiento del Problema	139
3. Solución Propuesta	140
4. Resultados y Conclusiones	141
5. Bibliografía	141
6. Anexos.....	143

1. Objetivos

Para conseguir unas condiciones óptimas en la conducción de los ferrocarriles de alta velocidad se desea la seguridad y el confort de los pasajeros durante la travesía. Además, es preferible que nuestros rieles tengan una mayor duración que los actuales, se puedan alcanzar mayores velocidades y que sea reciclable.

Para ello nos vamos a basar en materiales de mayores prestaciones que los actuales sin que lleguen a alcanzar unos costes excesivamente altos en el mercado.

El CES EduPack nivel 3 nos permitirá encontrar los materiales adecuados a nuestras solicitudes tanto mecánicas como físicas y químicas, sin dejar de lado lo expuesto anteriormente, y contrastar los materiales que encontremos con los utilizados en la actualidad y corroborar cual es el adecuado para esta aplicación.

2. Planteamiento del problema

Para poder mejorar la seguridad, confort y velocidad nos basaremos en una serie de variables como la dureza (HV) relativa entre el material de las ruedas según la norma UNE-EN 13262:2005+A2, (acero al carbono) y el material propuesto por nosotros. Para mejorar la vida en servicio nos centraremos en la tenacidad a fractura (K_{Ic}) y la resistencia a fatiga para 10^7 ciclos. En función de la localización de los raíles tenemos que tener en cuenta el coeficiente de dilatación térmica (α) y la temperatura en servicio debido a los cambios bruscos que puedan tener lugar en Europa, véase Finlandia (-30°C mínima).

Por ultimo no debe ser aislante y debe ser ecológicamente sostenible, (huella de CO₂ en la producción primaria y si el producto es reciclable o no).

3. Solución propuesta

Para encontrar aquellos límites que nuestro material debe soportar en este campo de aplicación nos hemos basado en la información encontrada en las normas UNE-EN tanto de los rieles como de las ruedas ambas mencionadas en la bibliografía:

Propiedades Mecánicas	R400HT - 1.254
Resistencia a tracción (MPa)	1280
Dureza HV	471
Tenacidad a fractura (Mpa m ^(1/2))	29
Tº Servicio (ºC)	-30 ºC - 40
Coeficiente de dilatación térmica (µstrain/ºC)	Reducido

Para tomar la decisión correcta primero hemos restringido la gran lista de materiales que CES EduPack Nivel 3 ofrece teniendo en cuenta las variables principales que las normas exigían y una vez establecidos esos límites hemos procedido a buscar la sostenibilidad tanto en la producción, procesado y reciclado del material. Reduciendo así el rango de materiales hemos procedido a realizar otra serie de gráficos con propiedades no mencionadas en las normas pero que son de gran interés para optimizar el uso de los rieles en los trenes de alta velocidad como por ejemplo la resistencia a fatiga para 10⁷ ciclos, para aumentar la vida útil de las piezas. Finalmente hemos comparado el precio para analizar la viabilidad de introducirlo en el mercado actual.

Según el programa CES EduPack la mejor opción que se ha encontrado teniendo en cuenta los factores mecánicos mencionados anteriormente es el **Acero baja aleación M300 Templado y revenido**. Pero también hemos seleccionado otro **acero 22MnB5 austenizado a 925ºC y revenido en agua** de gran interés ya que cumple con los requisitos exigidos aun siendo inferiores al M300 pero cuya huella de carbono resulta ser considerablemente menor.

Las características fundamentales comparadas con las de los aceros hoy en día empleados:

Propiedades Mecánicas	R400HT - 1.254	M300	22MnB5 austenizado
Resistencia a tracción (MPa)	1280	1520-2060	990-1210
Dureza HV	471	551-609	450-520
Tenacidad a fractura (Mpa m ^(1/2))	29	49.4-57.1	122-176
Tº Servicio (ºC)	-30 a 40	-73 a 246	-63 a 502
Coeficiente de dilatación térmica (µstrain/ºC)	10-10.7	12.4-13,1	11 - 13

Tenemos que tener cuidado en donde se pongan estos tipo de acero debido a la posible corrosión y por tanto menos durabilidad y posibilidad de fallo en servicio del material en ambientes marinos.

4. Resultados y Conclusiones

Propiedades	AISI W1 - Water hardening	Acero baja aleación M300 Templado y revenido	22Mn5B austenizado
Resistencia a tracción (MPa)	1440-1510	1520-2060	990-1210
Dureza HV	520-850	551-609	450-520
Tenacidad a fractura (MPa m ^{1/2})	32.4-33.5	49.4-57.1	122-176
Resistencia a fatiga para 10 ⁷ ciclos (MPa)	301-317	800-883	427-494
T ^o Servicio (°C)	-73 a 215	-73 a 246	-63 a 502
Coefficiente de dilatación térmica (µstrain/°C)	10.2-10.7	12.4-13,1	11-13
Huella de carbono en la producción (kg/kg)	2.31 - 2.55	2.26-2.49	2.18-2.4
Huella de carbono en el procesado (kg/kg)	0.971- 1.07	1.59- 1.76	0.989- 1.19
Huella de carbono en el reciclado (kg/kg)	0.557 - 0.615	0.636-0.703	0.525-0.581
Precio (€/kg)	2.03-2.19	0.815-0.949	0.528-0.698

Durability

Water (fresh)	ⓘ	Acceptable
Water (salt)	ⓘ	Limited use
Weak acids	ⓘ	Limited use
Strong acids	ⓘ	Unacceptable
Weak alkalis	ⓘ	Acceptable
Strong alkalis	ⓘ	Limited use
Organic solvents	ⓘ	Excellent
Oxidation at 500C	ⓘ	Acceptable
UV radiation (sunlight)	ⓘ	Excellent
Galling resistance (adhesive wear)	ⓘ	Acceptable
Flammability	ⓘ	Non-flammable

Corrosion resistance of metals

Stress corrosion cracking	ⓘ	Susceptible
Note	Rated in chloride; May be susceptible in halide, ammonia, nitrogen, acidic, caustic, carbonate environments	

Ilustración 1 300M

Durability

Water (fresh)	ⓘ	Acceptable
Water (salt)	ⓘ	Limited use
Weak acids	ⓘ	Limited use
Strong acids	ⓘ	Unacceptable
Weak alkalis	ⓘ	Acceptable
Strong alkalis	ⓘ	Limited use
Organic solvents	ⓘ	Excellent
Oxidation at 500C	ⓘ	Acceptable
UV radiation (sunlight)	ⓘ	Excellent
Galling resistance (adhesive wear)	ⓘ	Limited use
Flammability	ⓘ	Non-flammable

Corrosion resistance of metals

Stress corrosion cracking	ⓘ	Not susceptible
Note	Rated in chloride; May be susceptible in halide, ammonia, nitrogen, acidic, caustic, carbonate environments	

22Mn5B

Durability

Water (fresh)	ⓘ	Acceptable
Water (salt)	ⓘ	Limited use
Weak acids	ⓘ	Limited use
Strong acids	ⓘ	Unacceptable
Weak alkalis	ⓘ	Acceptable
Strong alkalis	ⓘ	Limited use
Organic solvents	ⓘ	Excellent
Oxidation at 500C	ⓘ	Acceptable
UV radiation (sunlight)	ⓘ	Excellent
Galling resistance (adhesive wear)	ⓘ	Excellent
Note	Tool steels are designed for applications which require galling resistance.	
Flammability	ⓘ	Non-flammable

Corrosion resistance of metals

Stress corrosion cracking	ⓘ	Slightly susceptible
Note	Rated in chloride; May be susceptible in halide, ammonia, nitrogen, acidic, caustic, carbonate environments	

Ilustración 2 AISI W1

Como hemos tenido en cuenta el factor de durabilidad y la resistencia a la corrosión de los materiales, el material con mejores propiedades mecánicas nos produciría una menor huella de carbono a largo plazo debido a que durara mas tiempo, por lo tanto los recambios se realizaran menos veces. Además nos aporta mejores propiedades mecánicas y no tienen ningún problema en el procesado industrial, por lo que podrían utilizarse (el único inconveniente es que no se incluye en el precio el coste de maquinabilidad en forma de perfil de estos aceros)

Conjunto de normas vistas:

- Norma UNE-EN 10027-1
- Norma UNE-EN 10027-2
- Norma UNE-EN 13232-1
- Norma UNE-EN 13232-3:2006+A1
- Norma UNE-EN 13260:2010+A1
- Norma UNE-EN 13262:2005+A2
- Norma UNE-EN 13674-1
- Norma UNE-EN 13674-2:2007+A1
- Norma UNE-EN 13674-4:2007+A1
- Norma UNE CEN/TS 13979-2 EX
- Norma UNE-EN 13979-1:2006+A2
- Norma UNE-EN 14811:2007+A1

6. Anexos

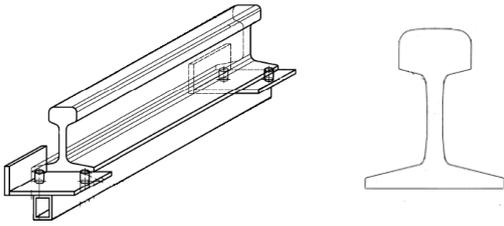
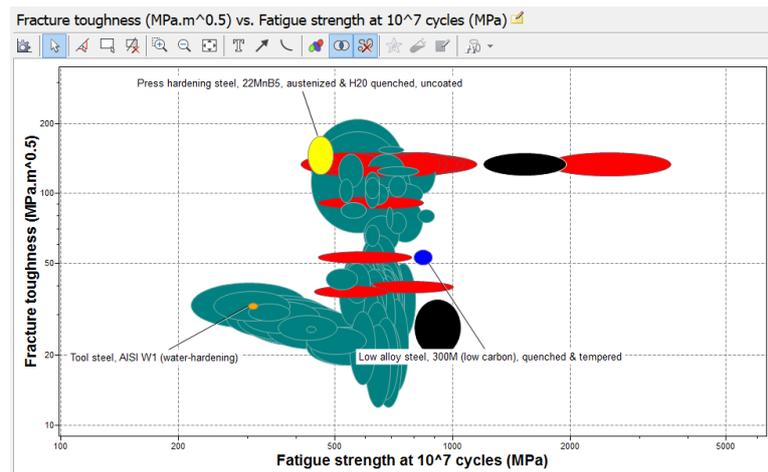
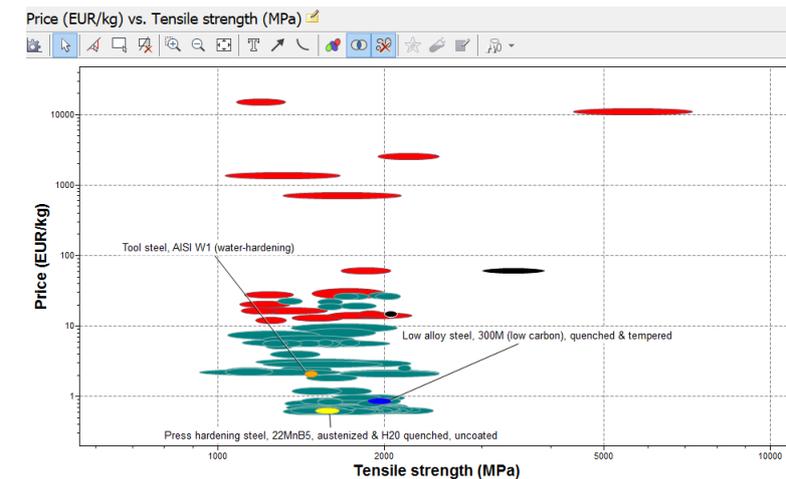
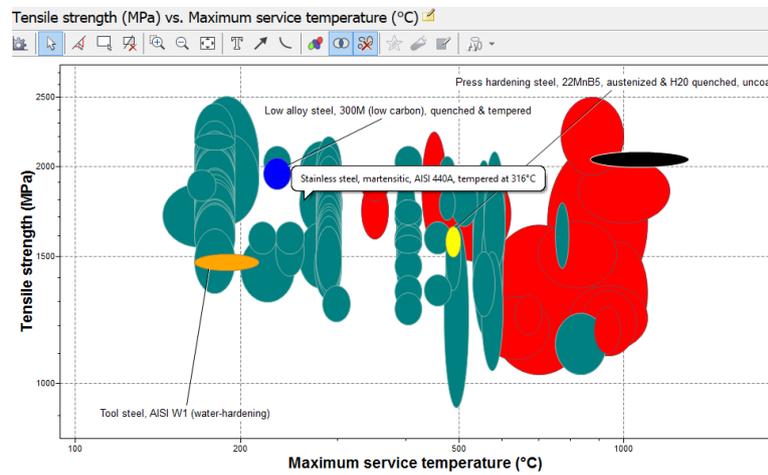
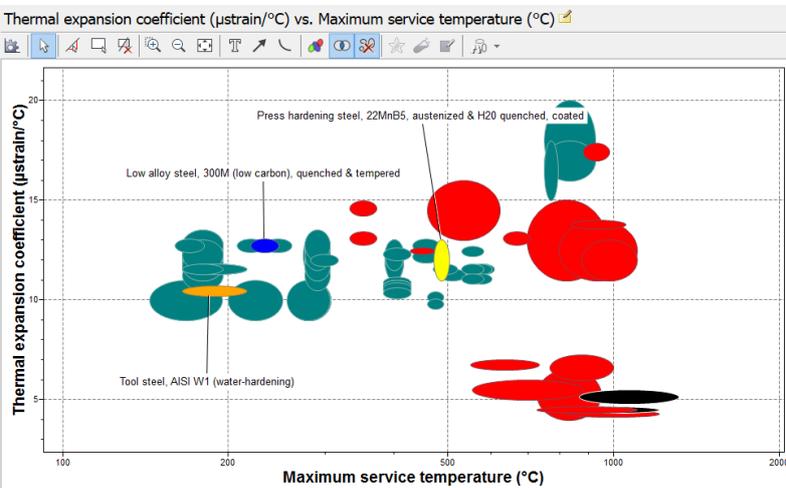
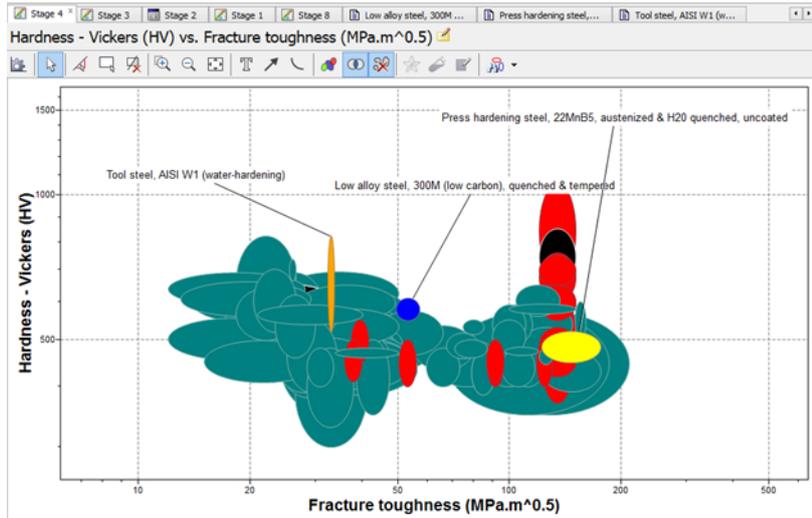
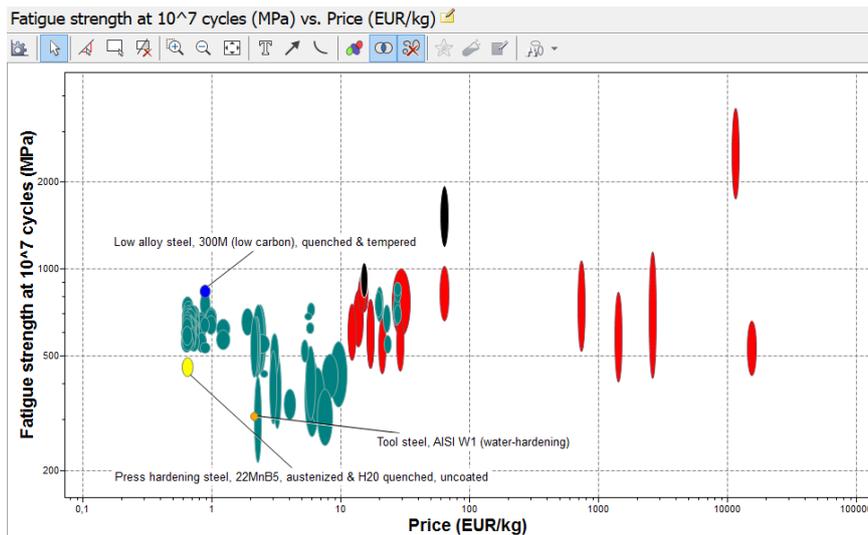
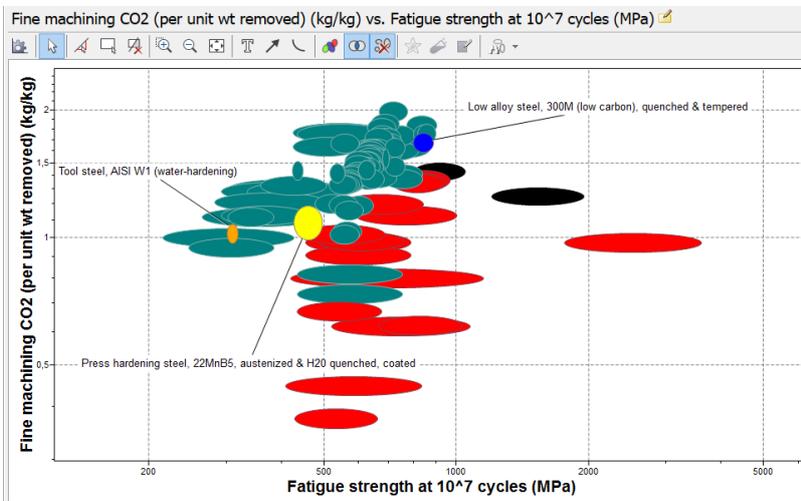
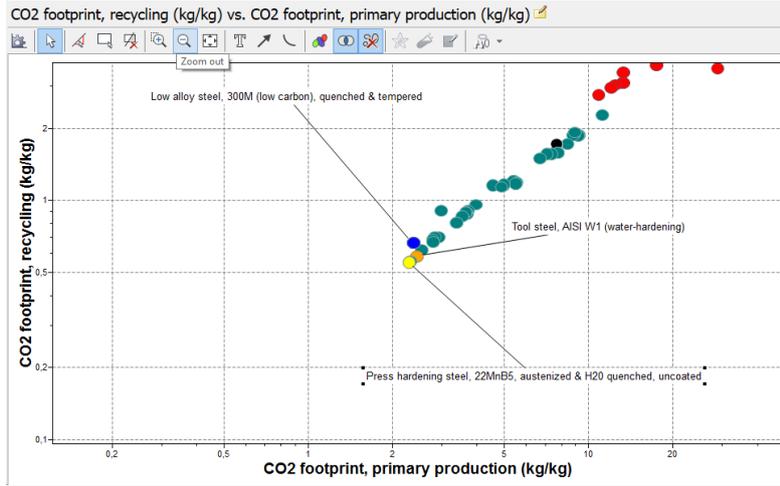


Figura 1. Perfiles del rail





Proceso de selección de un material para suela de zapatilla que genere electricidad

Universidad Politécnica de Cataluña,
Barcelona, España

Tutor:

José María Cabrera

Alumno/s:

Jorge Rodríguez Páez

Diana Elisa Murillo Navarro

Resumen

El objetivo de este proyecto fue encontrar un material con las propiedades adecuadas para su uso en una suela de zapatilla urbana y que además presentase el factor innovador que corresponde con la generación de electricidad durante su uso. El objetivo principal de esta generación de electricidad sería el de obtener suficiente energía como para la recarga de batería de un dispositivo electrónico como puede ser un teléfono móvil o similar.



Contenido

1. Objetivos	146
2. Planteamiento del problema	146
3. Solución propuesta	147
4. Resultados y conclusiones	148
5. Bibliografía	148
6. Anexos	149

1. Objetivos

En el presente trabajo el objetivo se centra en encontrar un material con unas propiedades que cumplan con los requisitos necesarios para el diseño de un tipo de suela innovador cuya principal prestación sea la generación de electricidad en el proceso de caminar o correr. Para esta función se debe encontrar un material que logre generar energía durante su uso, pero que además cumpla con los requerimientos mecánicos que exige una suela. El tipo de calzado para el que se destinaría la suela objeto de estudio del presente trabajo sería un calzado deportivo informal.

2. Planteamiento del problema

Como objetivo principal en lo referido a las propiedades mecánicas, se debe encontrar un material que posea poca rigidez (alta flexibilidad), o lo que es lo mismo, con un bajo valor del módulo de Young. Esto servirá para obtener un material flexible que sea capaz de deformarse fácilmente. Además, se buscará un material lo suficientemente elástico como para que siempre se deforme elásticamente al estar tensionado por el contacto del pie con el suelo, asegurando de este modo que la suela se acomode a la forma del pie dando una sensación de confort al usuario. Del mismo modo el material deberá tener un límite elástico suficientemente elevado como para no deformarse plásticamente al someterse a los esfuerzos realizados durante las pisadas. Habiendo analizado las propiedades mecánicas indispensables del material deseado será importante enfocarse en otros factores como el peso de la suela. Para la aplicación que se está planteando será interesante buscar un material con una densidad no demasiado elevada, para hacer la suela más ligera. Una vez realizado el análisis de las propiedades mecánicas y propiedades generales, se continuará realizando el análisis de las propiedades eléctricas, indispensables para el desarrollo del tipo de suela innovador que se está estudiando. El material que se está buscando deberá ser capaz de generar electricidad mediante los esfuerzos a los que se someta durante su uso. Este fenómeno se conoce como piezoelectricidad, y por tanto el material de la suela deberá ser piezoeléctrico. Además, será importante encontrar un material que logre generar suficiente energía como para cargar la batería de un teléfono móvil en un tiempo no demasiado prolongado. Por último, cabe destacar, como ya se ha comentado en el punto anterior, que el material de la suela deberá ser capaz de soportar los factores ambientales que aparecen en un ambiente urbano medio, sin necesidad de soportar condiciones extremas. Estos factores serán principalmente la radiación solar y la lluvia.

3. Solución propuesta

Se elaboran ecuaciones de diseño siguiendo el método de Ashby (figura 1). Primero se determina una ecuación que contenga la propiedad que se quiere restringir. A continuación se despejará la variable libre en dicha ecuación. Al mismo tiempo se deberá de encontrar una ecuación que contenga la variable que se quiere optimizar como objetivo y la variable libre despejada en la ecuación de la restricción. De esta manera se sustituye la variable libre despejada de la ecuación de restricción en la ecuación del objetivo, y así se obtiene la relación entre la variable a optimizar (objetivo) y la variable restringida. Siguiendo esta metodología, en la primera parte del anexo (A.1), que corresponde a la parte puramente mecánica, se enfrentó la densidad del material (objetivo) con el límite elástico (restricción). Dado que el valor del límite elástico σ_Y deberá ser superior a aquellos esfuerzos a los que se somete la suela en cada pisada se comienza fijando un filtro de tipo *Limit*, estableciéndose un valor mínimo de límite elástico de 2 MPa, valor suficiente para soportar las tensiones a las que se somete una suela de calzado durante su uso. Una vez que se obtiene la relación de la densidad del material ρ frente al límite elástico σ_Y se obtiene una expresión logarítmica agrupando el resto de parámetros en una constante a la que se le llamará K . Graficando en forma logarítmica la densidad ρ en el eje de ordenadas y el límite elástico σ_Y en el eje de abscisas se traza una línea de diseño de pendiente 1 como indica la ecuación a la que se llegó mediante el método de Ashby. Mediante esta recta se puede realizar una primera selección de materiales de tal manera que restan únicamente aquellos que logran minimizar el cociente $\frac{\rho}{\sigma_Y}$, es decir, los materiales que se encontraban por debajo de la línea trazada. Tras la aplicación del filtro *Limit* y la línea de diseño situada donde se observa en la figura 1 el número de materiales disponibles pasa a ser 89. Posteriormente se comienza a trabajar en un nuevo gráfico (figura 3), de manera que se llega a una ecuación que relaciona densidad frente al módulo elástico (A.2). Para ello se parte de la ecuación de restricción, tomada de la teoría de Love-Kirchhoff en la que define el factor de rigidez flexional D para una pieza plana, por tanto, se supone la suela como una chapa rectangular de espesor h , parámetro geométrico que será la variable libre. De la misma manera que en el caso anterior, se obtendrá una ecuación logarítmica, la cual servirá para dibujar una línea diseño con pendiente 1/3 en la gráfica, de tal manera que todos los materiales que crucen con dicha línea presentarán una misma relación densidad/módulo de Young. Además, se maximizarán los resultados. Se aplicará un filtro de tipo *Limit* en el cual se establezca un máximo de densidad de 1850 kg/m³. Tras esta segunda etapa de selección, el número total de materiales que satisfacen las propiedades solicitadas se reduce a 21, de los cuales son empleados en suelas el Caucho o goma natural NR, goma EVA, poliuretano elastomérico y goma de poliisopreno.

A continuación se prosigue con el análisis de la resistencia a factores ambientales, que al ser un análisis más cualitativo se recurre a la aplicación de filtros tipo *Limit* requiriendo un comportamiento frente a la radiación solar adecuada o superior. De esta forma, el número de materiales se reduce a 16. Por último, se pasa a analizar el aspecto clave de la suela de zapato que se quiere diseñar, el factor eléctrico. Para el análisis de las propiedades eléctricas del material

que se está buscando se volverá a utilizar el método de Ashby utilizado anteriormente para las propiedades mecánicas. En este caso se tomará como ecuación de restricción aquella que define la polarización de un material al someterse a un esfuerzo mecánico. Trabajando con dicha ecuación, se llega a otra que incluye el parámetro de la permisividad relativa del material ϵ_r , que además se puede utilizar en el software CES EDUPACK. Para ello, primero se define la polarización mediante su ecuación típica: $P = \epsilon_0 \chi E$ siendo ϵ_0 la permisividad del vacío, χ la susceptibilidad eléctrica y E el campo eléctrico. Sabiendo que la susceptibilidad eléctrica se relaciona con la permisividad relativa ϵ_r mediante la siguiente ecuación: $\chi = \epsilon_r - 1$, se sustituye en la ecuación típica de la polarización, quedando con la siguiente forma: $P = \epsilon_0 E (\epsilon_r - 1)$. De esta forma se iguala esta expresión a la de partida que relacionaba la polarización el esfuerzo aplicado, llegando así a la ecuación de restricción en su forma final (anexo, A.2). Posteriormente, al tomar la expresión de la densidad como la ecuación objetivo se despeja el área como variable libre, para de esta forma sustituir el área A en la ecuación objetivo y así obtener la relación entre la densidad ρ y la permisividad relativa ϵ_r , para minimizar la masa m .

Esta ecuación sirve para la aplicación de una línea de diseño con pendiente unitaria sobre la gráfica que enfrente a la densidad en el eje de ordenadas y la permisividad relativa menos una unidad en el eje de abscisas. Tras este último filtro la lista de materiales se redujo a tan solo 13 materiales: cuero, elastómeros de silicona (Si, Q), epoxis o resinas epoxídicas, goma EVA, neopreno, polifluoruro de vinilideno PVDF, poliuretano, poliuretano elastomérico, poliéster, cloruro de polivinilideno, polímeros de celulosa, polímeros de polihidroxibutírico y polihidroxialcanoato y termoplásticos basados en almidón. Tras una búsqueda intensiva recurriendo a varias fuentes bibliográficas, se llegó a la conclusión de que los materiales que pueden presentar el fenómeno de piezoelectricidad son tan solo dos de ellos: el Polifluoruro de vinilideno PVDF y los

Del análisis en la selección del material más óptimo para la fabricación de una suela piezoeléctrico se concluye que desde un punto de vista mecánico, en el que se buscaba una baja densidad del material que la clase de material a elegir debía ser del grupo de los polímeros. Posteriormente, en el análisis donde se involucra el parámetro eléctrico se llegó a la conclusión de que el tipo de polímero electroactivo podría ser bien un Polifluoruro de vinilideno (PVDF) ó un elastómeros de silicona, los cuales están aún en fase de investigación sobre la optimización del fenómeno de la piezoelectricidad, por lo que aún sería pronto para compararlos por su coste económico.

5. Bibliografía

- Materials Selection in. Mechanical Design. Third Edition. Michael F. Ashby
- https://www.tf.uni-kiel.de/matwis/amat/elmat_en/kap_3/backbone/r3_1_1.html
- Material de los profesores José María Cabrera y Jorge Alcalá Cabrelles de la Universidad Politécnica de Catalunya
- Charging an Electronic Gadget using Piezoelectricity, J. John Livingstone and M. Hemalatha
- Microstructured polymer for shoe power generation, Ding Han and Ville Kaajakar

6. Anexos

Figura 1 Planteamiento del problema



Análisis A: Mecánico puro

Análisis A.1 Resistencia y densidad

$$\text{Ecuación Restricción: } \sigma_Y = \frac{F}{A}$$

$$\text{Ecuación Objetivo: } \rho = \frac{m}{V} = \frac{m}{A h}$$

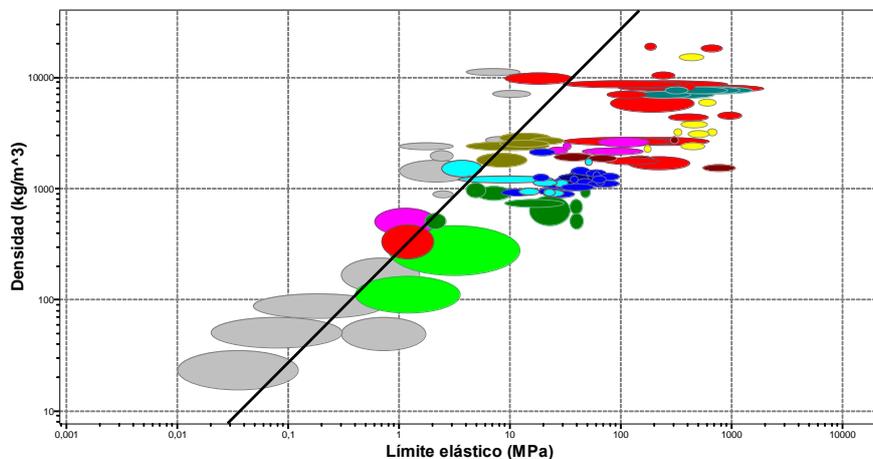
$$A = \frac{F}{\sigma_Y}$$

$$\rho = \frac{m \sigma_Y}{F h}$$

$$\frac{\rho}{\sigma_Y} = \frac{m}{F h}$$

$$\text{Ecuación final: } \log \rho = \log \sigma_Y + \log K$$

Figura 2 Gráfico de Ashby de la relación óptima entre la densidad ρ y el límite elástico σ_Y .



Análisis A.2 Módulo de Young y densidad

$$\text{Ecuación Restricción: } D = \frac{E h^3}{12 (1-\nu^2)}$$

$$\text{Ecuación Objetivo: } \rho = \frac{m}{V} = \frac{m}{L a h}$$

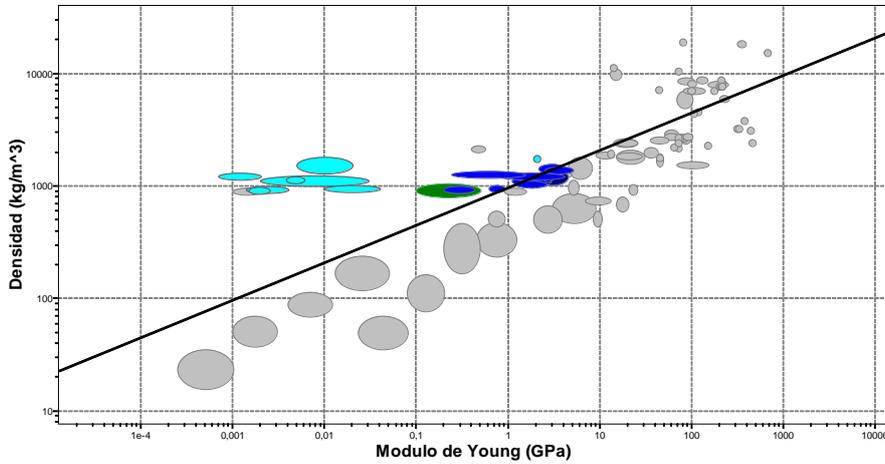
$$\text{Ecuación Restricción: } h = \sqrt[3]{\frac{12 D (1-\nu^2)}{E}}$$

$$\text{Ecuación Objetivo: } \rho = \frac{m}{L a \sqrt[3]{\frac{12 D (1-\nu^2)}{E}}}$$

$$\frac{\rho}{E^{1/3}} = \frac{m}{L a \sqrt{12 D (1 - \nu^2)}}$$

$$\log \rho = \frac{1}{3} \log E + \log K$$

Figura 3 Gráfico de Ashby de la relación óptima entre la densidad ρ y módulo de Young E .



Análisis B: Permisividad relativa y densidad

Primer forma de la ecuación Restricción: $P = d \sigma$

Segunda forma de la ecuación Restricción: $\epsilon_0 E (\epsilon_r - 1) = d \frac{F}{A}$

Ecuación Objetivo: $\rho = \frac{m}{V} = \frac{m}{LA}$

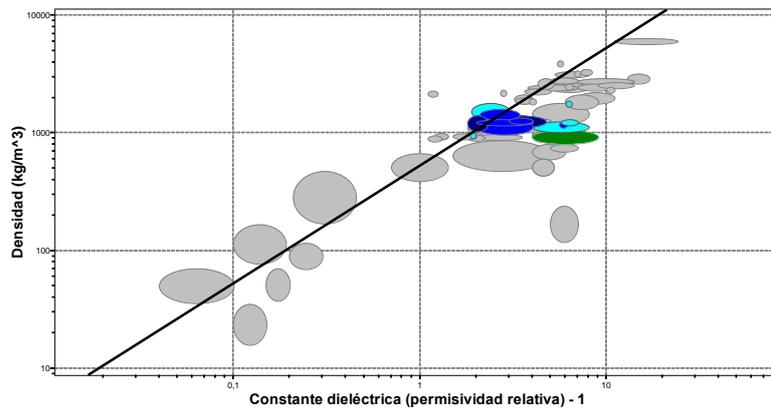
$$A = \frac{d F}{\epsilon_0 E (\epsilon_r - 1)}$$

$$m = \frac{d F L \rho}{\epsilon_0 E (\epsilon_r - 1)}$$

Ecuación Final: $m = \frac{d F L}{\epsilon_0 E} \frac{\rho}{(\epsilon_r - 1)}$

$$\log \rho = \log K + \log (\epsilon_r - 1)$$

Figura 4 Gráfico de Ashby de la relación óptima entre la densidad ρ y constante dieléctrica ϵ .



Selección de un material para la optimización de los electrodos en sistemas de puesta a tierra SPT

Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia,
Tunja, Colombia.

Tutor:

Nicolás Rojas Arias

Alumno:

Lizeth Tatiana Merchán Sisa

Resumen

El siguiente documento presenta el procedimiento realizado en la selección de un material para la optimización de los electrodos manejados en sistemas de puesta a tierra SPT. El proyecto se realizó en ayuda del software CES EduPack y revisión bibliográfica respecto al tema. Mediante las herramientas facilitadas por el programa y en guía de los nuevos avances científicos, se determinó que es requerida realizar una aleación para la construcción de este material. A partir del programa se determina que la mejor opción para la fabricación de la aleación es entre el Cu y el Ti, la cual se comprobó a escala de laboratorio obteniendo los resultados esperados.

GRANTA
TEACHING RESOURCES



© Granta Design, 2018
For reproduction guidance, see back page

The Teaching Resources website aims to support teaching of materials-related courses in Design, Engineering and Science.
Resources come in various formats and are aimed primarily at undergraduate education.

Contenido

1. Objetivos	152
2. Planteamiento del Problema	152
3. Solución Propuesta	153
4. Resultados y Conclusiones	154
5. Bibliografía	155
6. Anexos.....	156

1. Objetivos

- Determinar las propiedades eléctricas y anticorrosivas de los materiales actualmente utilizados en los electrodos en SPT.
- Comparar las propiedades de nuevos materiales obtenidos dentro del programa CES EDUPACK con los materiales trabajados normalmente para la fabricación de los electrodos en SPT.
- Realizar la revisión bibliográfica pertinente de los materiales encontrados dentro del Software para complementar la información obtenida dentro del programa CES EDUPACK
- Seleccionar finalmente un material que satisfaga las propiedades requeridas para la fabricación de los electrodos manejados en Sistemas de Puesta a Tierra SPT; teniéndose en cuenta sus propiedades, proceso de fabricación, precio, etc.

2. Planteamiento del problema

El reglamento técnico para instalaciones eléctricas de Colombia -RETIE, emitido por el ministerio de minas y energías establece que: **“Los productores de electrodos de puesta a tierra deben garantizar que la resistencia a la corrosión del electrodo sea de mínimo 15 años contados a partir de la fecha de instalación”**. Sin embargo, debido a ambientes corrosivos, pH de suelos y otras variables en el entorno, **los aceros o cobres trabajados para estos sistemas no satisfacen el tiempo establecido**, obligando a ser mejorados o sustituidos por un material con propiedades eléctricas similares, pero, cuya resistencia a la corrosión sea lo suficientemente alta para que los electrodos puedan soportar un tiempo de uso mucho más prolongado sin que esto afecte las propiedades conductoras del material durante su vida útil.

Para esto, se pretende establecer mediante revisión bibliográfica y con ayuda del Software CES EDUPACK un material resistente a la corrosión que permita el paso de corriente para la fabricación de electrodos en sistemas de puesta a tierra SPT.

a. Solución propuesta

Mediante la literatura consultada, se determinó que, para que el material cumpla con las exigencias propuestas por el RETIE, debe poseer propiedades anticorrosivas y, a su vez, una buena conductividad.

Teniendo en cuenta que los materiales usualmente trabajados con cobres y aceros austeníticos serie 304, se observa principalmente las propiedades eléctricas de estos materiales y, partiendo de esto, se determinan los límites que se aplicarán durante el proceso de selección. No se observa ciertas características, como propiedades mecánicas, debido a que estas no influyen dentro de la vida útil del material.

Mediante la literatura, se observan otras propiedades que influyen indirectamente en la selección del material para construcción de los electrodos. El grado de degradación, facilidad de fabricarse en tubos y demás factores fueron tomados en cuenta para ir reduciendo el listado de materiales candidatos.

Gracias al manejo del Software CES EduPack se definió que, para satisfacer las propiedades requeridas de este nuevo material, es necesario el manejo de un material compuesto que permita auto protegerse de medios o agentes corrosivos, pero que, a su vez, sea un buen conductor eléctrico. Se eliminan los materiales de la familia de fibras y particulados; los materiales híbridos son desechados debido a que no poseen buenas propiedades conductoras u otra propiedad que los favorezca dentro del estudio; los plásticos y polímeros poseen una resistencia eléctrica mayor a la de los materiales trabajados actualmente, por lo que estos tampoco fueron tomados en cuenta. Se estableció que, entre el universo de materiales ofrecido por el programa, los cerámicos y los metales, cumplieran las características requeridas para la fabricación de los electrodos.

Mediante la revisión de investigación recientes sobre materiales que cumplen la función de anticorrosión y conductividad eléctrica, se observó que ciertos materiales oxidados se convierten en recubrimientos protectores y, a su vez, son materiales que permiten el paso de corriente durante descargas eléctricas; por lo cual, se pretende la selección de un material que satisfaga la propiedades de generar una capa de pasivación pero, que a su vez, dicha capa sea conductora, tal como la nombran en ciertos artículos científicos.

Con fin de buscar una mejor viabilidad en el desarrollo del proyecto, se agregó dentro del eje Y, y como límite, el precio del material, esto con fin de discriminar un poco más los materiales suministrados por el software.

3. Resultados y Conclusiones

Gracias a la ayuda del programa CES Edupack y la literatura consultada, se determinó que debe realizarse un material compuesto, específicamente una aleación metálica. Esta consistirá en una mezcla de dos metales, que se distribuirán de la siguiente manera:

- El primero será el sustrato o base. Este estará fabricado a partir de cobre debido a que este material es menos costoso que varios candidatos encontrados dentro del programa y, fuera de esto, este material también posee una resistividad eléctrica bastante baja; propiedad crucial para el buen desempeño de los electrodos de puesta a tierra.
- El segundo material elegido es el titanio comercial tipo 4. Según la literatura estudiada y las nuevas investigaciones que se han realizado, se ha demostrado que los óxidos de este material, en estado de óxido de titanio únicamente, o como un óxido aleado a otros compuestos como Cu, Zn, Pb, etc., se comporta como un medio conductor. Además, al ser un óxido bastante estable y al estar aleado con el cobre, se lograría generar una capa de óxido protector que evite la degradación acelerada del electrodo, pero que, a su vez, siga permitiendo el paso de corriente.

No fueron elegidos otros materiales candidatos como el grafito, debido a que sus propiedades mecánicas, aunque no influyen durante su vida útil como electrodo de puesta a tierra, si lo afectan durante el transporte por lo frágil que es. Igualmente, la degradación de este material respecto a otros materiales candidatos es más acelerada por lo que, su vida útil disminuiría y no cumpliría la meta establecida de este proyecto.

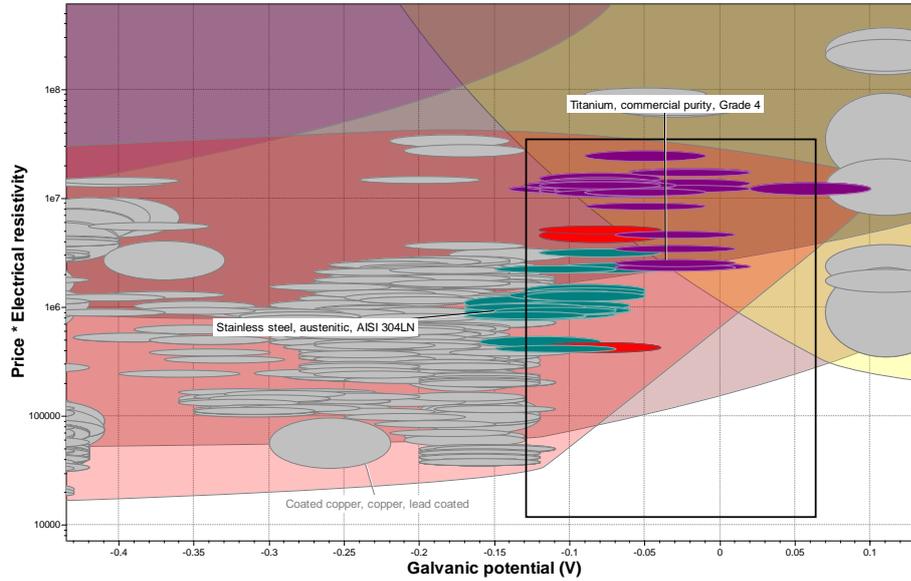
Se realizó un estudio bibliográfico adicional para determinar el mecanismo de fabricación de esta aleación. Gracias al manejo del software CES Edupack y los libros de diagramas de fases, como el "Metals Handbook", se determinan las características necesarias para la fabricación de la aleación y se realiza a escala laboratorio una fusión para corroborar lo obtenido dentro del programa, demostrando que es factible el realizar una aleación con estas propiedades.

4. Bibliografía

- [1] G. Quitian and N. Rojas, "Revista Colombiana de Materiales N. 5 pp. 19-25 Edición Especial Artículos Cortos," *Rev. Colomb. Mater.*, pp. 19–25, 2013.
- [2] A. R. Verduzco, "Síntesis y caracterización de películas delgadas transparentes y conductoras (base ZnO) para el aprovechamiento de la energía solar," pp. 1–131, 2015.
- [3] B. Moreno, M. Carballo, J. R. Jurado, and E. Chinarro, "Una revisión del uso del TiO₂ en terapias e ingeniería tisular," *Bol. la Soc. Esp. Ceram. y Vidr.*, vol. 48, no. 6, pp. 321–328, 2009.
- [4] Guillaume Sauthier, "Preparación y caracterización de capas delgadas y estructuras de óxido de titanio para aplicaciones fotocatalíticas activadas mediante radiación UV o visible.," 2012.
- [5] "Facultad de Ciencias Exactas e Ingeniería. Iticapas de Oxidos conductores con Diversas Magnéticas Aplicaciones a la Espintrónica."
- [6] R. A. Silvia Maioco, Claudia Vera, Natan Rajchenberg, "Síntesis de óxidos conductores transparentes de óxido de zinc dopado con aluminio por coprecipitación química," *Av. en Ciencias e Ing.*, vol. 4, no. 4, pp. 7–13, 2013.
- [7] a López, "Efecto del contenido de Sn sobre las propiedades físicas de películas," vol. 16, no. 1, pp. 5–9, 2003.
- [8] C. Rillo, "Aplicaciones de los materiales cerámicos superconductores de alta temperatura crítica," vol. 30, no. 5, pp. 407–413, 1991.
- [9] A. Hernán Bedoya Calle, "Fabricación y caracterización de películas delgadas de óxidos transparentes con aplicaciones ópticas," p. 106, 2015.
- [10] ASM International. (2004). *ASM Handbook, Volume 3, Alloy Phase Diagrams. Aging* (Vol. 7). <https://doi.org/10.1007/BF02869318>

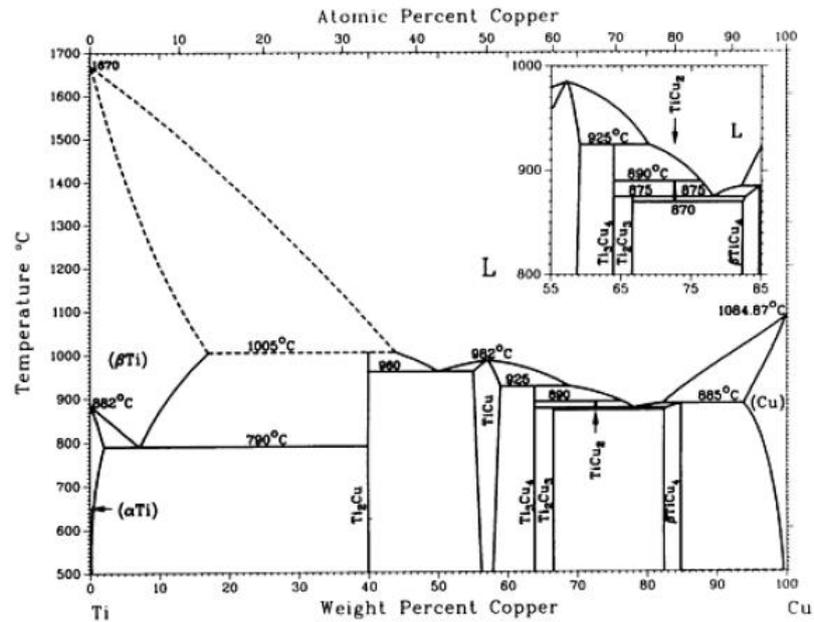
5. Anexos

Figura 1. Selección final de los materiales dispuestos a trabajar en SPT.



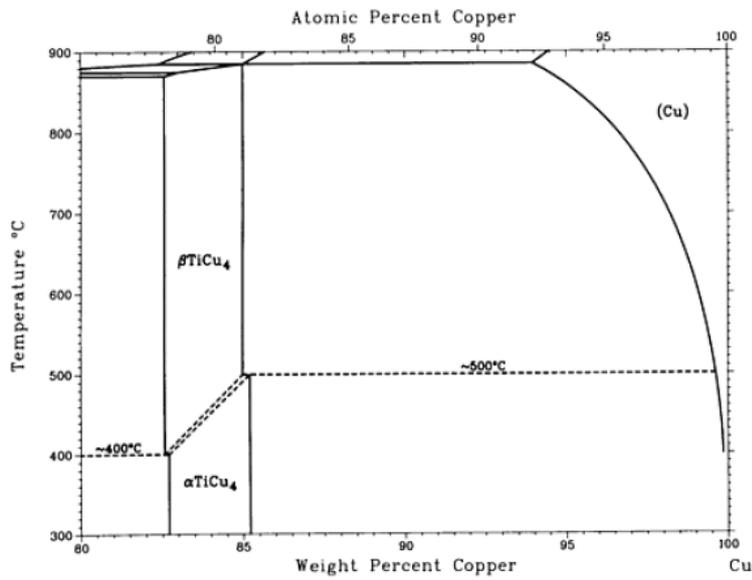
Fuente: Autores.

Figura 2. Diagrama Binario Cu-Ti para creación de aleaciones.



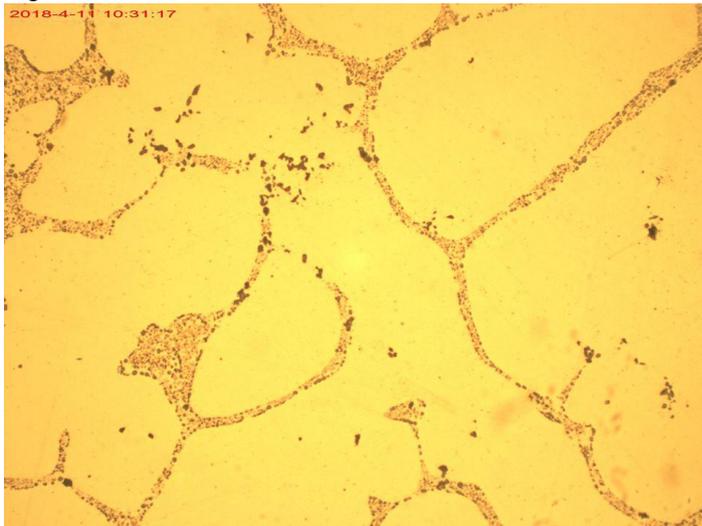
Fuente: Metals Handbook, Volume 3.

Figura 3. Zona trabajada del Diagrama de Fase Cu-Ti para formación de aleaciones.



Fuente: Metals Handbook, Volume 3.

Figura 4. Estructura final obtenida de la aleación Cu-Ti.



Fuente: Autores.

Tabla 1. Propiedades principalmente trabajadas en el proyecto.

PROPIEDADES PRINCIPALES	Ti		Cu	
	Min	Max	Min	Max
Resistividad eléctrica ($\mu\text{ohm.cm}$)	60,3	61,7	1,91	1,95
Potencial Glavànico (V)	-0,07	0,01	5,2	5,4
Precio (COP/kg)	4,13E+04	4,33E+04	2,11E+04	2,34E+04

Fuente: Autores.

Mejoramiento de materiales para pastillas de freno en automoviles

Universidad Pedagógica y Tecnológica de
Colombia,
Tunja, Colombia

Tutor:

Pablo Miguel Coha Vesga

Alumno/s:

Armando Mendieta Hernández

Rafael Leonardo Pinzón Ariza

Resumen

Progresivamente se ha buscado suprimir el uso del asbesto en las pastillas de freno, debido a los efectos cancerígenos que este puede producir. Se propone crear una nueva pastilla donde se seleccionaron cuatro materiales, cada uno cumple una función específica en la pastilla para así generar un material compuesto que sea eficiente para esta aplicación. Estos materiales son resina epóxica como aglomerante, aleación de aluminio como conductor térmico, mica como material de fricción, y fibra de yute como matriz. Toda la selección se realizó con el software CES EduPack y herramientas como gráficas, límites, índices de optimización, cajas de selección, entre otras. La selección da como resultado una pastilla que tiene excelentes relaciones costo/eficiencia/durabilidad/ecología.

GRANTA
TEACHING RESOURCES



© Granta Design, 2018
For reproduction guidance, see back page

The Teaching Resources website aims to support teaching of materials-related courses in Design, Engineering and Science.
Resources come in various formats and are aimed primarily at undergraduate education.

Contenido

1. Objetivos	159
2. Planteamiento del Problema	159
3. Solución Propuesta	160
4. Resultados y Conclusiones	161
5. Bibliografía	161
6. Anexos.....	163

1. Objetivos

Los objetivos de este proyecto son la mejora de materiales usados actualmente para las pastillas de frenos en automóviles, todo esto realizando una selección con ayuda del software CES EduPack. Se busca la eliminación total del asbesto como componente estructural por su alta toxicidad y reemplazarlo por fibras naturales y/o materiales reciclables, además de reducir los costos de materia prima y minimización de energía de fabricación e impacto ambiental.

2. Planteamiento del problema

Las pastillas de freno son un componente crítico en el automóvil, puesto que suponen el elemento encargado de realizar la labor de inmovilización parcial o total de este, por tal razón se les debe prestar gran atención en conceptos de calidad, eficiencia, durabilidad, economía, entre otros. Las pastillas de freno actuales utilizan lo mejor en materiales pensando solo en los costos, cuando también se debe pensar en aspectos como la ecología y la salud de las personas implicadas en labores de recambio de estos componentes. A pesar que en la mayoría de países se ha suspendido el asbesto como material fibroso de las pastillas, aún se sigue usando en proporciones preocupantes en otras partes, además de usar resinas, y otro tipo de materiales que no son reciclables y en gran medida no son los mejores en aspecto de durabilidad, lo cual conlleva a un tiempo de vida menor que se traduce en gastos para el cliente y daños a la salud y medio ambiente.

3. Solución propuesta

Dado que las pastillas son un componente crítico del sistema de frenos, es necesaria la investigación de nuevos materiales que nos permitan altos niveles de eficiencia de estos elementos. La idea del proyecto es no utilizar de ninguna manera asbesto, remplazándolo por otro tipo de fibra, que de ser posible sea una fibra natural. También tratar de hacerlo tan económico como sea posible, mediante un proceso productivo fácil y rápido, además de poder incluir materiales reciclables.

Dado que una pastilla de freno está compuesta de diferentes materiales en diferentes proporciones, mediante el software CES EduPack se pretende seleccionar cuatro diferentes materiales, los cuales tendrá cada uno una labor específica en la pastilla. Se empezó basados en los materiales que se usan en la actualidad y sus propiedades fundamentales, buscando maximizar propiedades y aspectos claves de cada uno, como resistencia al desgaste por abrasión, resistencia a la compresión, coeficiente de fricción, conductividad térmica, resistencia a la corrosión por ambientes agresivos. Por otro lado se pretende minimizar el ruido que se produce al contacto entre la pastilla y el disco, el cual suele ser muy molesto, y la fatiga térmica que estas pueden sufrir por cambios variables en su temperatura de servicio.

Los materiales seleccionados están distribuidos de la siguiente manera:

Material 1, el aglomerante, proporción 20%, resina epóxica.

Material 2, el conductor de calor y unificador de coeficiente de fricción, proporción 20%, aleación de aluminio envejecible.

Material 3, la fibra matriz, proporción 10%, fibra de yute.

Material 4, el abrasivo, proporción 30%, mica.

4. Resultados y Conclusiones

Como habíamos mencionado anteriormente las pastillas de freno son en esencia un material compuesto de varios materiales que cumplen funciones específicas, por tanto seleccionamos mediante el software cuatro materiales para una función específica, divididos así:

Material 1, el aglomerante, proporción 20%: en la actualidad se usa la resina fenólica, su función es la de aglutinar todos los otros materiales, debe tener un buen equilibrio entre dureza y resistencia a la compresión. Para esta selección se tuvo en cuenta la resistencia a la compresión y el módulo de Young, aplicando límites mínimos de acuerdo a las resinas fenólicas y también límites en cuanto a la moldeabilidad y colabilidad, y posteriormente cuál de los preseleccionados era el más económico, se escogió la resina epoxica.

Material 2, el conductor de calor y unificador de coeficiente de fricción, proporción 20%: en la actualidad se usa el cobre, este material será el conductor de calor y no deberá fallar por cambios bruscos de temperatura, además de buena resistencia a la compresión y debe ser económico, las propiedades relevantes fueron:

Conductividad térmica= 160-390 W/m.°C, Coeficiente de expansión térmica= 17 μ strain/°C, Resistencia a la compresión= 30-350 MPa, Resistencia a la fluencia= 30-350 MPa, Módulo de Young= 112-148 GPa

Se aplicó el índice de maximización para aumentar la resistencia al choque térmico, el cual relaciona el límite elástico con el módulo de Young y el coeficiente de expansión térmica. Se determinó mediante la gráfica de este índice y los valores límites que necesitábamos de cada propiedad, que las aleaciones de aluminio envejecibles son las más óptimas para esta aplicación, además de ser más económicas que el cobre.

Material 3, la fibra matriz, proporción 10%: en la actualidad se usa la aramida y el asbesto, será el que formara la estructura de la pastilla, constituyen principalmente el armazón general de todo el conjunto, ya que a través de sus variadas ramificaciones van conectando los diferentes elementos, sus propiedades más relevantes serán:

Límite elástico= 50-94 MPa, Resistencia a la tracción= 90-165 MPa, Dureza= 25-28 HV

Se empleó en la función universo de materiales del nivel tres, solo materiales fibras, en la gráfica de límite elástico vs resistencia a la tracción, se observa que el mejor material era el asbesto, aunque este es el material que se requiere cambiar, por tanto se establecieron restricciones para limitar fibras metálicas o cerámicas, es decir que solo sean fibras naturales y poliméricas, con lo cual se obtuvo que la fibra de yute es la mejor opción para esta aplicación, además de ser natural, reciclable, no tóxica y con desempeños muy superiores al asbesto.

Material 4, el abrasivo, proporción 30%: en la actualidad se usa el talco o barita, deberá servir como material abrasivo y crear fricción además de resistencia al desgaste, las propiedades y valores necesarios para este fin son:

Dureza= 65-237 HV, Resistencia a la compresión= 186-279 MPa, Módulo cortante= 98-127 GPa, Módulo de Young= 169-175 GPa

Con el índice de maximización de contacto contundente y carga deslizante que sirve para optimizar la resistencia al rendimiento y con las gráficas se determinó que la mica es la mejor opción.

Adicional se incorpora un 20% de grafito que se usa como lubricante del conjunto.

-N. Aranganathan, Vishal Mahale, Jayashree Bijwe. (10 de marzo de 2016). Effects of aramid fiber concentration on the friction and wear characteristics of non-asbestos organic friction composites using standardized braking tests. Wear-elsevier. Pag 69-77.

- K.K. Ikpambese, D.T. Gundu, L.T. Tuleun. (18 de febrero de 2014). Evaluation of palm kernel fibers (PKFs) for production of asbestos-free automotive brake pads. Journal of King Saud University – Engineering Sciences. Pag 110-118.

- U.D. Idris, V.S. Aigbodion, I.J. Abubakar, C.I. Nwoye. (26 de junio del 3012). Eco-friendly asbestos free brake-pad: Using banana peles. Journal of King Saud University – Engineering Sciences. Pag 185-192.

-OCAÑA, Elena. (Marzo de 2012). Diseño y cálculo del sistema de frenado de un prototipo formula student. Universidad carlos III de Madrid. Pag 165-169.

-WIRBITZKI, Joao, ÁGUILA, zaida. (3 de agosto de 2013). Estudio de pastillas de freno producidas con la sustitución parcial de la resina fenol-formaldehido por lignosulfonato de amonio.

6. Anexos



Figura 1. Porporcion de cada material escogido.

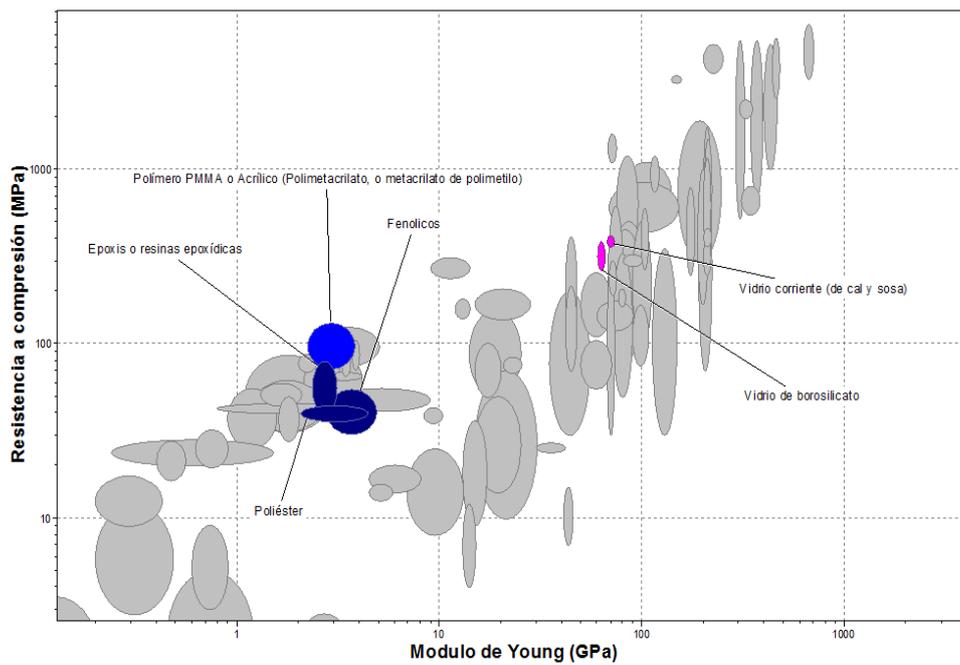


Figura 2. Grafica de selección de la resina epoxica como aglutinante de la mezcla.

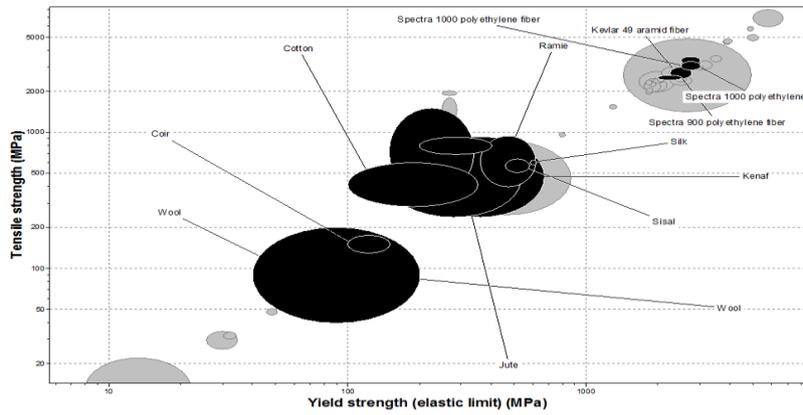


Figura 3. Grafica de selección del yute como fibra matriz.

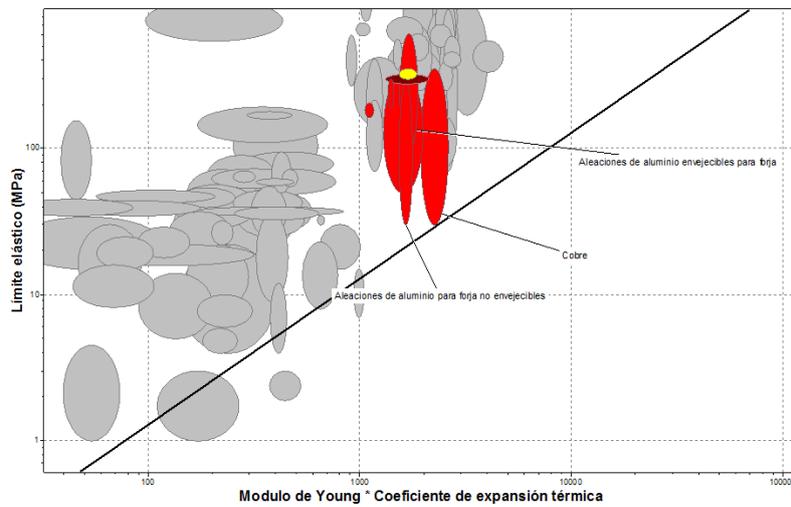


Figura 4. Grafica de selección de la aleacion de aluminio envejecible como conductor termico y homogenizador del coeficiente de friccion.

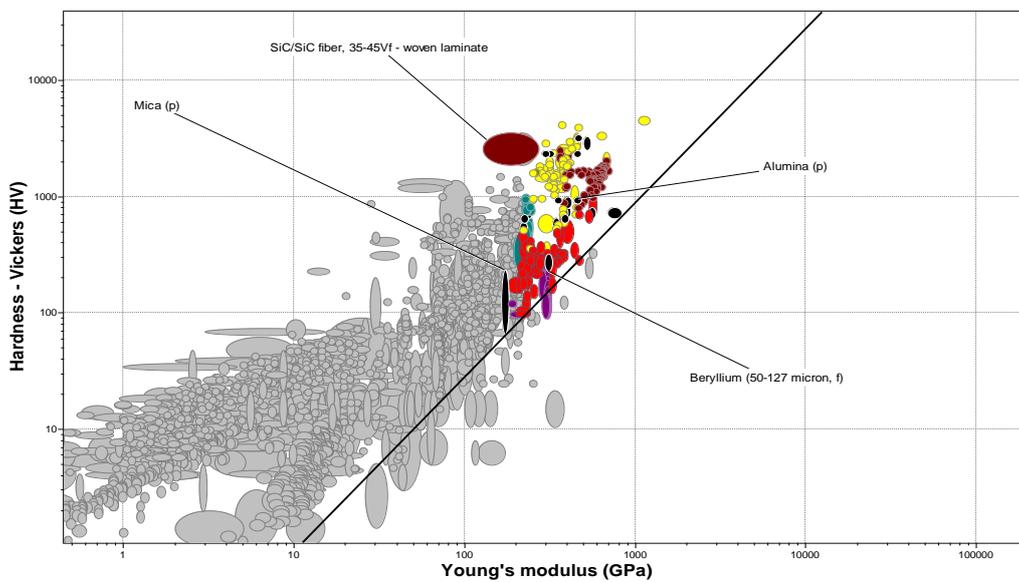


Figura 5. Grafica de selección de la mica como material abrasivo.

Obtención de un material compuesto como sustituto de los materiales para herramientas de corte

Universidad Pedagógica y Tecnológica de
Colombia,
Tunja, Colombia

Tutor:

Dra. Lais Mujica Roncery

Alumno/s:

Camilo Andrés Vinchira Ramos

Elkin Daniel Sáenz Ramírez

Resumen

En las empresas metalmecánicas donde se realizan trabajos de mecanizado por arranque de viruta, en donde se presenta la problemática de invertir grandes sumas de dinero en la compra y reemplazo de las herramientas de corte como los son los buriles e insertos para maquinas como tornos y fresadoras. Este costo en las herramientas se debe principalmente a la composición química de las mismas, las cuales contienen elevadas cantidades de Tungsteno, Cobalto, Manganeso, Cromo, Vanadio, Níquel, entre otros, los cuales les permiten tener propiedades óptimas para su función como tenacidad, resistencia al desgaste y a la fatiga térmica, entre otros. En este trabajo se presenta de forma esquemática del desarrollo de un nuevo material compuesto como sustituto de estas herramientas basándose en métodos de selección de materiales y procesos de producción pulvimetalúrgicos y de sinterizado para así disminuir en costos sin comprometer las propiedades que debe cumplir el material.



Contenido

1. Objetivos	166
2. Planteamiento del Problema	166
3. Solución Propuesta	167
4. Resultados y Conclusiones	168
5. Bibliografía	169
6. Anexos.....	170

1. Objetivos

OBJETIVO GENERAL

- desarrollo de un material compuesto para reemplazar las herramientas de corte por arranque de viruta como buriles e insertos utilizados en las empresas metalmecánicas.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Seleccionar un material de referencia para basar la investigación.
- Determinar a partir del software CES EduPack los materiales base y compuesto basándose en las propiedades fundamentales de cada uno y en los costos.
- Buscar el método de producción adecuado para la creación del material compuesto.
- Por medio de gráficos comparativos analizar la eficiencia del material compuesto en relación al material de referencia.

2. Planteamiento del problema

Los elevados costos que presentan los aceros de herramientas para los procesos de mecanizado por arranque de viruta son uno de los problemas fundamentales de esta industria, valores entre los 30000 a 50000 COP/Kg, hacen que las empresas sin importar su tamaño inviertan gran cantidad de sus ingresos en la compra y reemplazo de las mismas. Todo esto se debe a las cantidades de Tungsteno, Molibdeno, Cobalto, Vanadio, Manganeso, Cromo, Níquel, entre otros, elementos que le dan propiedades elevadas pero son costosas debido a sus procesos de extracción. Por otra parte se pretende llegar al desarrollo de un material compuesto donde no sea necesario el uso de los elementos anteriormente nombrados. Se debe tener en cuenta factores como dureza, tenacidad, termofluencia y fatiga para la puesta a punto del material a desarrollar, además de los procesos de producción pulvimetalúrgicos los cuales son costosos cuando se aplican a materiales cerámicos particulados. Por esta razón los materiales base y compuesto deben tener bajo costo.

3. Solución propuesta

Inicialmente, se seleccionó un material de referencia, para conocer las propiedades mecánicas y tribológicas se deben optimizar; tomando como referencia el acero para herramientas “Tungsten High Speed Steel T15” utilizado para trabajos de tornería convencional y CNC. Partiendo de esto se observó que las propiedades fundamentales a tener en cuenta son la dureza, tenacidad, termofluencia, fatiga tanto térmica como mecánica, módulo de Young, costos. A partir de estas propiedades básicas, una buena preselección de una matriz metálica ferrosa y un compuesto cerámico son el paso a dar, la matriz debe ser altamente tenaz con valores superiores que $16.4 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{0.5}$.

Se seleccionó el acero de baja aleación AISI 4130 en estado templado y revenido como matriz y la Alúmina de mínimo 88% de pureza como compuesto cerámico, teniendo en cuenta que esta se cuenta con durezas superiores al material de referencia (800 HV). Las demás propiedades enunciadas también fueron observadas y puestas en criterio para así poder realizar la preselección del material, por medio del software CES EduPack 2016. Adicionalmente se observó que existen variables fundamentales a tener en cuenta para el proceso de fabricación del material compuesto.

Se optó por un proceso de pulvimetalurgia y sinterizado, el estado del arte recomienda que el tamaño de partícula para este proceso se encuentre entre 1 a 5 micras, esto para que las propiedades fundamentales del cerámico no se pierdan en el material a obtener debido a factores de desprendimiento por tamaño demasiado grande o pérdida de eficiencia por tamaños demasiado inferiores. El proceso de pulverizado se llevara a cabo en molino de bolas o rodillos. Adicionalmente las partículas cerámicas en este caso poseen enlaces covalentes lo que hace que sea imposible un enlace con el metal, por lo tanto se debe realizar un proceso de metalización de polvos con chorro de plasma con un metal de aporte como titanio o manganeso, que sirva como puente entre el cerámico y el substrato metálico. El proceso de sinterizado utilizado será un proceso sólido líquido, donde el metal cambia de estado mientras el cerámico permanece en su forma sólida. Posteriormente se realiza tratamiento térmico de templado y revenido para obtener una estructura bainítica/martensítica. Debido a que las propiedades son poco predecibles con métodos estándar, se llevó a cabo la implementación del modelo matemático indicado por William Callister Jr. En su libro “Introducción a la ciencia e ingeniería de materiales”. Utilizando la fracción volumétrica de las fases del material compuesto para así tener una aproximación de las posibles propiedades a obtener; a partir de esta determinación de propiedades se procedió a ingresar el material desarrollado con sus respectivos valores de propiedades en el Software CES EduPack 2016 y así poder comparar si se obtuvieron los resultados esperados, encontrando un resultado positivo para propiedades como dureza, tenacidad, módulo de Young, entre otros. Realizando un análisis de materias primas se puede observar una disminución de gasto de un 92.96 % sin tener en cuenta los costos de producción.

4. Resultados y Conclusiones

Teniendo en cuenta que el material de referencia es el acero High Speed Steel T15, el cual es un acero comercialmente utilizado en los procesos de corte por arranque de viruta, se tomó como referencia para establecer las propiedades requeridas, las cuales se buscan optimizar. Se destacan tenacidad ($16.4 \text{ Mpa}\cdot\text{m}^{0.5}$), dureza (800 HV), temperatura máxima de servicio ($530 \text{ }^\circ\text{C}$), entre otros.

Iniciando con la primera selección, el acero AISI 4130 de baja aleación en estado templado y revenido cumple con las propiedades de tenacidad con valores de $122 \text{ Mpa}\cdot\text{m}^{0.5}$, un módulo de Young de 197 GPa, máxima temperatura de servicio de $445 \text{ }^\circ\text{C}$, además de un costo muy bajo (2440 COP/Kg), en su composición química es el adecuado para ser utilizado como matriz. Para el compuesto se eligió una cerámica técnica que posee un bajo precio (9580 COP/Kg), adicionando una dureza elevada de 1520 HV y una elevada resistencia al desgaste, este compuesto es en base alúmina con una pureza superior al 88 % y se aplicara de una forma particulada sobre el metal en tamaños de 1 a 5 micras para obtener así la eficiencia máxima de este compuesto.

Partiendo de esta preselección de materiales se procedió a observar el proceso para producir el material y dar así un parte final de las propiedades. Una variable básica del proceso es la poca compatibilidad entre los materiales base y compuesto, donde el metal no es afín con el cerámico por su carácter covalente. Por lo tanto se debe aplicar un proceso de metalización de polvos por chorro de plasma, así procediendo al proceso de pulvimetalurgia y sinterizado en forma solido – líquido y posterior tratamiento térmico.

Como las propiedades de este material compuesto son impredecibles se aplicó el modelo matemático descrito por William Callister Jr. En el cual teniendo en cuenta la fracción volumétrica de fase dura en la matriz se obtienen los rangos de propiedades que puede posiblemente tener el compuesto. Se utilizó una fracción volumétrica de fase dura de 15% para este caso debido a que el High Speed Steel T15 posee este valor de fases duras en su microestructura.

A partir de esto se obtuvieron los siguientes resultados:

Propiedad	Em	Vm	Ep	Vp	Es	Ei
Tenacidad ($\text{MPa}\cdot\text{m}^{0.5}$)	75	0.85	3.33	0.15	64.2	17.7
Dureza (HV)	263	0.85	$1.52\text{E}+03$	0.15	451.5	300.2
Fatiga ($\text{Mpa } 10^7$ ciclos)	445	0.85	162	0.15	402.5	352.6
Máxima temperatura de servicio ($^\circ\text{C}$)	718	0.85	$1.10\text{E}+03$	0.15	775.3	757.4
Precio (COP/Kg)	$2.44\text{E}+03$	0.85	$9.58\text{E}+03$	0.15	3511	2747.1

Entonces: Em: Propiedad de la matriz

Ep: Propiedad del compuesto

Vm: Fracción volumétrica de la fase blanda

Vp: Fracción volumétrica de fase dura

Es: Límite superior de la propiedad

Ei: Límite inferior de la propiedad

5. Bibliografía

Callister, Jr., William D. Introducción a la Ciencia e Ingeniería de los Materiales. Department of Materials Science and Engineering the University of Utah. Editorial Reverté, S.A. Pág. 535. (Materiales compuestos reforzados con partículas).

E.Gordo, A.Oliva, E.M.Ruiz-Navas, J.M. Torralba. (2004). Desarrollo de materiales compuestos tipo Cermet de matriz Fe. Dpto. Ciencia de Mat. e Ing. Metalúrgica. Universidad Carlos III de Madrid.

Y. Torres, S. Rodríguez, M. Anglada y L. Llanes. (2002). Comportamiento a fatiga de aceros rápidos pulvimetalúrgicos. Universidad Politécnica de Catalunya, Departamento de Ciencia de los Materiales e Ingeniería Metalúrgica; Avda. Diagonal, 647, 08028 Barcelona.

Wei Liu, Quanquan Chu, Junjie Zeng, Rongxuan He, Haidong Wu, Ziwei Wu, Shanghua Wu. (2017). PVD-CrAlN and TiAlN coated Si₃N₄ ceramic cutting tools. Microstructure, turning performance and wear mechanism. School of Electromechanical Engineering, Guangdong University of Technology, Guangzhou 510006, Guangdong, China.

Wenbin Ji, Bin Zou, Shuai Zhang, Hongyu Xing, Yishun Wang, Hao Yun. (2017). Design and fabrication of gradient cermet composite cutting tool, and its cutting performance. Centre for Advanced Jet Engineering Technologies (CaJET), School of Mechanical Engineering, Shandong University, Jinan 250061, PR China.

Edwin Gevorkyan, Sergiy Lavrynenko, Mirosław Rucki, Zbigniew Siemiatkowski, Maksim Kislitsa. (2017). Ceramic cutting tools out of nanostructured refractory compounds. Ukrainian State University of Railway Transport, pl. Feyerbaha 7, Kharkov 61010, Ukraine. National Technical University "Kharkov Polytechnic Institute", 21 Frunze Str., Kharkov 61002, Ukraine. Kazimierz Pulaski University of Technology and Humanities in Radom, 54 Krasickiego Str., 26-600 Radom, Poland.

Chistensen, Richard M. Mechanics of composite materials. Stanford University and Lawrence Livermore National Laboratory. DOVER PUBLICATIONS, INC. Mineola, New York. Pág. 48. (Bulk Modulus).

D. Hull & T. W. Clyne. An Introduction to Composite Materials. Cambridge Solid State Science Series. University of Cambridge. Second edition. Cambridge University Press. 1996. Pág. 5. (Design of composite materials). ISBN 0 521 38855 4 paperback.

6. Anexos

6.1. Modelo Matemático “regla de las mezclas” expresado por William Callister Jr. En su libro Introducción a la Ciencia e Ingeniería de los Materiales

$$E_s = E_m V_m + E_c V_c$$

$$E_i = \frac{E_m E_c}{V_m E_c + V_p E_m}$$

Entonces:

- Em: Propiedad de la matriz
- Ep: Propiedad del compuesto
- Vi: Fracción volumétrica de la fase blanda
- Vp: Fracción volumétrica de fase dura
- Es: Límite superior de la propiedad
- Ei: Límite inferior de la propiedad

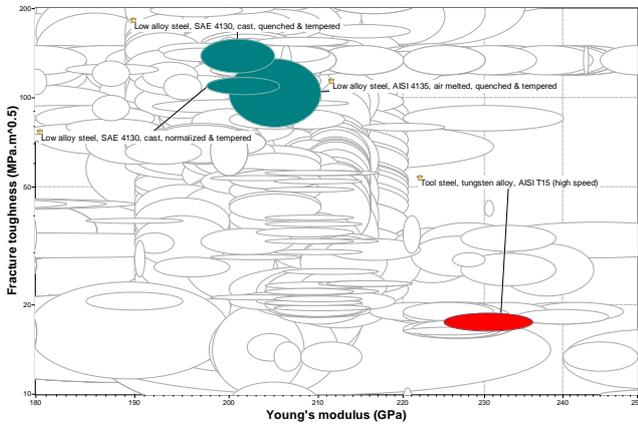
Después de seleccionar el material de la matriz (acero AISI 4130) y el compuesto alúmina (88) se utilizó la regla de las mezclas descrita anteriormente, para obtener unos rangos en los cuales podría oscilar nuestro material teniendo en cuenta que la fracción volumétrica de la fase dura utilizada fue el 15 % y de la fase blanda del 85 %. Obteniendo así los siguientes valores.

Tabla 1: Valores máximos y mínimos de las propiedades para el material compuesto utilizando la regla de las fases

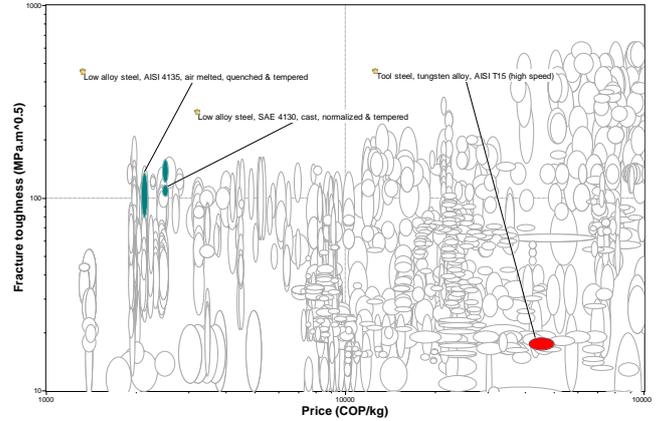
Propiedad	Em	Vm	Ep	Vp	Es	Ei
Módulo de Young	197	0.85	244	0.15	204.05	202.86
Tenacidad	75	0.85	3.33	0.15	64.24	17.73
Limite elástico	676	0.85	191	0.15	603.25	489.5
Esfuerzo de tensión	197	0.85	191	0.15	196.1	196.07
Elongación	13.5	0.85	0.07	0.15	11.48	0.45
Esfuerzo de compresión	676	0.85	1.90E+03	0.15	859.6	748.31
Módulo de flexibilidad	197	0.85	244	0.15	204.05	202.86
Módulo de ruptura	676	0.85	295	0.15	618.85	566.29
Módulo de compresibilidad	165	0.85	156	0.15	163.65	163.58
Módulo de corte	76	0.85	98.3	0.15	79.345	78.67
Coefficiente de poisson	0.294	0.85	0.22	0.15	0.2829	0.27
Factor de forma	34	0.85	15	0.15	31.15	28.5
Dureza (vickers)	263	0.85	1.52E+03	0.15	451.55	300.2
Fatiga	445	0.85	162	0.15	402.55	352.6
Punto de fusión	1.73E+03	0.85	2.28E+03	0.15	1812.5	1794.9
Máxima temperatura de servicio	718	0.85	1.10E+03	0.15	775.3	757.4
Mínima temperatura de servicio	193	0.85	1.50E-01	0.15	164.07	0.9
Conductividad térmica	41.5	0.85	1.32E+01	0.15	37.255	31.4
Capacidad de calor específico	461	0.85	7.70E+02	0.15	507.35	490.5
Coefficiente de expansión térmica	10.6	0.85	7.50E+00	0.15	10.135	9.9
Calor latente de fusión	265	0.85	6.90E+02	0.15	328.75	291.9
Precio	2.44E+03	0.85	9.58E+03	0.15	3511	2747.1
Densidad	7.81E+03	0.85	3.44E+03	0.15	7154.5	6559.9

6.2 gráficos realizados con el software CES EduPack.

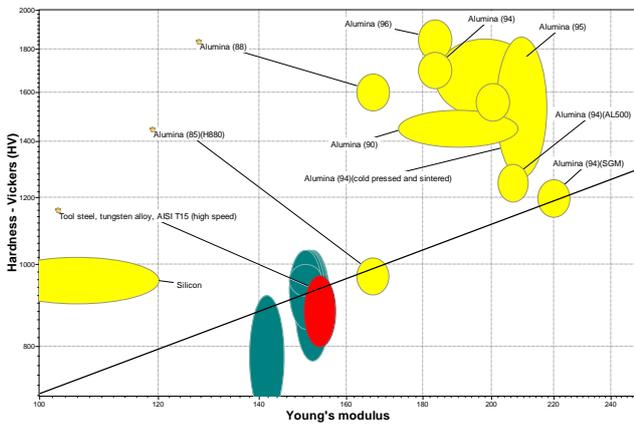
Para la selección de la matriz se realizaron dos diagramas y se verificaron las demás propiedades aplicando límites sobre las mismas graficas



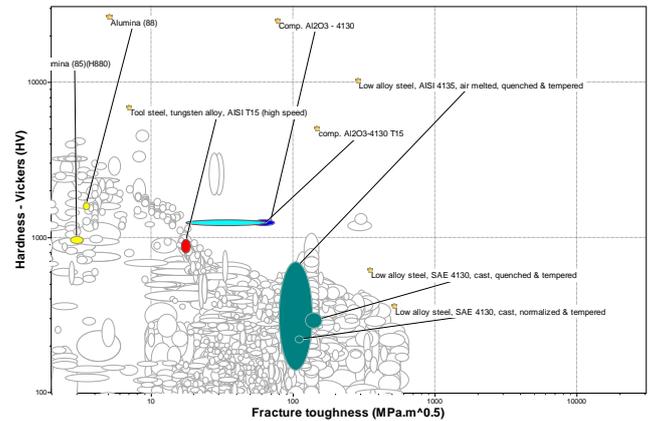
Gráfica 1. Módulo de Young vs resistencia a la fractura



Gráfica 2: precio vs resistencia a la fractura



Gráfica 3. Módulo de Young vs dureza (HV) para la Selección del compuesto cerámico



Gráfica 4. Resistencia a fractura vs dureza (HV) Del material compuesto propuesto.

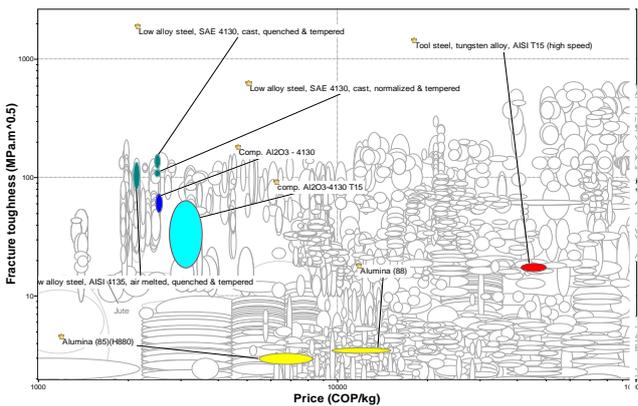


Gráfico 5: Precio Vs Tenacidad a la fractura donde se encuentra el material compuesto desarrollado.

- El material compuesto desarrollado tiene un color azul aguamarina. El material de referencia tiene un color rojo.
- para el cálculo de la pendiente en la selección del cerámico se utilizó el índice de optimización en rendimiento H^3/E^2 .
- Se empleó el Software Thermo-Calc para obtener la fracción volumétrica de carburos del acero de referencia, esta fracción volumétrica fue la misma que se aplicó en el modelo matemático de las fases.

Reciclaje e Ingeniería Sostenible; un material más allá de un residuo

Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia,
Tunja, Colombia

Tutor:

Luis Arcesio Medrano Rivera

Alumno/s:

María Alejandra Carreño Rojas

Arley Giovanni Rodríguez Coy

Resumen

La madera es un material natural que ha estado en manos del hombre desde hace mucho tiempo, se emplea para la fabricación de muebles o estructuras, hasta elementos decorativos. La obtención de esta se realiza mediante la deforestación de bosques y selvas, lo cual trae consecuencias graves al ambiente. Es por esto que el proyecto se basa en la formación de un compuesto polimérico que permita la sustitución completa de la madera, aprovechando materiales cuya descomposición tarda miles o millones de años. Así mismo dar a conocer la importancia que tiene el reciclaje a nivel mundial, ya que es uno de los medios primordiales para la preservación del planeta y del equilibrio ecológico. Este compuesto estará formado por una matriz polimérica obtenida de material cien por ciento reciclable y un refuerzo natural a partir de madera reciclada. Este reflejara el trabajo realizado en base a las herramientas, aplicabilidad, habilidad y conocimiento que brinda el software CES EduPack, en cuanto a la mejor selección del material para llevar a cabo esta sustitución.



Contenido

1. Objetivos	173
2. Planteamiento del problema	173
3. Solución propuesta	174
4. Resultados y Conclusiones	175
5. Bibliografía	175
6. Anexos	177

1. Objetivos

El principal objetivo de este proyecto es lograr la sustitución completa de la madera, ya sea en el sector mobiliario como en el sector de la construcción, contribuyendo así a la disminución de la deforestación y las consecuencias ambientales que conlleva esta. Con la fabricación del compuesto polimérico se pueden mejorar algunas propiedades como; la resistencia ambiental, ya que la madera se deteriora fácilmente al ser expuesta a condiciones ambientales extremas; una disminución de la densidad en relación a su resistencia, aunque la madera tiene buena resistencia mecánica, su densidad es alta; una mayor resistencia al desgaste, la madera se desgasta fácilmente lo que es una limitante en ciertas aplicaciones que requieren una mínima resistencia al desgaste. En cuanto a la fabricación del compuesto polimérico, el objetivo es implementar material reciclable, especialmente polímero y madera, esto con el fin de contribuir a la disminución de la contaminación y a su vez reducir la huella de CO₂ en la fabricación primaria del compuesto, aminorando así costos, lo que permitirá un fácil acceso al material.

2. Planteamiento del problema

Uno de los problemas a los que se enfrenta la humanidad en este siglo XXI son los extremos cambios climáticos, debidos a muchos factores, uno de ellos es la deforestación, la cual consiste en la tala indiscriminada de árboles a fin de llegar a la extinción de bosques y ecosistemas completos, trayendo consigo consecuencias graves e irreversibles como la extinción de fauna y flora en las zonas deforestadas, y a su vez reduciendo o acabando por completo fuentes hídricas como lagunas y ríos, lo grave es el aumento de las emisiones de CO₂ debido a la falta de flora que realice la fotosíntesis necesaria para la producción de O₂. La mayor parte de los árboles deforestados son destinados a sectores como el de la construcción, y en gran medida al sector mobiliario, sectores donde se han negado a sustituirla especialmente por los diferentes acabados que se pueden obtener con este material natural no renovable.

3. Solución propuesta

Debido a las consecuencias que trae la deforestación se propone la fabricación de un compuesto polimérico que permita la sustitución de la madera en el sector mobiliario y en el sector de la construcción. Este compuesto será de material totalmente reciclado. La matriz del compuesto será de polímeros reciclados, y el refuerzo de este será de madera reciclada.

El software de CES EduPack permitió realizar comparaciones de diferentes materiales, observando sus propiedades, y realizando comparaciones de los índices relacionados con las propiedades de cada material, haciendo énfasis especialmente en los materiales poliméricos y los materiales naturales (maderas). Para la matriz polimérica se plantearon parámetros iniciales; esta debía ser de polímeros que se puedan reciclar, conseguir fácilmente y que se encuentre en abundancia, el software proporcionó la información necesaria para agrupar los posibles materiales que podrían ser utilizados como matriz en el compuesto, esto gracias a los diagramas de propiedades que permitieron hacer diferentes comparaciones y combinaciones para preseleccionar posibles candidatos y finalmente seleccionar la matriz polimérica.

Para el caso del refuerzo también se plantearon parámetros iniciales de selección; el material debe ser madera, esta madera debe ser reciclada, ya sea de mobiliarios viejos o construcciones abandonadas o demolidas. Para hacer la preselección se realizaron diferentes gráficos comparando las propiedades e índices más importantes, observando los mejores valores y relaciones de propiedades de las maderas, pertenecientes al grupo de materiales naturales.

Con la fabricación de este compuesto se lograra mejorar propiedades comunes de la madera, como, resistencia mecánica, resistencia ambiental, resistencia al desgaste. Gracias a la matriz polimérica y al refuerzo de madera, se podrá brindar mayor personalización de los acabados, que aunque no serán iguales a los de la madera, podrán lograrse semejanzas gracias al refuerzo que también es madera (reciclada).

4. Resultados y Conclusiones

Gracias al software CES EduPack, se logró la adecuada selección de los materiales a ser implementados tanto para la matriz y el refuerzo en la fabricación del compuesto polimérico, teniendo en cuenta que se fijaron ciertos criterios al momento de selección, uno de ellos en base al título que otorga el proyecto; Reciclaje e ingeniería sostenible, lo cual se buscó la utilización de materiales poliméricos y naturales, reciclables, para disminuir el impacto ambiental de la deforestación, minimizar los costos de fabricación y reducir la producción de huella de CO₂; al utilizar materiales reciclables los costos de fabricación son bajos; en los diagramas tanto para el refuerzo como para la matriz, se evidencio una relación proporcional huella de CO₂ versus precio, es decir que cuanto menor es el precio como es el caso de los materiales reciclables, menor es la emisión de huella de CO₂ en su proceso de producción primaria.

Así mismo se tuvo en cuenta al momento de realizar la selección, encontrar materiales con mayor módulo de Young; que permitieran un aumento del límite elástico para así mejorar la resistencia común de la madera, sin un aumento sustancial de densidad como se evidencia en los diagramas de propiedades, donde las densidades de los polímeros y materiales naturales son bajas. Con base a los diagramas de propiedades, herramientas, habilidades, conocimientos, relación de índices, biblioteca y familia de materiales, aplicabilidad del software y criterios de selección, los materiales seleccionados a utilizar para la fabricación del compuesto polimérico son: para la matriz, el polímero PET (tereftalato de polietileno), el cual presenta en los distintos diagramas un alto índice en relación a sus propiedades con los demás polímeros, lo cual hace que este sea el material adecuado ya que se encuentra en abundancia debido a su bajo costo y su reciclabilidad. Sin dejar a un lado que el polietileno PE cumple características similares al PET y posee valores en sus índices cercanos a los del PET. Para el refuerzo se buscó la selección de materiales naturales que permitieran su reciclabilidad, es por esto que los materiales naturales que se seleccionaron como parte de refuerzo del compuesto polimérico, es la madera dura o la madera blanda ya que cumple con los criterios de selección, siendo muy utilizada en la construcción y el sector mobiliario, lo que facilita obtener la fibra natural por medio del reciclaje. El material estará formado según su fracción volumétrica por los siguientes valores:

Fracción volumétrica del polímero: 55% Fracción volumétrica de la madera: 45%

Utilizando la ley de las mezclas: $P_c = V_m \cdot P_m + V_r \cdot P_r$ donde;

P_c = Propiedad del compuesto

V_m, V_r =Fracción volumétrica (matriz-refuerzo)

P_m, P_r = Propiedad del refuerzo y la matriz

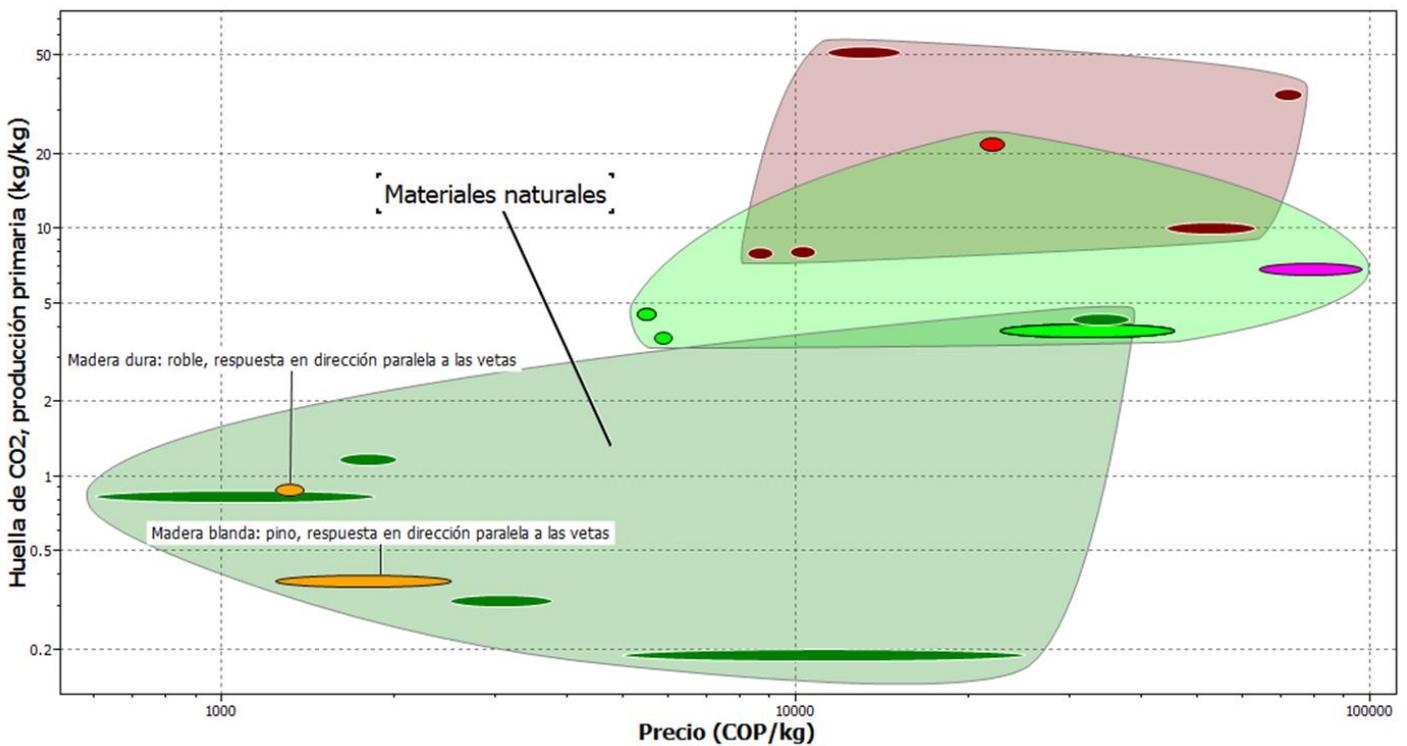
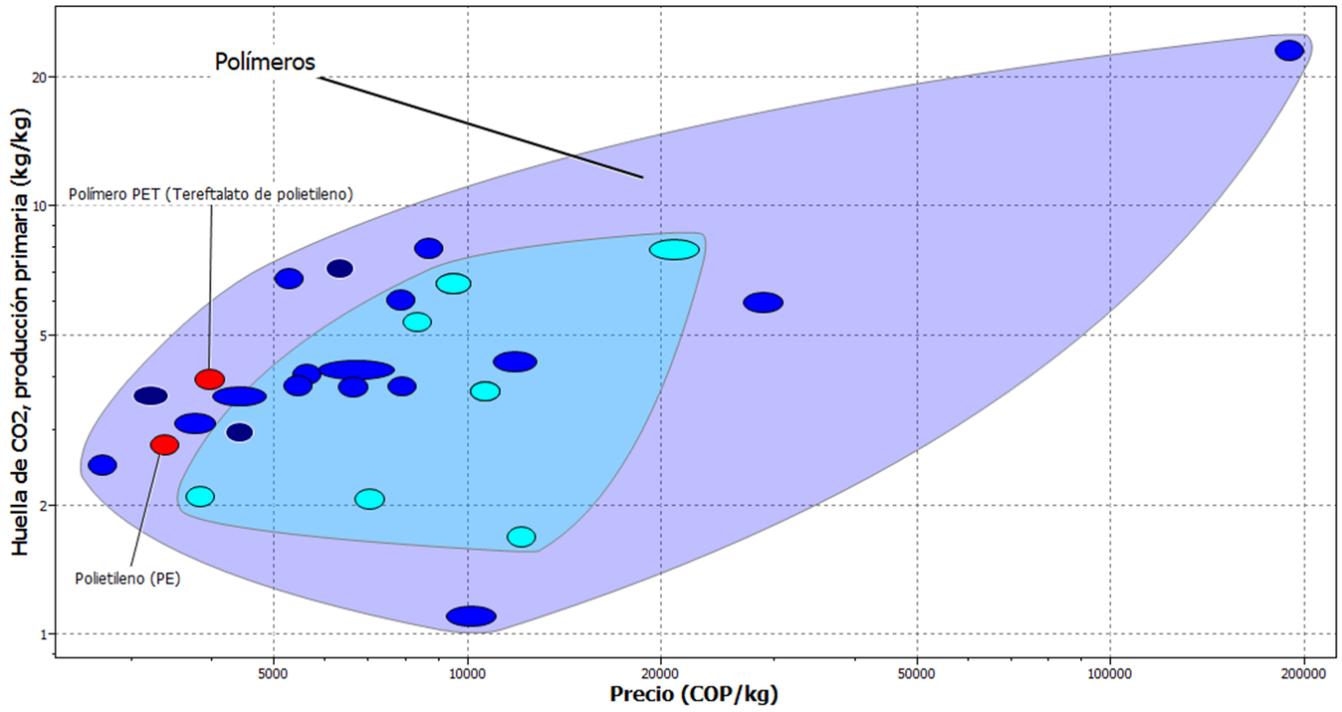
Se calculó las propiedades del compuesto: Precio 4080 Kg/COP, Producción de CO₂ primaria 2,55 Kg/Kg, densidad 1150 Kg/m³, módulo de Young 12,2 GPa, limite elástico 34,5 MPa, resistencia a la fatiga 14,5 MPa. El compuesto según estas propiedades presenta mejores valores que los de la madera en bruto, haciendo factible para sustituir esta.

5. Bibliografía

- [1] Frederick S. Merritt; Jonathan T. Ricketts: Building Design and Construction Handbook, Sixth Edition. WOOD, Chapter (McGraw-Hill Professional, 2001 1994 1982 1975 1965 1958), AccessEngineering.
- [2] Luis García Esteban. Historia y tecnología de la madera. Marzo-abril de 1999
- [3] Frederick S. Merritt; Jonathan T. Ricketts: Manual de Diseño y Construcción de Edificios, Sexta Edición. CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DE LA MADERA , Capítulo (McGraw-Hill Professional, 2001 1994 1982 1975 1965 1958), AccessEngineering.
- [4] U. S. Plastic Lumber. (2004). Technical data. 2600 W. Chicago, IL: Author Wambua, P., Ivens, J., & Verpoest, I. (2003). Natural fibres: Can they replace glass in fibre reinforced plastics? *Composites Science and Technology*, 63(9), 1259-1264.

6. Anexos

Diagramas para la selección de los materiales (matriz-refuerzo)



MATRIZ:

PRODUCCION DE CO2 VS PRECIO

$$\text{PET: } \frac{2.78\text{Kg/Kg}}{3.37 \times 10^3 \text{COP/Kg}} = 0.021 \text{Kg/COP}$$

LIMITE ELASTICO VS RESISTENCIA A LA FATIGA

$$\text{PET: } \frac{59.3\text{MPa}}{23.7 \text{MPa}} = 2.5$$

MODULO DE YOUNG VS DENSIDAD

$$\text{PET: } \frac{3.38\text{GPa}}{1.34 \times 10^3 \text{Kg/m}^3} = 0.00252 \text{GPa}/(\text{Kg/m}^3)$$

REFUERZO:

PRODUCCION DE CO2 VS PRECIO

$$\text{Madera dura: } \frac{0.884\text{Kg/Kg}}{1.31 \times 10^3 \text{COP/Kg}} = 0.000674 \text{Kg/COP}$$

$$\text{Madera blanda: } \frac{0.377\text{Kg/Kg}}{1.76 \times 10^3 \text{COP/Kg}} = 0.000210 \text{Kg/COP}$$

LIMITE ELASTICO VS RESISTENCIA A LA FATIGA

$$\text{Madera dura: } \frac{47.3\text{MPa}}{46.7\text{MPa}} = 1.01$$

$$\text{Madera blanda: } \frac{39.7\text{MPa}}{20.9\text{MPa}} = 1.9$$

MODULO DE YOUNG VS DENSIDAD

$$\text{Madera dura: } \frac{22.8\text{GPa}}{936\text{Kg/m}^3} = 0.024 \text{GPa}/(\text{Kg/m}^3)$$

$$\text{Madera blanda: } \frac{9.3\text{GPa}}{514\text{Kg/m}^3} = 0.018 \text{GPa}/(\text{Kg/m}^3)$$

Huella de CO₂

	CO ₂ (kg/year)
Equivalent annual environmental burden (averaged over 1 year product life):	1,8e+03

Optimización de llantas en automóviles de alto rendimiento

Universitat Politècnica de València,
Valencia, España

Tutor:

Javier Orozco Messana

Alumno/s:

Francesc Xavier Alberola Fons

María Alventosa Corts

Rosa Bernal Ríos

Resumen

Este es un proyecto centrado en el estudio, desarrollo e implementación de un material específicamente creado para optimizar la eficiencia de las llantas en automóviles de alto rendimiento, un tema que resulta desafiante y retador para los integrantes del grupo de trabajo. Este proyecto aspira, además, a analizar estructuralmente el material, estudiar la viabilidad de su proceso de producción, alcanzar una solución estética atractiva e investigar los costes asociados a su uso. El proyecto se articula a través del software CES EduPack creado por Granta, que nos permitirá realizar el proceso completo de selección de materiales.

GRANTA
TEACHING RESOURCES



© Granta Design, 2018
For reproduction guidance, see back page

The Teaching Resources website aims to support teaching of materials-related courses in Design, Engineering and Science.
Resources come in various formats and are aimed primarily at undergraduate education.

Contenido

1. Objetivos	180
2. Planteamiento del Problema	180
3. Solución Propuesta	181
4. Resultados y Conclusiones	182
5. Bibliografía	182
6. Anexos.....	184

1. Objetivos

Después de estudiar la industria automovilística de altas prestaciones y su evolución más reciente, se ha detectado un gran movimiento y diversidad de propuestas en los materiales usados para el desarrollo de llantas.

Abordamos un proyecto que persigue como objetivo principal estudiar y analizar diversos materiales ya existentes, otros nuevamente desarrollados y aquellos parámetros que afectan a la eficiencia de los mismos; con el objetivo de comparar, seleccionar e implementar un material que permita optimizar las prestaciones directamente relacionadas con la eficiencia de las llantas en automóviles de alto rendimiento.

El proyecto se articulará a través del software CES EduPack creado por Granta, que nos permitirá realizar el proceso completo de selección de materiales. Un proceso en el que se valorará la viabilidad de su producción, así como alcanzar una solución estética atractiva.

2. Planteamiento del problema

Las llantas son una parte vital de cualquier automóvil teniendo que soportar altas cargas. La tensión en la llanta puede causar cargas de flexión y torsión. El diseño y proceso de fabricación de la llanta son muy importantes, requiriendo complejos estudios con multitud de datos experimentales que complementan a diversos cálculos teóricos y al análisis por elementos finitos a través de un modelado computacional.

En este proyecto se realizará un estudio simplificado basado en el automóvil Ferrari F12 TDF. Un automóvil, con un gran desempeño prestacional, desarrollado con el objetivo de ser usado en circuito. Un entorno en el cual se verá sometido a tres escenarios a nivel de cargas sobre sus llantas: transferencia de carga longitudinal en aceleración con downforce, transferencia de carga longitudinal en frenada con downforce y transferencia de carga lateral en curvas con downforce. Este último caso será en el que la llanta se podrá ver sometida a una carga mayor.

3. Solución propuesta

Con la ayuda del software CES EduPack, se han creado tres gráficos que han ayudado en el proceso de selección del material idóneo para el desarrollo de nuestro proyecto, y que se incluyen en el anexo a este documento.

Después de llevar a cabo un trabajo de investigación y realizar los cálculos oportunos con la finalidad de conocer los principales parámetros limitantes, mediante la opción que permite crear un *limit stage*, se introdujeron una densidad mínima de 1740 Kg/m^3 , una temperatura máxima de servicio de $800 \text{ }^\circ\text{C}$ y un valor mínimo de tenacidad de fractura de acuerdo al esfuerzo máximo que debe poder soportar la llanta en la peor de las situaciones, $6698,51 \text{ N}$. A continuación, se creó un *tree stage*, en el cual se seleccionaron las familias de materiales dentro del *Universo de los Materiales* que se creyó tenían más posibilidades de cumplir con todos los requisitos especificados anteriormente, entre ellas la familia del magnesio, titanio, aceros de carbono, aleaciones de acero y compuestos. Con ayuda de los gráficos, en los que se comparan los parámetros más relevantes, se analizaron los distintos materiales que pasaron todas las restricciones para, finalmente, seleccionar el más adecuado.

Pasamos ahora a comentar la *gráfica 1* (ver en anexo) en la cual se relaciona la tenacidad de fractura con la temperatura máxima de servicio, parámetro relevante para la selección del material debido a las altas temperaturas que alcanzan los discos de freno de los vehículos de alto rendimiento debido a la fricción. De acuerdo a los resultados obtenidos en la gráfica, se observa que tanto el *SiC/SiC fiber, 35-45Vf – woven laminate* como el *SiC/SiC fiber, 35-45Vf – quasi-isotropic laminate* son buenos candidatos, pues son los que mejor cumplen los requerimientos – alto valor de tenacidad y de temperatura–.

A continuación, en la *gráfica 2* (ver en el anexo) se comparan el cociente entre el módulo de Young y el ratio de Poisson respecto a su límite elástico (yield strength). Debido a que para el proyecto se necesita un material que posea un alto ratio de yield strength en relación a su módulo de Young y a su valor del ratio de Poisson, podemos observar que materiales formados con aleaciones de titanio o compuestos del aluminio serían la opción idónea. Sin embargo, también son destacables los valores obtenidos para compuestos de carburo de silicio, por lo que debemos seguir comparando propiedades antes de tomar la decisión definitiva.

Después de esto, en la *gráfica 3* (ver en el anexo) se comparan el límite elástico de los materiales preseleccionados respecto a su densidad. En este caso de estudio, se necesita un material que presente el mayor límite elástico y la menor densidad posible, ya que se busca un material que no se deforme fácilmente y sea lo más ligero posible. (En esta representación hay que tener en cuenta que todos los materiales han sido sometidos a una preselección en la que, como se ha comentado previamente, se ha establecido un valor mínimo para la densidad, ya que materiales con valores de densidad por debajo del valor seleccionado no serían apropiados como solución al problema planteado). Finalmente, podemos concluir que los materiales que mejor cumplen las condiciones previamente mencionadas son ambos compuestos de carburo de silicio.

4. Resultados y Conclusiones

La solución propuesta después de realizar el proceso de selección de materiales es *SiC/SiC fiber 35-45 Vf*. Las propiedades de este material pueden variar según la forma en que se produzca para su aplicación industrial: tela tejida (woven laminate) o tela trenzada cuasi-isotrópica (quasi-static laminate). Existe un claro beneficio de rendimiento para los laminados reforzados con tela trenzada preimpregnada (varias direcciones orientación fibras) en comparación con la tela tejida.

Para una tenacidad del compuesto de matriz cerámica alta, se usan dos pasos separados de infiltración de vapor químico (CVI), uno para aplicar un revestimiento de nitruro de boro sobre las fibras de la preforma y el otro para formar la matriz basada en SiC. Las preformas son luego tratadas con calor no solo para densificar y contraer el revestimiento CVI de la matriz de SiC (desprendimiento exterior), sino también para aumentar su resistencia a la fluencia, capacidad de temperatura y conductividad térmica. La tela trenzada cuasi-isotrópica preimpregnada permite una fácil colocación para su fabricación en capas sobre molde del que salen con una hermosa superficie de alto brillo.

Para que un automóvil tenga un comportamiento dinámico idóneo, el neumático debe estar en contacto constante con el suelo gracias al sistema de suspensión del automóvil que debe ser capaz de seguir la carretera y todas sus imperfecciones. La masa no suspendida de un automóvil está constituida por la masa de la amortiguación, ruedas y otros componentes directamente conectados a ellos, como los neumáticos o los frenos del vehículo. Una disminución de la masa no suspendida aumentará la frecuencia natural del muelle y permitirá que la suspensión responda más rápido para un mayor control del vehículo. *SiC/SiC fiber 35-45 Vf* ofrece la capacidad de reducir significativamente la masa de las llantas debido a su alta resistencia a la fractura y a la vez baja densidad.

SiC/SiC fiber 35-45 Vf es un material compuesto liviano con una alta rigidez a lo largo del eje de la fibra y resistencia específicas en comparación con los materiales isotrópicos tradicionales como los metales. Este ofrece un rango de temperaturas de servicio capaz de soportar las ingentes cantidades de calor generadas por el juego de frenos carbono-cerámicos que incorpora el tipo de automóvil abordado. *SiC/SiC fiber 35-45 Vf* se compone de dos materiales (un matriz de carburo de silicio y fibra de carbono) que trabajan juntos, donde cada material conserva su propia identidad y aporta sus propias propiedades estructurales para crear un material sinérgico con mejores propiedades estructurales que sus componentes.

El material tiene un coste muy elevado, sin embargo, este proyecto enfoca un mercado donde el precio del producto no es un inconveniente, buscándose constantemente superar los límites establecidos y llevar el automóvil a nuevos niveles de rendimiento. La complicada naturaleza del diseño de llantas con un compuesto significa que las soluciones proporcionadas en este documento aún requieren pruebas y validación para demostrar que la llanta es segura para su uso. Aun así, se confía en el potencial de mejora a nivel prestacional y de rendimiento de los superdeportivos que incorporen este material.

1. Hrewheels.com [Internet]. Hrewheels, 1978 [citado 1 may 2018]. Disponible en: <http://www.hrewheels.com/>
2. Forgiato.com [Internet]. [citado 1 may 2018]. Disponible en: <http://forgiato.com/>
3. Enrique León: autobild.es [Internet]. España: autobuild, 2017 [Actualizado 8 abr 2017, citado 1 may 2018] Disponible en: <https://www.autobild.es/noticias/que-os-parecen-llantas-este-bugatti-chiron-174054>
4. R. S. Vieira, L. C. Nicolazzi, N. Roqueiro: link.springer.com [Internet] [actualizado 25 may 2012, citado 1 may 2018] Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs12239-012-0053-0>
5. Wikipedia.org [Internet] [actualizado 3 feb 2018, citado 1 may 2018]. Disponible en: https://en.wikipedia.org/wiki/Slip_angle
6. Llantasneumaticos.com [Internet] [citado 1 may 2018]. Disponible en: <http://www.llantasneumaticos.com/consejos/llantas>
7. Technology.nasa.gov [Internet] [citado 1 may 2018]. Disponible en: <https://technology.nasa.gov/patent/LEW-TOPS-25>
8. Azom.com [Internet] [citado 1 may 2018]. Disponible en: <https://www.azom.com>
9. Auto.ferrari.com [Internet] [citado 1 may 2018]. Disponible en: https://auto.ferrari.com/es_ES/automoviles/modelos-del-pasado/f12tdf/
10. Wikipedia.org [Internet] [actualizado 9 oct 2017, citado 1 may 2018]. Disponible en: https://en.wikipedia.org/wiki/SiC-SiC_matrix_composite
11. Youtube.com [Internet]. [Citado 1 may 2018]. Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=PGGiuaQwcd8>
12. Mike Braley, Brandon C. Strohming, Barry Meyers A&P Technology TenCate Advanced Composites. A comparative evaluation of quasi-isotropic laminates composed of either braided triaxial fabric or woven fabric, including impact and laminate performance. [Internet]
13. W. Milliken, D. Milliken. Race Car Vehicle Dynamics. [Internet]
14. Derek Seward. Nueva York: 2014. Palgrave Race car design. [Internet]

6. Anexos

Tres escenarios a nivel de cargas sobre las llantas: transferencia de carga longitudinal en aceleración con downforce, transferencia de carga longitudinal en frenada con downforce y transferencia de carga lateral en curvas con downforce. Después de realizar los cálculos (basados en el Ferrari F12 TDF) para estos casos de carga; obtenemos que en el último caso será en el que la llanta se podrá ver sometida a una carga mayor. Limitados por el espacio nos centraremos en el desarrollo del tercer escenario; mientras que de los dos primeros se darán los valores de carga máximos a los que puede llegar a estar sometida la llanta.

Transferencia de carga longitudinal en aceleración con downforce

Máxima velocidad en primera a 8500 revoluciones por minuto: 80 km/h

Desempeño del motor a 8500 revoluciones por minuto: 574000 W

Carga vertical a 80 km/h: 90 kg

Ruedas traseras: 6266,905 N

Ruedas delanteras: 1181,095 N

Transferencia de carga longitudinal en frenada con downforce

Frenada a fondo a 340 km/h:

Carga aerodinámica = 0,263 G // Drag de frenado = 0,12 G

Coefficiente de fricción = 1

Ruedas traseras: 3498,51 N

Ruedas delanteras: 5908,32 N

Transferencia de carga lateral en curvas con downforce

La carga aerodinámica tiene un efecto muy importante al tomar una curva a alta velocidad. Para un coche con una carga aerodinámica igual a cero, la máxima fuerza-g lateral en una curva es igual al coeficiente medio de fricción; sin embargo, para un coche con carga aerodinámica:

Carga aerodinámica (sobre el centro de masas) = 1500 N

Coefficiente de fricción = 1

Rueda trasera interior: 2155,33 N

Rueda trasera exterior: 6698,51 N

Rueda delantera interior: 1499,49 N

Rueda delantera exterior: 6042,67 N

- Cálculo transferencia total de peso lateral

$$F_{max_{curva}} = (W + Downforce) \cdot \mu$$

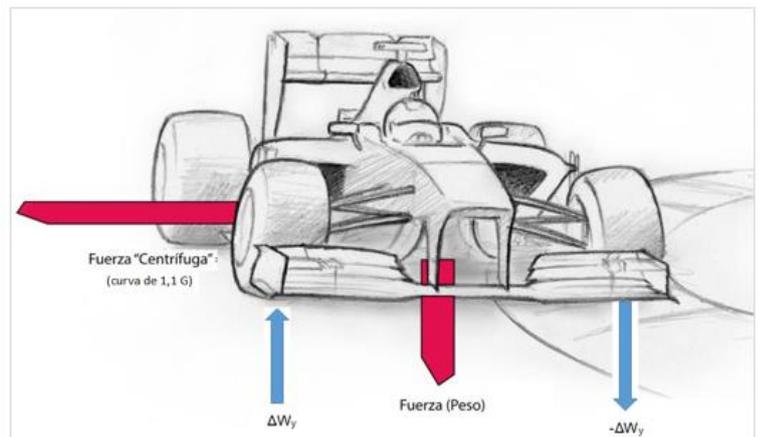
$$\Delta W_y = \frac{F_{max_{curva}} \cdot Altura_{cg}}{Batalla_{F12TDF}} = \frac{16396 \cdot 0,4572}{1650}$$

- Eje trasero:

$$W_R = W_{Total} \cdot \frac{Longitud_{cg}}{Batalla_{F12TDF}} = 8853,84 N$$

- Eje frontal:

$$W_F = W_{Total} - W_R = 7542,16 N$$



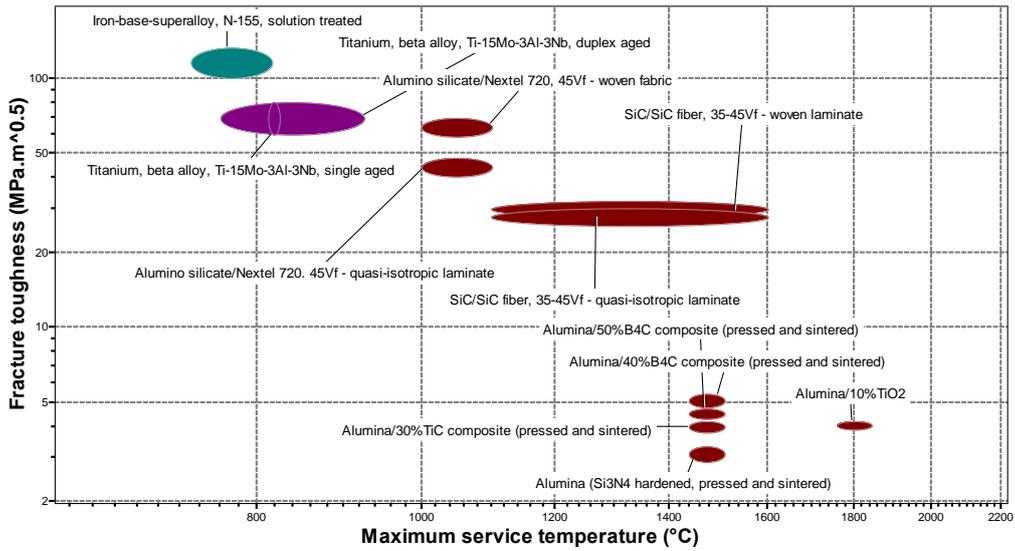
Representación de la fuerza centrífuga cuando un coche de F1 toma una curva

Cálculo fuerza sobre cada rueda:

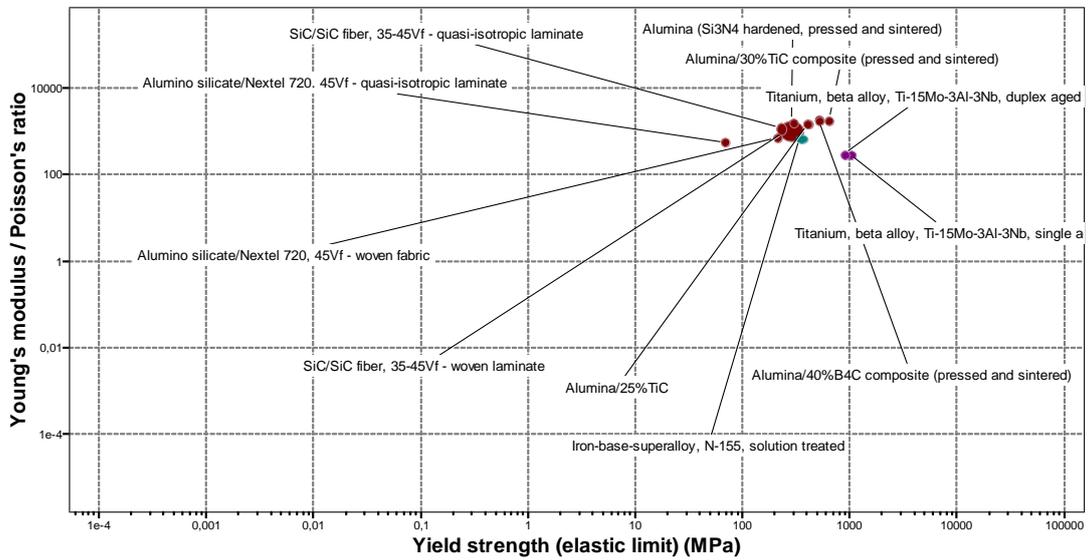
$$W_{TI/TE} = \frac{W_F \pm \Delta W_y}{2}$$

$$W_{DI/DE} = \frac{W_R \pm \Delta W_y}{2}$$

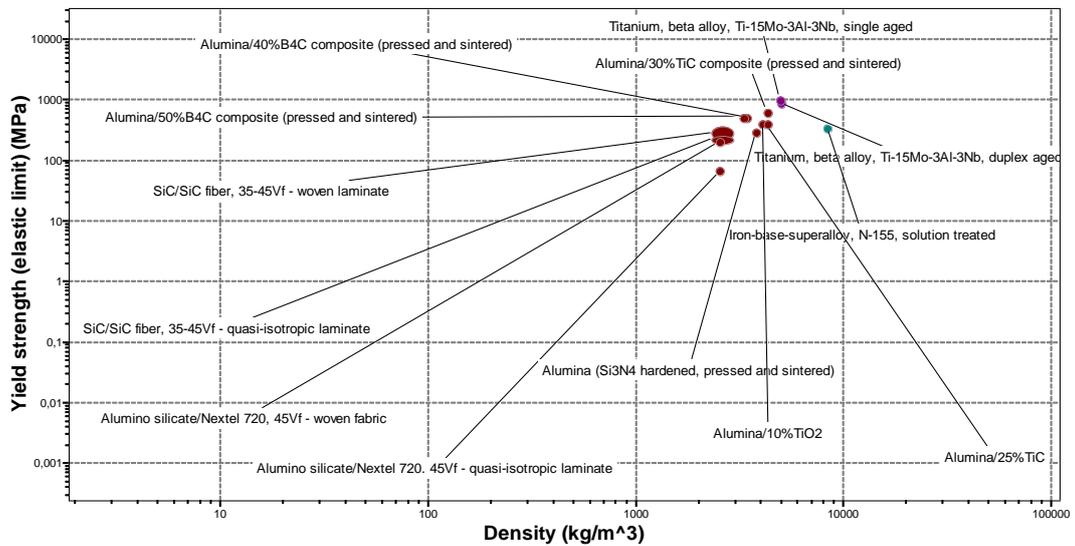
Gráfica 1



Gráfica 2



Gráfica 3



Concepto de parachoques con refuerzo honeycomb

Universitat de Barcelona,
Barcelona, España

Tutor:

Mercè Segarra Rubí

Alumno/s:

Bernat Morgades Roca

Héctor Ferrer Ribas

Martí Rosell Mas

Resumen

El parachoques juega un papel fundamental en la seguridad de los ocupantes de un vehículo. Tiene que absorber una gran cantidad de energía y por eso es necesario un buen diseño y selección del material.

El objetivo de esta investigación será proponer un material con estructura de honeycomb que permita al parachoques tener una mayor resistencia al impacto con el fin de reducir la mortalidad en accidentes de tráfico.



Contenido

1. Objetivos	42
2. Planteamiento del Problema	42
3. Solución Propuesta	43
4. Resultados y Conclusiones	44
5. Bibliografía	45
6. Anexos.....	46

1. Objetivos

El objetivo principal que se propone para este proyecto es seleccionar los materiales más adecuados para fabricar un refuerzo para los parachoques de automóvil en forma de honeycomb ya que es una estructura muy rígida y resistente. El procedimiento de selección se realizará a partir de los parámetros funcionales, geométricos y del material con la ayuda del software de GRANTA CES EduPack. Además, se usará el sistema de análisis de elementos finitos CATIA v5 para simular la puesta en servicio del componente.

En este proyecto también va implícito el objetivo de salvar vidas mediante la reducción del impacto de colisión que reciben los ocupantes de un vehículo en un accidente. La eficacia del refuerzo puede representar la línea entre la vida o la muerte de las personas que sufren el accidente.

La sociedad del futuro requiere de soluciones eficientes y sostenibles. Es por eso que en la producción de este componente se analiza el coste, el consumo energético y la huella de dióxido de carbono que se generará mediante la herramienta *EcoAudit*.

Cumplíndose dichos requerimientos, este proyecto representará una verdadera alternativa.

2. Planteamiento del problema

Los automóviles que circulan actualmente por las carreteras de todo el mundo han sido fabricados con unas directrices muy similares entre distintas marcas. Los parachoques convencionales, por ejemplo, se fabrican principalmente a partir de una mezcla de policarbonato y ABS con un grosor uniforme de unos 2,7 mm [1].

El problema que suponen los parachoques actuales es que los ocupantes del habitáculo de un vehículo accidentado todavía pueden resultar gravemente heridos. Además, tienen un peso relativamente elevado que tiene influencia en el medio ambiente i el consumo del automóvil.

Por esos motivos, este proyecto se propone introducir un nuevo elemento en el parachoques que favorezca la seguridad del vehículo con la mínima influencia en su consumo y precio.

3. Solución propuesta

La solución que se propone consiste en diseñar una estructura alternativa tipo honeycomb para los parachoques convencionales. El diseño va ligado a la selección del material más adecuado, la forma que debe tener y su proceso de fabricación. Además, se hará un estudio con la herramienta *EcoAudit* para asegurar el mínimo impacto medioambiental de este producto.

Para garantizar la mejora que supone el nuevo componente, éste se comparará con los parachoques estándar que están actualmente en el mercado, los cuales son de características prácticamente idénticas en todos los fabricantes. Por lo general, los parachoques convencionales se fabrican a partir de una mezcla de policarbonato y acrilonitrilo butadieno con un grosor de entre 2,7 y 3 mm [1]. El nuevo concepto incrementará el grosor del parachoques y como consecuencia la implementación de esta alternativa irá sujeta a la legislación vigente.

La función del parachoques en un accidente es transmitir la carga de impacto a los elementos de absorción laterales, por eso sus requiere una alta resistencia y una tenacidad a la fractura adecuada, y su objetivo minimizar la masa para una fuerza de flexión determinada [2]. Otros factores a tener en cuenta son la durabilidad y reciclabilidad del material usado, que se analizará posteriormente usando las herramientas que nos proporciona *CES EduPack*, como *EcoAudit* y *Synthesizer*.

Teniendo bien presente que los parachoques son elementos de seguridad, será de vital importancia la simulación de elementos finitos el nuevo componente para mejorar, si es preciso, su diseño y considerar la posibilidad de cambiar sus variables. Usando el software *CATIA v5* se ensayará a flexión el componente estándar y la estructura tipo honeycomb.

El concepto de parachoques con refuerzo honeycomb se podrá implantar se podrá implatar dado que existen empresas como Honeycombs y Composites S.L. [3], especializadas en extrusión de polímeros de estructura honeycomb.

4. Resultados y Conclusiones

El parachoques de un automóvil está diseñado para soportar momentos flectores. Trabaja como un panel a flexión, así que el material del parachoques debe tener una alta resistencia. Además, el parachoques añade peso al vehículo y esto repercute en el consumo y el coste, por lo tanto se tiene que seleccionar un material ligero y resistente. Con estos fundamentos se han calculado dos índices de material (*Tabla 1*).

Para empezar, se hará un gráfico con el nivel 3 de polímeros de *CES EduPack* a partir de los índices de material que resultan del objetivo minimizar el coste y la masa. En el eje de ordenadas se representa $\rho/\sigma_{LE}^{1/2}$ y en el eje de abscisas, $\rho \cdot C_m/\sigma_{LE}^{1/2}$. Se observa que algunos materiales presentan un uso limitado para extrusión en propiedades de procesado, es por eso que se inserta la limitación *Excellent Polymer Extrusion* en la herramienta *Limit de Select Stages*. En la *Figura 1* del anexo 6.2 se demuestra que los materiales más idóneos en cuanto a las propiedades deseadas, minimizando el índice de material, son PP (Homopolymer, low flow) y SAN (molding and extrusion). En dicho apartado también se encuentra ABS+PC poniendo de manifiesto que los materiales seleccionados son mejores opciones para parachoques que el material actual.

A partir de los dos mejores materiales, con el fin de corroborar su idoneidad y estudiar sus propiedades, se usa la herramienta *Synthesizer* para crear composites de estructura honeycomb. Esta forma modifica las propiedades [4] del PP i el SAN dando mayor resistencia aunque menor tenacidad a la fractura. El material más adecuado resulta ser la estructura honeycomb SAN (molding and extrusión) ya que tiene mayor límite elástico, y mayor tenacidad a la fractura que el PP (Homopolímer, low flow) (*Tabla 2*).

Para calcular el grosor del refuerzo h (*Figura 2*), se calcula que para un parachoques convencional de ABS i PC con dimensiones estándar (1500 x 500 x 2,7 mm) se necesitan 121,66 N para que falle a flexión. Partiendo de dicha fuerza de rotura y con un límite elástico de 10,38 MPa que presenta el SAN seleccionado, se requiere un grosor de 3,5 mm de estructura honeycomb para conseguir la misma resistencia. Eso supone un ahorro de peso del 62,5% (1,4 kg), aunque el objetivo es mejorar la seguridad de las personas que van dentro del vehículo. Por este motivo, se considera que este es el grosor de partida para mejorar la energía capaz de absorber el parachoques, así que se puede fabricar con más grosor. En la *Figura 3* se comprueba por análisis de elementos finitos que los paneles de SAN y PP con las propiedades de estructura honeycomb, resisten la fuerza de un parachoques convencional sin romper.

La conclusión que se extrae del proyecto es que producir un parachoques con estructura honeycomb de SAN de un grosor $h \geq 3,5 \text{ mm}$ mejora la seguridad del vehículo al mismo tiempo que se reduce la cantidad de plástico para fabricar parachoques, aunque no se cumplen todos los objetivos ya que se mantiene la huella de CO₂ y el coste energético del componente (*Figura 4*).

5. Bibliografía

[1] Stewart, R., Goodship, V., Guild, F., Green, M., & Farrow, J. (2005). Investigation and demonstration of the durability of air plasma pre-treatment on polypropylene automotive bumpers. *International Journal of Adhesion and Adhesives*, vol. 25, p. 93-99.

[2] M.F. Ashby, *Materials Selection in Mechanical Design*, Fifth Edition, Elsevier, Oxford (UK), 2017.

[3] *Honeycomb y composites S.L. (2018)*

<http://empresite.eleconomista.es/HONEYCOMB-COMPOSITES.html> [Consulta: 25/04/2018]

[4] J. Gibson, L., & F. Ashby, M. (2001). *Cellular solids*. (D. R. Clarke, S. Sutrsh, & I. M. Ward FRS, Eds.) (Second Edition). Cambridge University Press, Cambridge (UK).

6. Anexos

6.1 Condiciones de contorno y índice de material

Tabla 1. Condiciones de contorno

Función	Panel a flexión	
Restricción	Alta resistencia $M \leq Ze * \sigma_{LE}$	
Objetivo	Coste mínimo	Masa mínima
Variable libre	$h = \left(\frac{6 * Ze}{b}\right)^{1/2}$	
Índice de material a mínimos	$M = \frac{\rho * Cm}{\sigma_{LE}^{1/2}}$	$M = \frac{\rho}{\sigma_{LE}^{1/2}}$

6.2 Gráficos para la selección del material

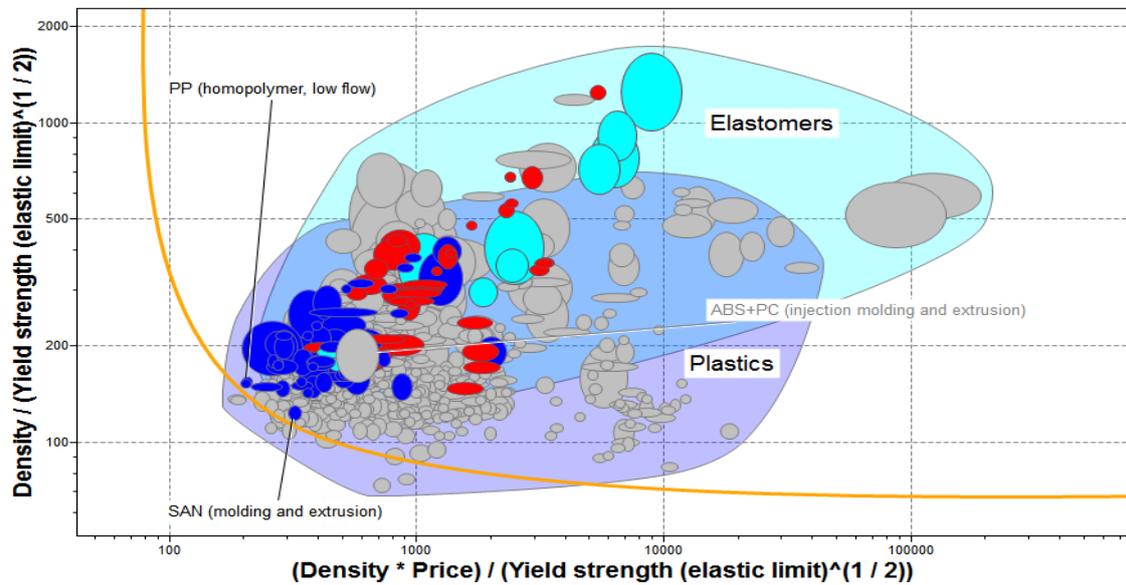


Figura 1. Selección a partir de la superficie de compromiso (sólo se presentan los materiales con excellent polymer extrusion).

6.3 Propiedades materiales honeycomb (Synthesizer)

Tabla 2. Propiedades material convencional vs estructura honeycomb

Propiedades	ABS+PC	PP honeycomb	SAN honeycomb
Grosor parachoques, h (mm)	2,7	5,1	3,5
Límite elástico (MPa)	37,55	10,38	22,55
Tenacidad a fractura (MPa·m ^{0.5})	2,82	0,14	0,15
Peso (kg)	2,25	1,04	0,84

6.3 Esquema dimensional

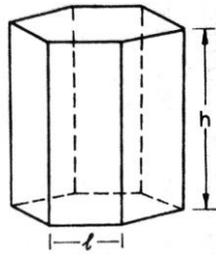


Figura 2 Dimensiones honeycomb

6.4 Análisis de elementos finitos CATIA v5

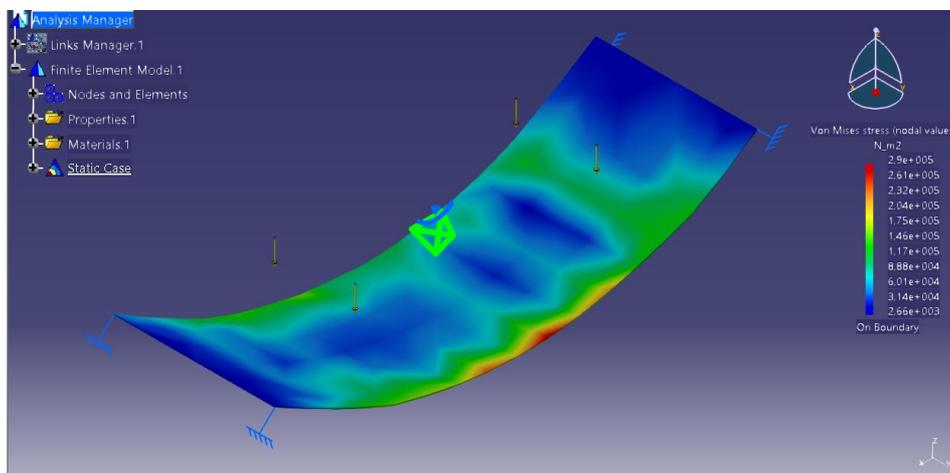


Figura 3. Análisis panel honeycomb de SAN

6.4 EcoAudit

Tabla 2. Comparación energética y de CO₂ de los materiales de estudio

Phase	SAN		ABS+PC	
	Energy (MJ)	CO ₂ footprint (kg)	Energy (MJ)	CO ₂ footprint (kg)
Material	75,3	2,7	241	10,9
Manufacture	5,18	0,388	47,9	3,59
Use	4,21e+06	2,99e+05	4,21e+06	2,99e+05
Disposal	0,169	0,0118	0,45	0,0315
Total (for first life)	4,21e+06	2,99e+05	4,21e+06	2,99e+05

DISEÑO Y TECNOLOGIA AGROINDUSTRIAL

“CHAMBA”

Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia,
Tunja, Colombia

Tutor:

Dra. Lais Mujica Ronceri

Alumno/s:

Javier Esteban Guerrero Guio

Santos Giovanni Mora Peña

David Leonardo Rodríguez Chivata

Resumen

A continuación se muestran los resultados de un proceso de selección de materiales a partir del software CES EduPack para la fabricación de una despulpadora de fruta, teniendo en cuenta las características de la “chamba”: alta acidez, dureza y tamaño. Además se consideran otros factores como lo son la disminución de costos de producción y la densidad de la máquina, por lo tanto surge la idea de intervenir un modelo de despulpadora comercial para lograr remplazar algunas partes hechas de acero inoxidable por un material óptimo que cumpla con las restricciones impuestas y además sea económico.

GRANTA
TEACHING RESOURCES



© Granta Design, 2018
For reproduction guidance, see back page

The Teaching Resources website aims to support teaching of materials-related courses in Design, Engineering and Science.
Resources come in various formats and are aimed primarily at undergraduate education.

Contenido

1. Objetivos	187
2. Planteamiento del Problema	187
3. Solución Propuesta	188
4. Resultados y Conclusiones	189
5. Bibliografía	189
6. Anexos.....	191

1. Objetivos

1.1 Objetivo general

Maximizar la resistencia a la corrosión y al desgaste de una maquina tradicional despulpadora de fruta (la champa), minimizando los costos y la densidad de los materiales empleados.

1.2 Objetivos específicos

Reemplazar el método tradicional artesanal de despulpación de chamba por un proceso mecánico más eficiente.

Sustituir algunos componentes fabricados generalmente en acero inoxidable por materiales menos densos y costosos, por ejemplo los polímeros.

Seleccionar un acero inoxidable más óptimo para realizar el proceso de corte y tamizado considerando los esfuerzos generados en esta sección y el grado de acidez propio de la fruta (corrosión)

2. Planteamiento del problema

El propósito de este proyecto nace a partir de la necesidad de dar solución a los procesos de manufactura actuales que presenta la chamba, una fruta nativa ubicada en la provincia de Lengupá (Miraflores-Boyacá-Colombia). Debido a las características propias de esta fruta (pH menor a 3), su proceso de manufactura se lleva acabo de forma artesanal; esto dificulta el grado de producción y el sostenimiento en los diferentes mercados. Con base en lo anterior se pueden determinar características fundamentales para el proyecto, como lo son la acidez de la fruta y el remplazo de las técnicas artesanales por un dispositivo mecánico que hagan el proceso de manufactura más eficiente y el coste de los materiales más asequible

Para el primer caso, por la acidez de la fruta hay que tener en cuenta la resistencia a la corrosión y al desgaste, de forma paralela para el caso de la cubierta nuestro proyecto se enfoca en la disminución de costos v densidad.

3. Solución propuesta

A partir de las características mencionadas en el ítem anterior el desarrollo del proyecto se dividió en dos secciones: una línea de trabajo está relacionada con las partes que están en contacto directo con la fruta, que implica ataques corrosivos debido a la acidez de la fruta. Estas partes involucran las cuchillas, el rascador y el tamiz. La otra línea de trabajo tiene que ver con la parte que no está en contacto directo con la pulpa de la fruta, es decir la parte superior de la cubierta cilíndrica.

Para la primera parte se hizo énfasis en la selección de un acero idóneo para las cuchillas ya que esta es la parte donde se produce el mayor esfuerzo. Para esta selección se tuvo en cuenta que el resto de partes que se encuentran en contacto directo con la fruta pueden ser del mismo tipo de acero que el de las cuchillas, esto limita las posibilidades de una corrosión galvánica. Las propiedades que más influyen para esta sección son la resistencia a la fractura y la dureza, además se impusieron otros límites como resistencia a distintos medios de corrosión para seleccionar un material con buena durabilidad.

Para la segunda parte se buscó reemplazar el acero inoxidable usado en algunas partes de la máquina, las cuales no están en contacto directo con la pulpa de la fruta, por materiales menos densos y costosos. Para esta selección se tuvo en cuenta que las propiedades mecánicas del polímero fueran similares a las del acero.

Por lo tanto las propiedades claves en esta segunda línea de trabajo son: el módulo de Young, la densidad y el precio. En primer lugar se realizó un diagrama de propiedades para relacionar el módulo de Young y la densidad de todo el universo de materiales, luego se ubicaron los aceros inoxidable más usados en esta industria y se determinó su relación E/ρ (modulo específico), a partir de este valor a continuación se realizó otro diagrama: E/ρ vs C_m . Finalmente se aplicaron diferentes límites: que el material fuera un polímero termoplástico, su precio fuera máximo 8000 COP/Kg, su módulo de Young fuera mayor a 20 GPa y su densidad fuera menor a 2000 Kg/m³.

4. Resultados y Conclusiones

Para la primera línea de trabajo luego de implementar la información del software se seleccionaron dos materiales que cumplen con las restricciones impuestas de acuerdo a la funcionalidad de las piezas que están en contacto directo con la fruta y sus agentes corrosivos, se encontró que el material más óptimo para esta sección de la maquina es acero AISI 304 LN debido a que partir de restricciones como su durabilidad en diferentes medio corrosivos, sus propiedades son más adecuadas en comparación al acero AISI 304:

VARIABLES	AISI 304 L	AISI 304 LN
Cm (COP/Kg)	7530	7530
ρ (kg/m ³)	7800	7900
KIC (MPa.m ^{1/2})	70	70
CO ₂	4,31	4,31
DUREZA (HV)	210	217
PREN	20	22,6
Resistencia ácidos orgánicos	MODERADO	BUENO

Se puede observar que estos dos materiales tienen propiedades similares en cuanto a diferentes propiedades, sin embargo el AISI 304LN presenta una mejor resistencia a los ácidos orgánicos, lo cual es de vital importancia ya que es nuestra principal restricción debido a los niveles de pH presentes en la fruta y a que estas piezas están en contacto directo con la fruta.

Para el caso de nuestra segunda línea de trabajo se pudieron hallar 2 materiales que cumplían con todas las restricciones impuestas (polímero termoplástico, precio máximo 8000 COP/Kg, módulo de Young mayor a 20 GPa y densidad menor a 2000 Kg/m³) además de tener una relación E/ ρ similar a la de los aceros inoxidables más típicos para esta aplicación. Los dos materiales preseleccionados fueron PET (60% de fibra de vidrio) y PA66 (60% de fibra de vidrio), la selección final tuvo en cuenta los siguientes aspectos:

Variables	PA66	PET
Cm (COP/Kg)	7650	7960
ρ (Kg/m ³)	1680	1890
E (GPa)	22,5	21,2
CO ₂ (Kg/Kg)	4,32	5,23

Debido a la información de la anterior tabla se llegó a la conclusión de que el material sustituto para la cubierta móvil es el PA66, cumple con todas las restricciones y además presenta unos valores de propiedades mejores que el PET.

5. **Bibliografía**

Villachica, H., 1996. Frutales y Hortalizas promisorios del Amazonas. Tratado de Cooperación Amazónica, Secretaría Pro Tempore, Lima, pp. 181–185.

Garzón, C. y F. Barreto. 2002. Campomanesia lineatifolia Ruiz & Pav. En Colombia. En: Libro de Resúmenes del Octavo Congreso Latinoamericano y Segundo Congreso Colombiano de Botánica. Etnobotánica y Botánica económica. p. 315.

Balaguera, E. (2011). Estudio del crecimiento y desarrollo del fruto de champa (Campomanesia lineatifolia R & P) y determinación del punto óptimo de cosecha (tesis de posgrado, Magister en Ciencias Agrarias). Universidad Nacional de Colombia, Bogotá D.C., Colombia.

National Kwikmetal Service. (2015) Acero inoxidable 304 y 304L. Disponible en: http://www.nks.com/es/distribuidor_de_acero_inoxidable/acero_inoxidable_304.html

Padilla, E. (1999). Aplicaciones de los aceros inoxidables. Revista del Instituto de Investigación (RIIGEO), FIGMMG-UNMSM. Vol. 2 (N.º 03). Pág. 2-7.

Herrera, I. (2016) Una aleación de níquel potencial sustituto del acero inoxidable. Revista de Ingeniería Dyna. Disponible en: <https://www.dyna-energia.com/resena-de-libros/una-aleacion-de-niquel-potencial-sustituto-del-acero-inoxidable>

Moreira, W. (1999). Materiales compuestos de matriz acero inoxidable austenítico reforzado con intermetálicos: comportamiento mecánico, a corrosión y desgaste. (Tesis doctoral). Universidad Carlos III. Madrid, España. Departamento de ciencia de materiales e ingeniería metalúrgica.

Tirira, L. 2014. Diseño y construcción de una máquina despulpadora de frutas. (Tesis de posgrado). Escuela superior politécnica de Chimborazo. Riobamba – Ecuador.

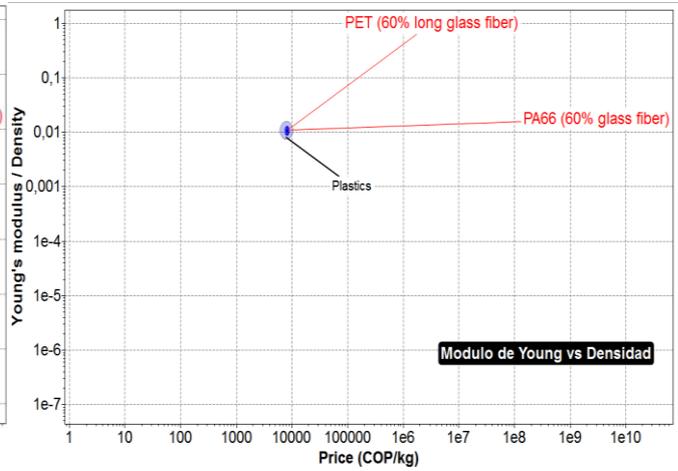
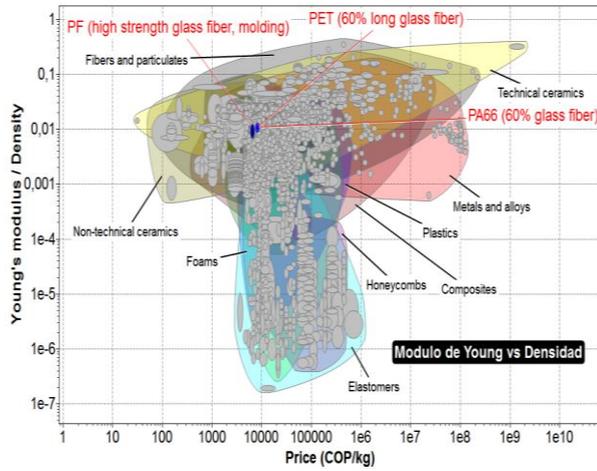
Carpio Calderón, J. L., & Zea Chavez, R. A. (2017). Diseño y Construcción de una Despulpadora de Flujo Horizontal Continuo y su Evaluación en la Obtención de Pulpa de Guayaba Concentrada (Psidium Guajava L.). Universidad Católica de Santa María.

González, O y Santos, G. (2003) Evaluación del grado de sensibilización en el acero inoxidable AISI 304. Revista metalúrgica. Volumen. Extra. Pág. 80-85.

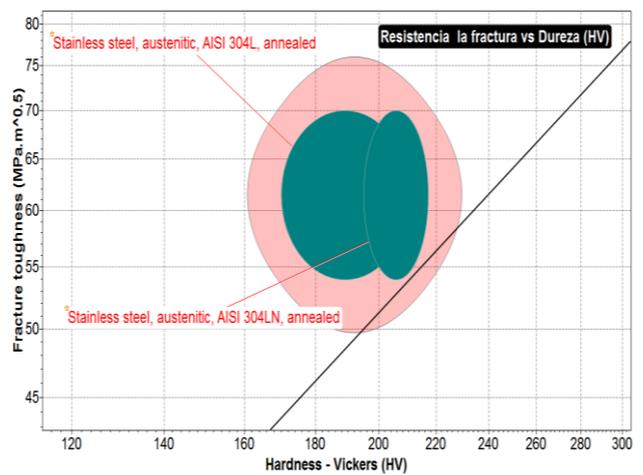
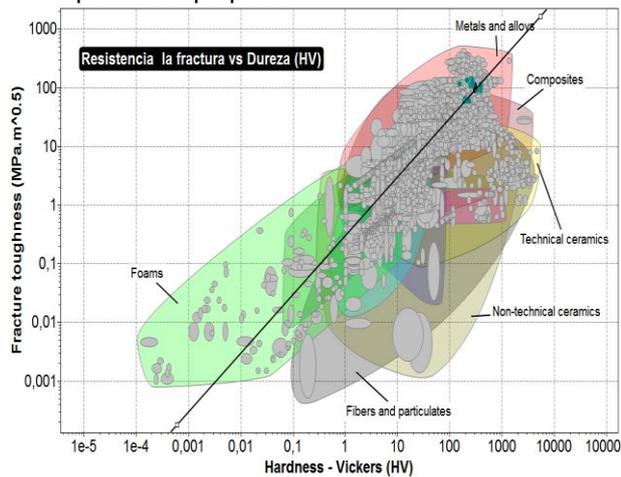
6. Anexos

Diagramas finales

-Cubierta móvil



-Cuerpo de desulpación



-Graficas de comparación huella de carbono entre PA66 y AISI 304



	CO2 (kg/year)
Equivalent annual environmental burden (averaged over 1 year product life):	4,55

	CO2 (kg/year)
Equivalent annual environmental burden (averaged over 1 year product life):	4,14

PA66 (derecha) AISI 304 (izquierda)

Diseño de Materiales para Almacenamiento de Energía y Protección del Celular

Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia,
Tunja, Colombia

Tutor:

Martin Emilio Mendoza Oliveros

Alumno/s:

Karen Adriana Guaman Bravo
Jessica Natalia Hernández Pineda

Resumen

Este proyecto tendrá como propósito diseñar y seleccionar materiales para la fabricación de un forro para celular que resista impactos, que a su vez cuente con un sistema para el almacenamiento de energía solar; este accesorio cumple con los requerimientos básicos para el cuidado y funcionamiento correcto del equipo, tales como el suministro de energía fotovoltaica y la protección de la pantalla y partes en general del dispositivo sin alterar las funciones del celular.



Contenido

1. Objetivos.....	193
2. Planteamiento del Problema	193
3. Solución Propuesta.....	194
4. Resultados y Conclusiones	195
5. Bibliografía.....	196
6. Anexos.....	197

1. Objetivos

- Diseñar y seleccionar materiales para la fabricación de un forro para celular que resista a impactos.

- Seleccionar un material que cumpla con las propiedades necesarias para el almacenamiento de energía y construcción de un panel solar.

- Maximizar y minimizar propiedades de interés con el fin de obtener los materiales adecuados en base a su uso.

- Adquirir dominio del programa Ces Edupack

2. Planteamiento del problema

En la actualidad la tecnología y la comunicación han convertido el uso del celular como algo indispensable lo que requiere un consumo excesivo de energía eléctrica, sin embargo, la batería de los celulares se agota rápidamente. Por tal razón es notoria la necesidad de la búsqueda de energías renovables que faciliten y proporcionen electricidad al equipo con un alto porcentaje de eficiencia, las cuales permiten reducir costos y contribuir al cuidado del medio ambiente

Por otra parte, debido al uso constante del teléfono celular este está expuesto a caídas que en la mayoría de los casos ocasiona la pérdida total del equipo; aunque existen protectores de pantalla como el vidrio templado este es muy frágil, por lo cual es necesario la búsqueda de un material de baja densidad, pero con alta resistencia al impacto, que ayude a proteger el celular y con ello disminuir el gasto en reparaciones o compra de nuevos equipos.

Por lo antes expuesto, en este contexto, se hace necesario determinar ¿Cuáles materiales satisfacen las propiedades y características para la construcción del panel solar ubicado en la parte trasera del celular y protector de pantalla del equipo?

3. Solución propuesta

Como parte de la sección tres, se hablará de la solución a la problemática planteada en la sección dos, la cual busca un material con alta conductividad térmica pero una baja resistividad eléctrica, esto en base al material utilizado comercialmente para la construcción de células fotovoltaicas (Silicio). A lo largo de la solución de esta problemática se estableció como prioridad el precio y **densidad** del material, así como criterios inherentes tales como la flamabilidad, tenacidad a la fractura, punto de fusión, módulo de Young, grado de toxicidad y resistencia a la corrosión (ver Tabla 1).

Para seleccionar un material que sea óptimo y eficiente se máximo el precio en función de la capacidad de calor específico, antes de aplicar dicha función se establecieron los materiales que a simple vista no cumplían con los parámetros de criticidad establecidas, limitando nuestro ámbito de estudio. Para el diagrama (Figura 1) se utilizó el índice de criticidad que establece el almacenamiento de energía a largo plazo, este índice es la pendiente de la gráfica del costo (unidad de material) por máxima energía almacenada, la ecuación 1 mostrada en la sección de anexos expresa el índice de minimización, el cual se utilizó con el fin de minimizar estos dos parámetros.

Con respecto al otro parámetro de estudio, fabricación del protector de pantalla resistente a la fractura, se utilizaron las herramientas de trabajo Tree; limit y caja de selección, estableciendo los criterios de selección tales como: Densidad, precio, límite elástico, tenacidad a la fractura, tipo de aditivo y como propiedad más relevante la calidad óptica, con el fin de buscar el material con una alta transparencia (ver Tabla 2). Por otra parte, se restringió la tenacidad a la fractura en función de la densidad. Es importante mencionar, que para establecer los criterios mencionados anteriormente se tuvo como referencia el material comercialmente utilizado para la protección de la pantalla de celular, vidrio templado (ver Figura 3).

4. Resultados y Conclusiones

De acuerdo con los lineamientos presentados en la sección tres se obtuvo una serie de materiales que cumplían con los parámetros establecidos para la selección del material utilizado para la construcción del panel solar, es importante mencionar que aunque un alto índice de los materiales cumplían con las características y propiedades generales propuestas en base a la mejora del material de referencia, fue necesario realizar un estudio más a fondo de las propiedades de cada material, donde se evidencio parámetros tales como el índice de toxicidad, el cual limitaba el contacto directo de este con la piel, como es el caso del berilio.

Otro material que cumplía con los parámetros establecidos era el magnesio, sin embargo, este material puro tiene una alta afinidad con el oxígeno de acuerdo a los diagramas de Ellingham, donde este material se encuentra en la parte inferior de la gráfica lo que nos indica que es altamente corrosivo. Por tal razón y con el uso de las herramientas de CES EduPack se aplicó como límite para los materiales ya preseleccionados una alta resistencia a la corrosión y muy baja toxicidad. Como se puede observar en la Figura (2), el material que cumplió con todas las restricciones propuestas fue el **Magnesium AE 42, cast F**, sus características y propiedades se adjuntan en los anexos.

En cuanto a la selección del material a utilizar para la construcción del protector de pantalla con la aplicación de los límites se obtuvo el **PC (low viscosity, molding and extrusion, flame retarded)**, este material fue el único que cumplió con todos los filtros y límites, siendo uno de los materiales con menor densidad, alta tenacidad y un costo asequible para gran parte de la población (ver Figura 4).

Luego de la selección de los dos materiales Magnesium AE 42, cast F para la construcción del panel solar ubicado en la parte trasera del equipo y el PC (low viscosity, molding and extrusion, flame retarded) para la fabricación del protector de pantalla, se puede decir, que estos materiales al tener baja densidad y un costo moderado pueden competir en el mercado global, ofreciendo al consumidor un producto de alta calidad.

5. Bibliografía

- [1] **Díaz, Javier Cmello & Joaquín. 2008.** *Diseño e implementación de un cargador solar para dispositivos portátiles*. Bogotá: Universidad de San Buenaventura, Facultad de Ingeniería Electrónica, Programa de Ingeniería Electrónica, 2008.
- [2] **Raya, Antonio. 2014.** Cargadores solares, ¿realmente funcionan? *Lenovo Intel*. [En línea] 25 de Septiembre de 2014. [Citado el: 2018 de Marzo de 9.] <https://www.bloglenovo.es/cargadores-solares-realmente-funcionan/>.
- [3] **Eduardo, Lorenzo. 2014.** *Ingeniería fotovoltaica*. s.l.: Progensa, 2014. 8495693321, 9788495693327.
- [4] **Barrera, Manuel Fernández.** *Energía Solar: Electricidad Fotovoltaica*. Madrid, España: Liber Factory. 8499490816, 9788499490816.
- [5] **Eduardo, Lorenzo. 2014.** *Ingeniería fotovoltaica*. s.l.: Progensa, 2014. 8495693321, 9788495693327.
- [6] **González, Jaime. 2013.** Una lámina que transforma el celular en un panel solar. *BBC MUNDO*. Copyright, 2013.
- [7] **Cervantes, Martha Elena Ibargüengoitia. 2004.** *Química en microescala: manual de experimentos de química*, México: Universidad Iberoamericana, 2004. 9688594997, 9789688594995.
- [8] **CID, MIKEL. 2015.** XATAKA MÓVIL. [En línea] 17 de Noviembre de 2015. [Citado el: 14 de Marzo de 2018.] <https://www.xatakamovil.com/mercado/de-la-lamina-de-plastico-al-vidrio-templadopara-proteger-las-pantallas-de-nuestros-moviles>.
- [9] **Chemillier, Pierre. 1980.** *Industrialización de la construcción: los procesos tecnológicos y su futuro*. Barcelona, España: Reverte, 1980. 8471462117, 9788471462114.
- [10] **Groover, Mikell P. 1997.** *Fundamentos de manufactura moderna: materiales, procesos y sistemas*. México: Pearson Educación, 1997. 9688808466, 9789688808467.

6. Anexos

SELECCIÓN DEL MATERIAL PARA EL PANEL SOLAR

Tabla 1. Criterios de restricción Panel solar (Precio VS. Capacidad calorífica específica)

CLASIFICACIÓN	CRITERIO	RESTRICCIÓN
Durabilidad	Flamabilidad	No flamable
	Agua (fresca)	Excelente
Propiedades mecánicas	Módulo de Young (mínimo)	140 GPa
Propiedades térmicas	Punto de fusión (mínimo)	1000 °C
	Conductividad térmica (mínimo)	140 W/m °C
Propiedades eléctricas	Resistividad eléctrica (máxima)	1e10
Propiedades físicas	Densidad (máxima)	2300 Kg/ m ³
Propiedades de impacto y fractura	Tenacidad a la fractura (mínimo)	4.6 MPa.m ^{0.5}

Fuente Autores (Basado en base de datos CES Edupack)

INDICE DE CRITICIDAD: Para el diagrama de la Figura 1 se utilizó el índice de criticidad que establece el almacenamiento de energía térmica a largo plazo (Long-term thermal energy storage). Este índice es la pendiente de la gráfica del costo (unidad de material) por máxima energía almacenada.

$$\text{Long-term thermal energy storage} = CmCp \quad (1)$$

Donde Cm es el costo del material y Cp es la capacidad de energía específica. La ecuación (1) expresa el índice de minimización. De acuerdo a esta ecuación se deduce que la pendiente de la línea es 1.

Figura 1. Precio vs. Capacidad calorífica específica (Panel solar)

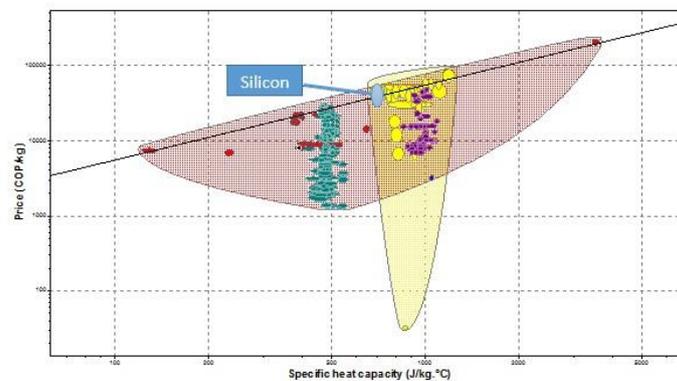
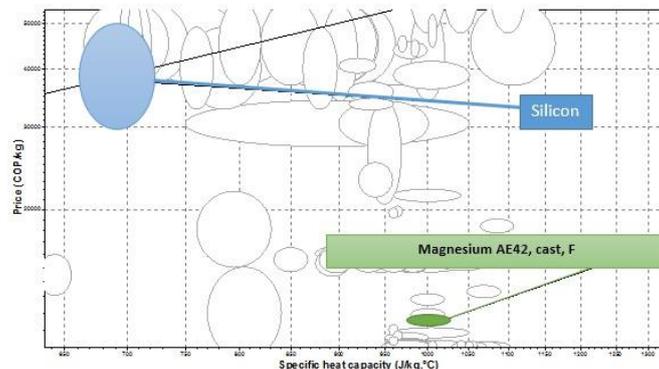


Figura 2. Material seleccionado panel solar



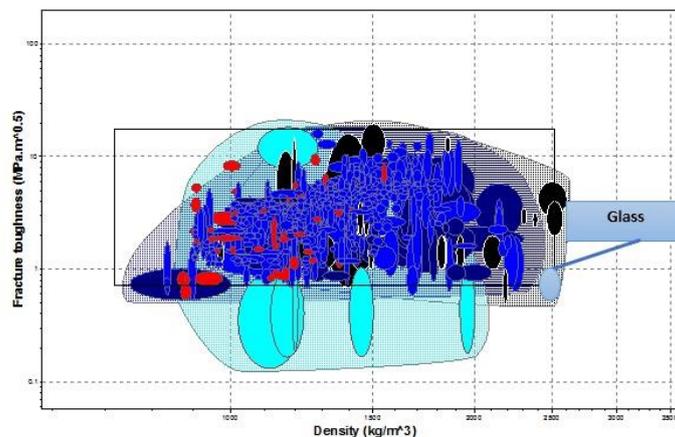
SELECCIÓN DEL MATERIAL PARA EL PROTECTOR DE PANTALLA

Tabla 2. Criterios de selección protector de pantalla (Tenacidad a la fractura VS. Densidad)

CLASIFICACIÓN	CRITERIO	RESTRICCIÓN
Resumen de composición	Familia de materiales	Plástico(termoplástico, semicristalino, amorfo, termoestable)
		Elastómero (termoplástico, TPE, termoestable, goma)
		Vidrio
	Aditivo	Retardante de llama Estabilizador UV
Precio	Máximo	30000 COP/Kg
Propiedades físicas	Densidad (máximo)	2220 Kg/ m ³
Propiedades mecánicas	Limite elástico (mínimo)	45MPa
Propiedades de impacto y fractura	Tenacidad a la fractura (mínimo)	0.55 MPa.m ^{0.5}
Propiedades térmicas	Conductividad térmica (máximo)	0,218 W/m.°C
Propiedades magnéticas	Tipo de magnetismo	No magnético
Propiedades ópticas	Transparencia	Calidad óptica y transparencia

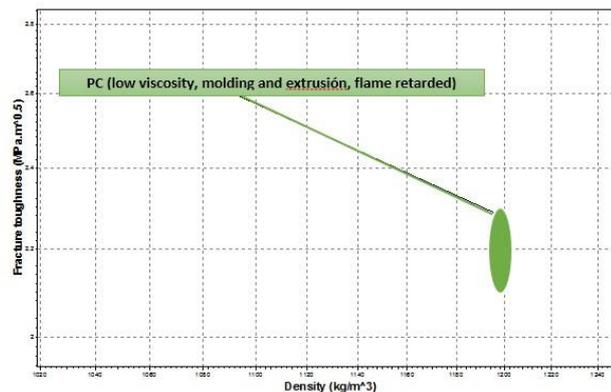
Fuente Autores (Basado en base de datos CES Edupack)

Figura 3. Tenacidad a la fractura VS. Densidad (Protector de pantalla)



Fuente CES Edupack

Figura 4. Material seleccionado protector de pantalla



Selección de materiales para el uso de ballestas en vehículos pesados

Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia,
Tunja, Colombia

Tutor:

Sara Mercedes Barroso

Alumno:

Katherin Julitssa González Sarmiento

Resumen

Las hojas tipo ballesta son tradicionales y ampliamente utilizados en vehículos terrestres, éstos deben su vigencia a la capacidad de carga y su comportamiento al tipo de terreno. Ya que este material carece de la capacidad de absorber energía elástica de una manera rápida, generando molestia y sensación de rigidez al usuario. Además, de transmitir las vibraciones a otros componentes del sistema, afectando la integridad de toda la estructura. De acuerdo a esto, se recurre al programa de CES EduPack, para analizar y seleccionar el material para las hojas que absorba de manera apropiada las vibraciones del terreno. Al final del proceso se deberá obtener un material característico que mejore las propiedades del servicio.

GRANTA
TEACHING RESOURCES



© Granta Design, 2018
For reproduction guidance, see back page

The Teaching Resources website aims to support teaching of materials-related courses in Design, Engineering and Science. Resources come in various formats and are aimed primarily at undergraduate education.

Contenido

1. Objetivos	200
2. Planteamiento del Problema	200
3. Solución Propuesta	201
4. Resultados y Conclusiones	202
5. Bibliografía	202
6. Anexos.....	204

1. Objetivos

OBJETIVO GENERAL:

Seleccionar un material para el diseño óptimo de las hojas de ballesta empleadas en suspensión automotriz, teniendo en cuenta la respuesta dinámica vehicular para unas condiciones de carretera y manejo específicas por medio del programa CES EduPack.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Evaluar las condiciones de confort y maniobrabilidad durante el servicio para el cual, la ballesta presentara una incidencia relevante.
- Obtener un material resistente que sea aplicable a cualquier modelo de suspensión vehicular para ser sometido a actividades comerciales de carga.

2. Planteamiento del problema

La operación de los vehículos de carga en terreno colombiano impone requerimientos exigentes por las condiciones de infraestructura vial y geográfica, que pueden variar significativamente respecto a las condiciones de otros países. Uno de los sistemas que más efecto tiene sobre la respuesta de los vehículos terrestres frente a las condiciones del terreno es la suspensión y se relaciona de forma directa con aspectos como el confort dinámico, la maniobrabilidad y el desempeño. Esto se debe a que la suspensión es responsable de mantener el contacto de las llantas a la superficie de la vía, del aislamiento de las vibraciones producidas por las irregularidades del terreno, de la respuesta de los ángulos de inclinación y de resistir la rotación del chasis en sus ejes longitudinal y lateral, entre otras. A la fecha no existe un procedimiento ampliamente utilizado o estandarizado, que ayude a la ruptura de las ballestas de un sistema de suspensión. Bajo esta problemática surge la necesidad de seleccionar un material para la suspensión de vehículos de carga, que considere el régimen de operación del vehículo, las condiciones a las que se someterá, la dinámica, el comportamiento estructural y la robustez, entre otros. Este proyecto busca la selección de un material para ballesta en vehículos de carga que operan en Colombia por medio del programa CES EduPack. Para esto, se caracterizan las variables de rigidez y amortiguamiento, como los requerimientos de operación vehicular en el país.

3. Solución propuesta

En la actualidad casi todas las ballestas están fabricados en aceros al cromo tales como el SAE5160H. El sistema de suspensión, busca mejorar las condiciones de operación vehicular en carreteras variadas que aumentara el nivel de confort para los ocupantes del vehículo, también se lograra permitir que un mismo vehículo tenga un excelente desempeño en distintos tipos de caminos, de esta manera se puede evitar que el vehículo se estropee al transitar por caminos de segundo o tercer orden. Otra aplicación importante que se destaca en este tipo de sistema de suspensión, es que no varía su altura a pesar de la carga a la que es sometido el automotor, generando de esta manera mayor seguridad en la conducción. El desarrollo de este proyecto es importante, ya que la suspensión controlada puede revolucionar tanto el confort como la seguridad de los ocupantes de un automotor, y además puede ayudar a que la carga llegue en óptimas condiciones a su destino. Dentro de este contexto el objetivo de la suspensión es mantener el auto lo más estable posible; a simple vista, tener las cuatro ruedas a la misma altura respecto al piso en cualquier situación, logrando un aumento de estabilidad del vehículo. Con el fin de obtener un impacto industrial, académico y social con el diseño de este tipo de materiales, se desarrollará un material que corresponda a las necesidades técnicas y métodos en la implementación del sistema de suspensión, brindando una herramienta que permita consolidar los conocimientos en el área de los sistemas automotrices del automotor. Se realizó un estudio del problema a los muelles de ballesta, que permitió obtener los parámetros que más influyen y se observa que los esfuerzos más grandes se dan en los extremos de la hoja maestra; esto se debe a que esa zona por su geometría soporta una mayor deformación, y por esto, es más propenso a sufrir alguna fractura o mayor desgaste. En este orden de ideas, se obtiene un material tipo compuesto para ballestas, que responden a las necesidades dinámicas del sistema. Por medio del programa CES EduPack, se realizaron los diagramas para el estudio de factibilidad y viabilidad en cuánto a las propiedades mecánicas y físicas de las hojas de ballestas, tales como la fuerza de flexión, índice de ruptura; dureza, tensión, elongación, fatiga, limite elástico y compresión. Los datos obtenidos, evidencian que el material PEEK (polieteretercetona), es un material termoplástico con un refuerzo de fibra de carbono que aumenta su resistencia a la tracción hasta valores muy elevados, antes reservadas únicamente a metales. El material seleccionado se comporta eficientemente en condiciones de carga dinámica; Además, se tiene excelentes propiedades mecánicas que lo hacen atractivo para ser empleado para el fin que se busca, índice de elasticidad de 2000 MPa, resistencia a la ruptura 80 MPa.m^{0.5}, densidad 2200 Kg/m³, módulo de young's 200GPa, compresión 1000 MPa, resistencia a la tensión 2500 MPa, elongación 2%, además, presenta un mínimo índice de inflamación y en caso de hacerlo, la emisión de humos es escasa y con productos no tóxicos. Resiste a casi todos los agentes químicos, incluso a temperaturas altas, buena estabilidad dimensional, bajo coeficiente de fricción, buena resistencia a la abrasión.

4. Resultados y Conclusiones

El material seleccionado para la fabricación de ballestas, plásticos de ingeniería reforzados con fibras de carbono, representan un desafío en el desarrollo tecnológico de éste sistema, desplazando a los metales, materia prima en la fabricación de las ballestas, en la actualidad. Poliéter-éter cetona PEEK, material representativo de altas propiedades mecánicas y físicas, Densidad 1,32 g/cm³, elongación en punto de fluencia 95MPa, resistencia a la rotura por alargamiento 25%, módulo de elasticidad a la tracción 3000 MPa, módulo de elasticidad a la flexión 4100 MPa, en comparación con el acero 5160H manifestando una densidad de 7740 g/cm³, elongación en punto de fluencia 1130 - 1550 MPa, resistencia a la rotura 80 Kg/mm y un alargamiento 25 %, módulo de elasticidad a la tracción 185 MPa, módulo de elasticidad 263.68 MPA. Por otro lado, las fibras de carbono representan una buena alternativa para la fabricación de ballestas, desde una mirada a los materiales compuestos que mejoran las propiedades mecánicas y tribológicas de una matriz termoplástica de poliéter-éter cetona PEEK, en estos sistemas dinámicos y de carga. Son plásticos de ingeniería de muy altas prestaciones, capaces de reemplazar con éxito a todos los metales. La carga de fibras de carbón, le dan al PEEK como resultado un producto con una resistencia mecánica muy elevada, bajo coeficiente de fricción y resistencia al desgaste muy mejorada, haciéndolo adecuado para aplicaciones en las hojas de ballestas. Este compuesto es el desarrollo más reciente en el campo de los materiales compuestos siguiendo la idea de que uniendo fibras sintéticas con varias resinas, se pueden lograr materiales de baja densidad, muy resistentes y duraderos. Su resistencia es casi 3 veces superior a la del acero, y su densidad es 4,5 veces menor. Otras propiedades muy apreciables son la resistencia a la corrosión y un excepcional comportamiento a la fatiga, desgaste e impacto y su gran elasticidad. Este material ofrece una solución para el problema de refuerzo estructural. En comparación con sistemas tradicionales de reforzamiento de acero, utilizar el PEEK reduce el tiempo y espacio de ejecución, con la ventaja de adaptarse a la geometría de las ballestas. Trabaja a tensión para reforzar estructuras cuando falta acero, y brinda mayor resistencia que el acero convencional. El PEEK es un material ampliamente extendido en el mundo industrial que, poco a poco, se ha ido introduciendo en el mundo y está globalmente regida por estándares medioambientales y de seguridad, el PEEK es uno de los principales candidatos a sustituir estos materiales tradicionales ya que no sufre cambios en el comportamiento mecánico a más de 150°C, y mantiene su funcionalidad hasta después de 5000 horas de trabajo a 260°C. Otra de las principales características que convierten al PEEK en un material idóneo, es su gran resistencia a desgaste y bajo coeficiente de fricción, que permite realizar piezas de ballestas. Está demostrado que el PEEK cumple estos requisitos mejor que otros polímeros e incluso metales, mejorando la resistencia mecánica y a fatiga a altas temperaturas, con alta rigidez y dureza, flexibilidad en el diseño, ya que se pueden fabricar por inyección en molde con gran precisión. En un mercado como el de los transportes, con una demanda cada vez mayor de ahorro en costes, consumo y contaminación, el PEEK se presenta como una solución factible que cumple estos requisitos. Estas normativas tienen como objetivo reducir al máximo el consumo de energía de los vehículos.

Por otro lado, el PEEK puede ser reciclado, reduciendo el consumo y contaminación. Gracias a la capacidad de deformación y absorción de energía del PEEK, permite desarrollar nuevos sistemas de protección frente a impacto en vehículos de transporte terrestre. Estas protecciones pueden estar orientadas a proteger piezas importantes de los mismos o a la salud de los usuarios.

BIBLIOGRAFIA

- (1) A. Vilorio, H. Hernandez , Y. Arango, A. Jimenez y H. Mendoza, «Mejoramiento del Proceso de Granallado para Resortes de Ballesta Utilizando Medicion de Esfuerzos Residuales por Difraccion de Rayos X,» Ingenieria e Investigacion, vol. 24, nº 003, pp. 33-40, 2004.
- (2) E. H. Judd, "Spring Design Manual," in Spring Design Manual, Warrendale PA, SAE International, 1996, pp. 43,44.
- (3) M. A. Calle, D. Barrios Benitez, N. Batista de Lima y E. Gonzalves, «Importance of considering a material micro-failure criterion in the numerical modelling of the shot peening process applied to parabolic leaf springs,» Latin American Journal of Solids and Structures, vol. 7, pp. 21-40, 2010

6. Anexos

La figura 1. Muestra una relación entre el porcentaje de la carga y la vida estimada en kilómetros del resorte de ballesta. Se observa el nivel de daño que se obtiene con las condiciones de terreno dadas. El valor de 1 representa el valor máximo de la carga, esto significa una situación de máxima carga en el vehículo en el momento que pasa por la cresta más alta de una irregularidad en el terreno. El valor de 0.5 representa una condición de carga máxima recorriendo una superficie plana (1).

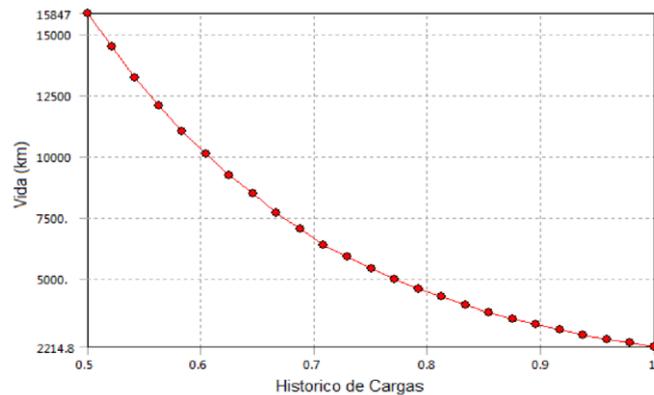
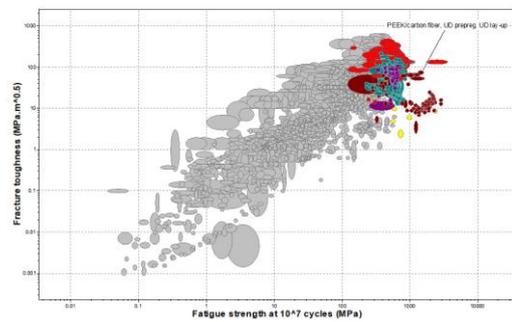
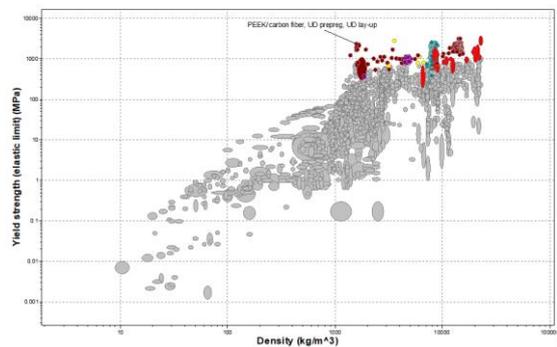
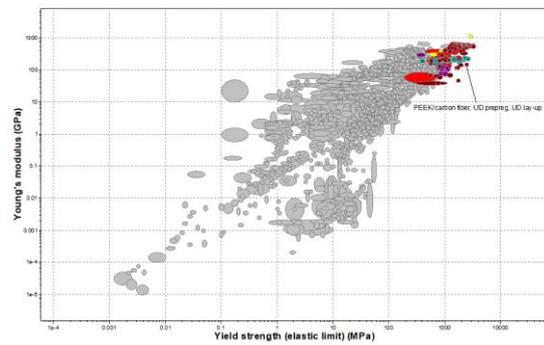
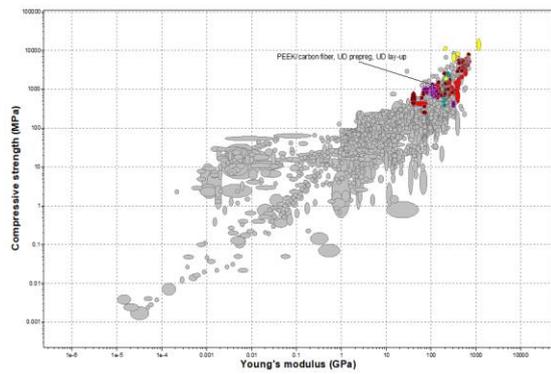
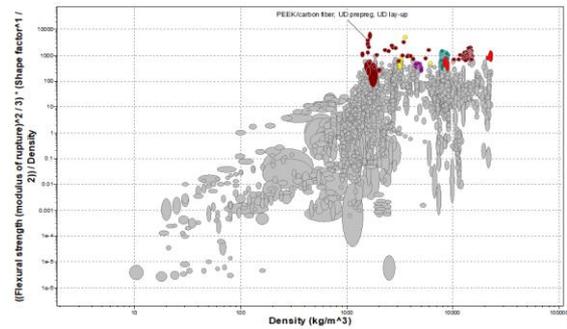
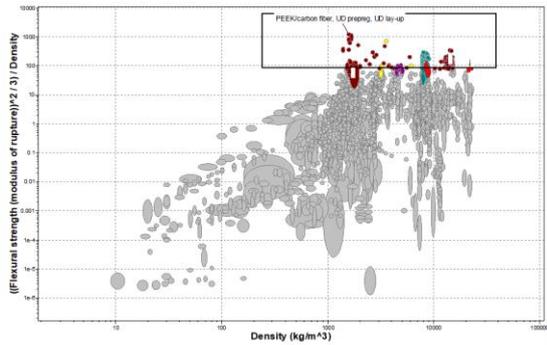
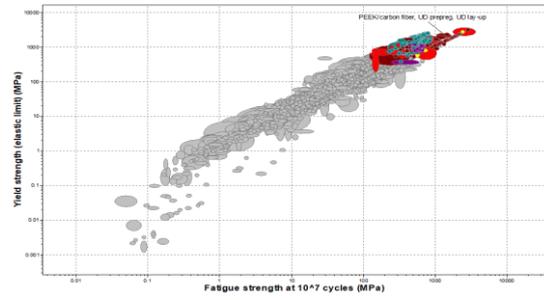
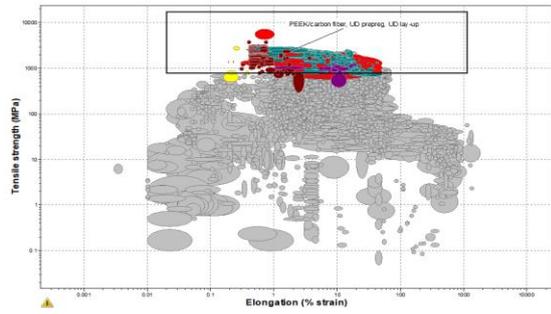


Tabla 1: Composición química promedio del acero 5160H (2)

Composición Promedio							
%C	%Mn	%Si	%Cr	%S	%P	%V	%Mb
0.6	0.75	0.2	0.75	0.04	0.035	0.15	0.2

Tabla 2: Propiedades Mecánicas Acero SAE 5160H (3)

Propiedades Mecánicas Generales	
Dureza	388-461 HB (42-49 HRC)
Resistencia a la Tensión	1300-1700 MPa
Resistencia a la Fluencia	1170-1550 MPa
Reducción de Área	25% Min
Elongación	7% Min
Modulo Elástico	185 GPa
Coefficiente de Poisson	0.3
Densidad	7740 kg/m ³



Materiales para la creación de superficies de mando flexibles en aviones

Universitat Politècnica de Valencia,
Valencia, España

Tutor:

Miguel Ángel Pérez Puig

Alumno/s:

Jacobo Cervera Torralba

Santiago Gómez-Fabra Frasquet

Carlos Navarro Alcañiz

Resumen

Nuestro proyecto se ha basado principalmente en la búsqueda de un material flexible y a la vez resistente que nos permita sustituir las superficies de mando actuales por unas superficies de geometría variable para que el ala este formada de una sola pieza evitando así la irrupción del flujo de aire entre el ala y la superficie de mando, aumentando como consecuencia la eficiencia del ala y reduciendo el consumo del combustible.

GRANTA
TEACHING RESOURCES



© Granta Design, 2018
For reproduction guidance, see back page

The Teaching Resources website aims to support teaching of materials-related courses in Design, Engineering and Science.
Resources come in various formats and are aimed primarily at undergraduate education.

Contenido

1. Objetivos	49
2. Planteamiento del problema	49
3. Solución propuesta	50
4. Resultados y Conclusiones	51
5. Bibliografía	51
6. Anexos	52

1. Objetivos

El principal objetivo de nuestro proyecto es encontrar un material que nos permita reducir la resistencia aerodinámica y como consecuencia de esto conseguir un ahorro en el consumo de combustible.

Para esto tratamos de buscar un material con una alta flexibilidad que nos permita cambiar la curvatura del ala durante el vuelo y que nos permita realizar grandes deformaciones controladas necesarias en las superficies de mando durante el vuelo sin separarse del resto del ala al ser actuadas, es decir, tratar de implementar en el ala unas superficies flexibles de geometría variable, en lugar de utilizar los métodos actuales compuestos de mecanismos pesados y engorrosos de los ensamblajes de alas convencionales. De esta manera pasamos de tener un ala compuesta por diferentes piezas que interrumpen el flujo del aire a tener unas superficies limpias y flexibles que mantienen las partes fijas del ala. Al eliminar las ranuras de la superficie de control se aumenta la eficiencia del ala, mejora la estabilidad y se reduce considerablemente el ruido aerodinámico generado por dichas cavidades al reducir la turbulencia.

2. Planteamiento del problema

Como hemos dicho anteriormente nuestro objetivo era tratar de implementar una superficie de control flexible que nos permita reducir la resistencia aerodinámica y aumentar la eficiencia de las alas. Nuestro problema era básicamente en encontrar un material flexible y a la vez resistente que aguantara la misma cantidad de fuerza que aguantan los alerones actuales. Otro problema al que nos enfrentábamos era la manera de implementar esto en el ala y tratar de buscar un material que sea lo suficientemente flexible para poder alcanzar los ángulos de curvatura que alcanza un alerón normal. Como hay muchos tipos de perfiles de ala y muchos tipos de ala nos decidimos en centrar nuestro proyecto en un modelo de avión concreto que es la Cessna Citation Mustang (Modelo 510) que tienen el ala plana y un perfil de ala (NACA 23014) una vez seleccionado el perfil establecimos como ángulo máximo de curvatura del material 25° para alerones y 40° para los flaps y comenzamos a realizar los cálculos.

3. Solución propuesta

Para llegar a una solución lo primero que se debía determinar era como tenía que funcionar la superficie. Las opciones eran dos, la aerodinámicamente perfecta, en la cual la superficie de mando flexionaba tanto por la parte superior como en la inferior, comprimiéndose uno de los lados y alargándose el otro, pero debido a los altos porcentajes de elongación y compresión, esta solución resultaba inviable (img.2).

Por tanto, decidimos realizar una pequeña separación entre la superficie de control y el ala, en la parte inferior, pero oculta, es decir, el ala y la superficie de mando se superponen y deslizan una sobre la otra dejando la superficie igualmente limpia (img.3).

Una vez decidido esto, comenzamos a realizar cálculos. A partir de los dibujos realizados en Rhino 5, pudimos calcular la deformación que se producía en la parte superior de la superficie de mando, y en la parte superpuesta del ala sobre la superficie de mando (tabla 1).

Seguidamente comenzamos a seleccionar materiales, para ello realizamos un Limit, para descartar materiales. Nosotros consideramos importante que fuera un material excelentemente resistente al agua dulce y la radiación ultravioleta, así como que resistiera temperaturas de 200°C, su densidad fuera similar o inferior a la del Aluminio y no se viera afectado por ácidos débiles y el agua salada. Además, realizamos una selección para composites de matriz polimérica y aleaciones metálicas no ferrosas, a esto le añadimos distintos materiales usados en la actualidad en alas convencionales. Con esto comenzamos a reducir el número de candidatos, que fuimos poniendo en graficas distintas (graph 1, 2 y 3), y comenzamos a decidir.

Conociendo las deformaciones, y una vez investigados los espesores de los recubrimientos en alas, podíamos calcular para cada material tanto la fuerza necesaria para flexionar la superficie de mando, a partir del módulo de flexibilidad, así como el esfuerzo al que se sometía esta superficie (fórmulas 1, 2), dato que finalmente comparábamos con la Resistencia a la flexión de cada material y con la resistencia tras la fatiga a 10^7 ciclos, para poder aprobar el uso del material.

Para conseguir que no hubiera huecos entre los alerones y el ala, a fin de reducir la resistencia aerodinámica, decidimos poner algún tipo de material elástico. Por lo que hicimos una gráfica con los posibles elastómeros de CES EduPack (graph.4) respecto a la resistencia a la fatiga y el límite elástico del material, aplicando límites como buena resistencia a los rayos UV y que no fueran inflamables. Lo que necesitábamos era un material que tuviera un gran porcentaje de tensión, para así poder estirarse hasta los 25° dentro de su límite elástico, y que a su vez se pudiera quedar con la mínima longitud posible cuando el alerón esté en posición completamente horizontal. Por esta razón fuimos descartando materiales con menos de un 100% de incremento de su longitud. Las longitudes necesarias las calculamos por trigonometría a partir de la img.4

Tras este filtro pasamos a estudiar la densidad y el precio, para intentar que el material elegido tuviera las mejores características posibles (Tabla 4).

4. Resultados y Conclusiones

Una vez analizada y explicada la solución mecánica propuesta para las superficies de control, del tipo de avión seleccionado, y analizados los posibles materiales es momento de hacer la selección final del material.

Como referencia a la hora de escoger los materiales, se tuvo en cuenta el material mayormente usado para estas piezas actualmente, el Aluminio 2090 T83, para comparar los pesos, así como el precio de cada pieza.

El grupo de los *composites* de matriz polimérica parecía ser el más apropiado, dentro de este, destacaban 3 materiales en especial, con propiedades próximas e idóneas para nuestra aplicación. Pero había uno que destacaba sobre el resto, el “PEEK/carbon fiber, UD prepreg, UD lay-up”.

Sin embargo, había una diferencia muy notable con el 2090 T83, y se trataba del precio. Para el caso del “PEEK” el precio de un alerón era de 260€ (de material) mientras que el del aluminio era tan solo de unos 60€ (de material). Pero esa diferencia de precio no es tanta, incluso sería más caro el de aluminio, si se tiene en cuenta el coste de todas las piezas necesarias (bisagras, tornillos remaches, refuerzos estructurales...) para que el anticuado sistema funcione. Además, la diferencia en el peso (2,6 kg frente a 4,32kg) es muy interesante, el compuesto es mucho más ligero que la aleación, a lo que habría que añadir las piezas citadas anteriormente. A largo plazo se acabaría amortizando con el ahorro de combustible (que expertos estiman de hasta un 11%) ya que se reduciría el *drag* con el sistema mecánico nuevo y sería de una ligereza superior (Img. 5).

Para el material elástico nos fijamos en el grupo de los elastómeros, ya que presentaban un rango muy amplio en cuanto a tensión se refiere. Buscábamos materiales con la menor densidad posible, pero la mayor resistencia a la fatiga. En cuanto al límite elástico nos decantamos por el porcentaje de elongación que los materiales aguantaban hasta alcanzar ese límite.

Tras utilizar estos parámetros nos decantamos por la silicona (VMQ, heat-cured, fumed silica), que presentaba unas características muy similares a la fluorosilicona (FVMQ), pero con un precio un 96% más bajo (80810 € menor), y con una densidad de 380 kg/m³ menor. En cuanto a sus características mecánicas, ambas son capaces de aguantar un 270% de elongación, frente al 120% del policloropreno, otro de los materiales que tuvimos en cuenta a la hora de hacer la selección. El tener una mayor capacidad de elongación hace que sea capaz de poder estirarse hasta la longitud necesaria, pero utilizando menos material y conservando la elasticidad.

5. Bibliografía

CES EduPack 2017, Excel, CAD programs such as Rhino 5 and Solidworks 2017.

newatlas.com/flexsys-flexfoil-morphing-wing-flaps/30508/

aviationweek.com/blog/nasa-boeing-study-flexible-wing-control

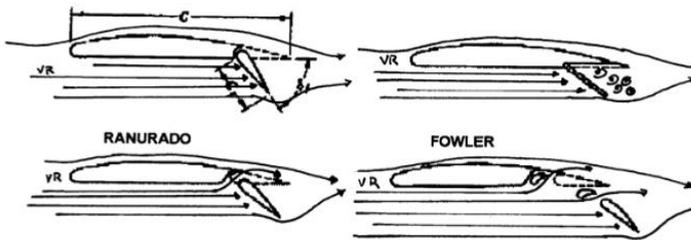
www.moldesymatrices.com/materiales_Aluminio-Litio.htm

www.nasa.gov/feature/improving-aerospace-vehicle-efficiency

www.engadget.com/2016/11/03/mit-and-nasas-flexible-wing-could-be-the-future-of-aviation/

6. Anexos

Img. 1



Img 2.

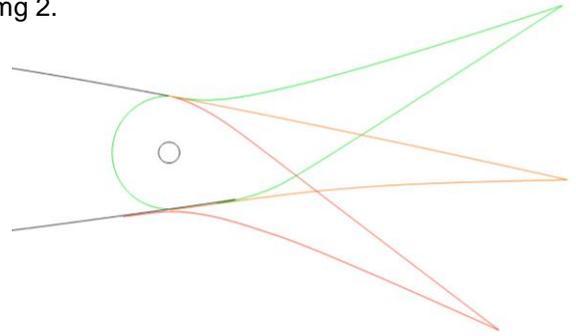


Tabla 1.

25°	f(mm)	L/2 (mm)	L(mm)	
Flap	22	65.4	130.8	16.82%
UP	10.68	68.95	137.9	7.74%
DOWN	26.67	109.94	219.88	12.13%
Dimensiones aleron:		L(mm)	W(mm)	A(m ²)
		2130	390	0.83
Seccion aleron:		b(mm)	h (mm)	
		2130	1	1.3

Img 3.

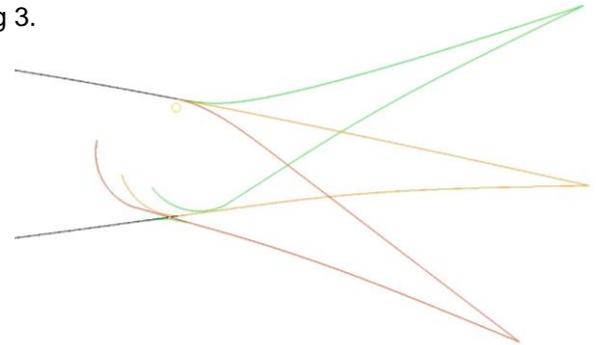


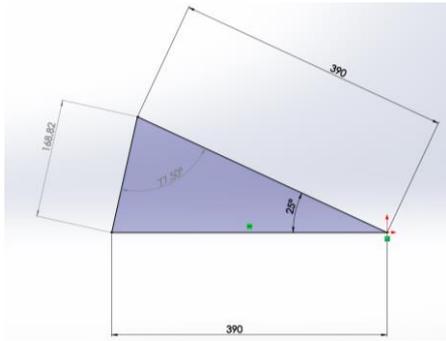
Tabla 2.

Material Aileron 25°	Flex. Modulus (mpa)	Flex. strength (mpa)	F (N)	Flex. strength (mpa)	Validation	UV	Fatigue 10 ⁷ (mpa)	Price €/ kg	Density kg/L
Polyimide/carbon fiber, woven prepreg, biaxial lay-up	62000	738	1325.2	205.21	OK	Excellent	500	143	1.63
PEEK/carbon fiber, UD prepreg, UD lay-up	150000	2410	3206.2	496.47	OK	Excellent	1330	107	1.57
BMI/carbon fiber, UD prepreg, UD lay-up	130000	1710	2778.7	430.28	OK	Excellent	941	101	1.61
Epoxy/carbon fiber, UD prepreg, UD lay-up, 90°	10400	37.4	222.3	34.42	OK	Excellent	35	37.4	1.58
BMI/carbon fiber, woven prepreg, biaxial lay-up	70000	510	1496.2	231.69	OK	Excellent	330	154	1.57
7075, T761 aluminum/aramid fiber, UD composite, 90° lamina	53000	276	1132.9	175.42	OK	Excellent	298	371	2.34
Aluminium 7150 T6151	73600	579	1573.2	243.60	OK	Excellent	150	3.67	2.84
Aluminium 2090 T83	79900	386	1707.9	264.45	OK	Excellent	220	12.4	2.61
Aramid/Epoxi UD	81000	1100	1731.4	268.09	OK	Fair	800	70	1.38
Carbon/epoxi	376000	1890	8037.0	1244.49	OK	Good	1050	210	1.67

Tabla 3.

Material Flap 40°	Flex. Modulus (mpa)	Flex. strength (mpa)	F (N)	Flex. strength (mpa)	Validation	UV	Fatigue 10 ⁷ (mpa)	Price €/ kg	Density kg/L
Polyimide/carbon fiber, woven prepreg, biaxial lay-up	62000	738	5193.15	478.35	OK	Excellent	500	143	1.63
PEEK/carbon fiber, UD prepreg, UD lay-up	150000	2410	12564.07	1157.31	OK	Excellent	1330	107	1.57
BMI/carbon fiber, UD prepreg, UD lay-up	130000	1710	10888.86	1003.00	OK	Excellent	941	101	1.61
Epoxy/carbon fiber, UD prepreg, UD lay-up, 90°	10400	37.4	871.11	80.24	NO	Excellent	35	37.4	1.58
BMI/carbon fiber, woven prepreg, biaxial lay-up	70000	510	5863.23	540.08	NO	Excellent	330	154	1.57
7075, T761 aluminum/aramid fiber, UD composite, 90° lamina	53000	276	4439.30	408.92	NO	Excellent	298	371	2.34
Aluminium 7150 T6151	73600	579	6164.77	567.85	OK	Excellent	150	3.67	2.84
Aluminium 2090 T83	79900	386	6692.46	616.46	NO	Excellent	220	12.4	2.61
Aramid/Epoxi UD	81000	1100	6784.60	624.95	OK	Fair	800	70	1.38
Carbon/epoxi	376000	1890	31493.93	2900.99	NO	Good	1050	210	1.67

Img.4



Img.5

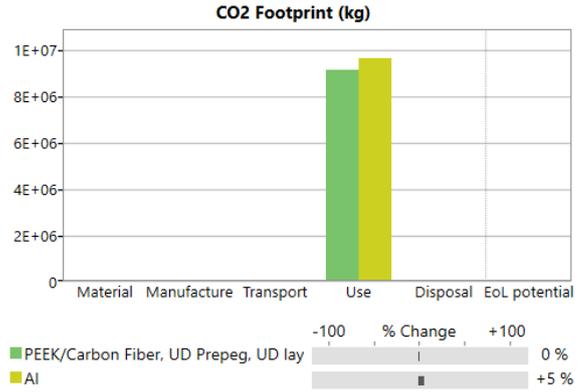


Tabla.4

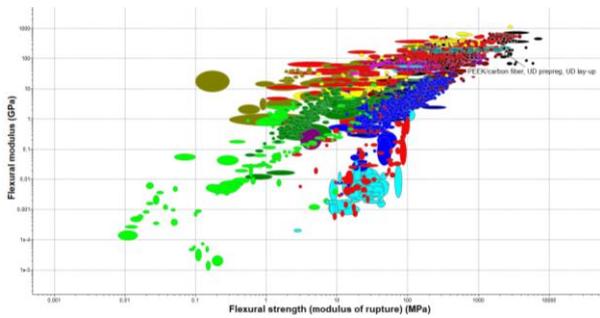
L = Mínima longitud cuando está plegado

	E (Mpa)	increm.L	L (mm)	E*inc.L/L	Yield strngth (Mpa)	MAX %Strain que aguanta
PEKK (30% Carbon fiber)	20700	0,97%	167,2	1,1995347	190	1%
PI (unfilled)	2760	6,85%	158	1,1962506	223	7,50%
PBT general purpose	6500	49,40%	113	28,414911	56,5	50,00%
Polychloroprene	15	111,03%	80	0,2081719	10,5	120%
PEKK (unfilled)	3530	29,86%	130	8,1085562	98	30%
Fluorosilicone (FVMQ, self-cured)	50	267,00%	46	2,9021739	8,2	270%
Silicone(VMQ,heat-cured,fumed silica)	50	237,64%	50	2,3764	7	270%

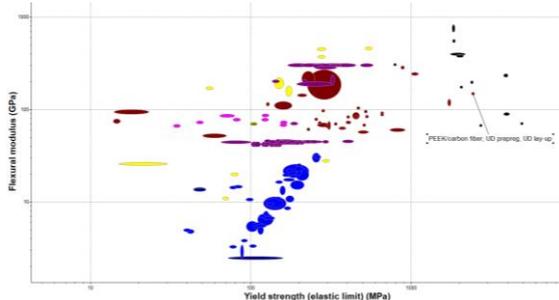
Fórmula 1.
$$E_{bend} = \frac{L^3 F}{4wh^3 d}$$

Fórmula 2.
$$\sigma = \frac{3FL}{2bd^2}$$

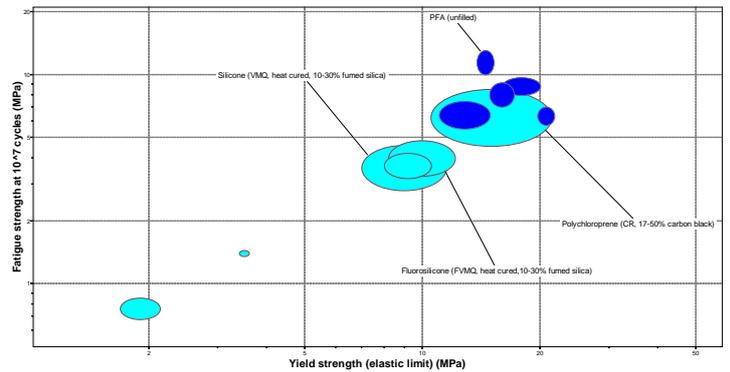
Graph 1.



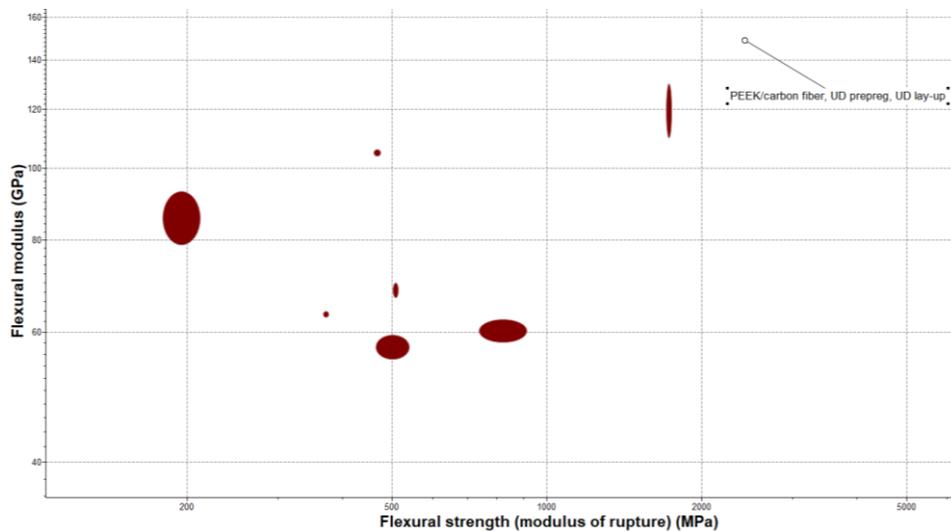
Graph 2.



Graph 4.



Graph 3.



Mejoramiento de piezas Drywall para la construcción de casas prefabricadas en el departamento de Boyacá, Colombia.

Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia,
Sogamoso, Colombia

Tutor:

Nicolás Rojas Arias

Alumno:

Angela Edith Pinzón Salamanca

Resumen

Dentro de este proyecto se buscó la selección e incorporación de un nuevo material en paneles de construcción DryWall manejados en Colombia. Teniendo en cuenta la perseverancia en el manejo cemento fibroso como materia prima debido a la fácil obtención y producción de asbesto en el país, el cual genera enfermedades en el cuerpo humano, además de la falta de normas que prohíban su uso comercial y en construcción. Debido a esto se hizo requerido la búsqueda y selección de un nuevo material que satisfaga las propiedades inherentes para ser empleado en este tipo de producto pero, que a su vez, tenga un menor o ningún impacto en la salud y sea de fácil obtención o fabricación dentro del departamento de Boyacá, Colombia. Mediante el manejo del Software CES EduPack y revisión bibliográfica, se identificó y seleccionó el Bamboo como sustituto del asbesto manejado en Colombia para la fabricación de los paneles Drywall; debido a que este satisface las propiedades mecánicas ofrecidas por el asbesto y también de que este es fácil de obtener, extraer y producir dentro del departamento de Boyacá, además de que este material es biodegradable y es relativamente barato de producir.



Contenido

1. Objetivos	207
2. Planteamiento del Problema	207
3. Solución Propuesta	208
4. Resultados y Conclusiones	209
5. Bibliografía	209
6. Anexos.....	211

1. Objetivos

Comparar mediante CES EDUPACK, propiedades de materiales similares; fibras, polímeros, o cualquier otro tipo de material que pueda ser candidato en sustituir al asbesto en las piezas de Drywall.

Determinar cuál de los materiales candidatos presenta las mejores propiedades y que estén presentes o sean producidos en la provincia de Boyacá.

Seleccionar finalmente un material que satisfaga las propiedades requeridas principalmente para la sustitución del asbesto en la fabricación de piezas Drywall.

2. Planteamiento del problema

Uno de los materiales normalmente utilizados para la construcción de casas prefabricadas es el Drywall. Este material consiste en dos piezas de cartón que se unen con un aglutinante generalmente con asbesto o yeso (esto en Colombia), debido a la inmensidad en yacimientos y fácil producción de estos materiales en el país. Sin embargo, el manejo de asbesto produce problemas a la salud haciendo necesario sustituirlo por otro cuyas propiedades permitan dar resistencia a la pieza final, con una baja densidad y bajos costos pero que, a su vez, sea fácil de obtener o producirse dentro del departamento de Boyacá, Colombia. Dentro de este proyecto, se pretende encontrar y seleccionar con ayuda del software CES EDUPACK, libros y bases de datos, un material con facilidad de obtención o producción en esta zona del país y cuyas propiedades mecánicas, ecológicas, económicas y de obtención, permita sustituir al asbesto para la fabricación de piezas tipo Drywall.

3. Solución propuesta

Mediante revisión bibliográfica y consultas vía online, se buscaron los materiales trabajados actualmente en Colombia para la fabricación de piezas Drywall, se observó que los materiales trabajados normalmente corresponden a yeso y asbesto; siendo este último peligroso para la salud.

Con ayuda del Software CES EduPack, se determinó las propiedades que posee el asbesto utilizado en la fabricación de estas piezas. A partir de esto, se determina que las propiedades que deben tenerse en cuenta serán, dentro de las propiedades mecánicas, la resistencia a la flexión y la resistencia al impacto. También fueron tomadas otras propiedades para el estudio como la densidad, el precio y la resistencia eléctrica que debe tener el material con fin de evitar accidentes en la instalación y durante el uso de las piezas en el hogar. Cabe resaltar que el resultado del material que se obtenga y que satisfaga todos estos requerimientos, debe producirse o estar presente en Colombia, específicamente, Boyacá y alrededores.

Se manejaron límites e índices dentro de las propiedades mecánicas suministradas por el programa, esto con fin de acercarse más a el mejor candidato a reemplazar el asbesto en estas piezas. Se eliminan materiales con gran costo como metales y materiales compuestos. Se tiene también en cuenta la propiedad de que el material sea biodegradable, como propuesta a que este material sea lo más amigable posible con el medio ambiente.

A la par, se realiza la revisión bibliográfica correspondiente para determinar si los materiales, aún candidatos se encuentran presentes dentro de la provincia de Boyacá. Este será el último filtro a manejar para seleccionar el mejor material que pueda reemplazar al asbesto en las piezas Drywall trabajadas para la construcción de casas en Boyacá, Colombia.

4. Resultados y Conclusiones

Gracias al manejo del Software CES EduPack y, acompañado de revisión bibliografía correspondiente al tema, se obtuvieron 7 candidatos que pueden remplazar al asbesto dentro de las piezas Drywal. Debido a que uno de los requerimientos es que, el material seleccionado sea producido o esté presente en la provincia de Boyacá, solo uno de estos cumple esta condición; siendo el Bamboo el material finalmente seleccionado para remplazar al asbesto en la fabricación de piezas Drywall.

Se elige este material por las siguientes condiciones:

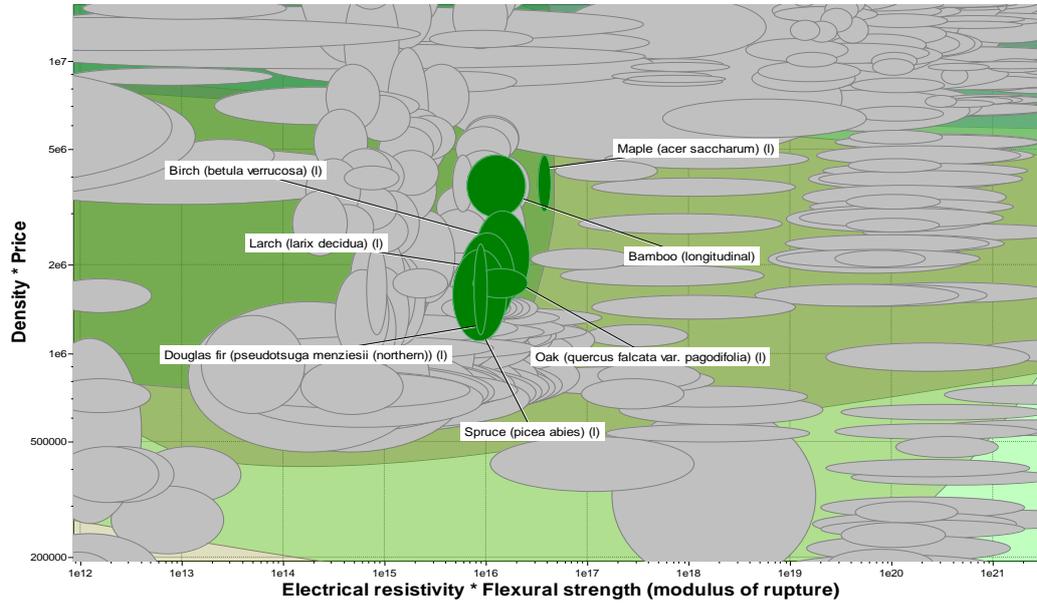
- Posee baja densidad.
- Es relativamente barato en relación a otros materiales encontrados en el software.
- No es conductor de electricidad, por tanto, no generará problemas por descargas eléctricas producidas en el ambiente.
- Su módulo de ruptura es similar al del asbesto.
- Está presente en la provincia de Boyacá.

Se pretende realizar ensayos a escala laboratorio con el fin de comparar los resultados obtenidos con el software, respecto a lo que pueda obtenerse en el laboratorio y, de esta manera, determinar si es viable su producción a nivel industrial en la provincia de Boyacá, Colombia

- al., F. A. (17 de Junio de 2013). *Ministerio de educación nacional*. Recuperado el 03 de Febrero de 2018, de <https://www.mineducacion.gov.co/cvn/1665/w3-article-323972.html>
- Cely Moreno, L. A., Hernández Rojas, W. G., & Gutiérrez Junco, O. J. (2012). Caracterización de la Guadua Angustifolia Kunth cultivada en Miraflores (Boyacá) de acuerdo con la NSR-. *Revista Facultad de Ingeniería, UPTC.*, 53-71.
- Muñoz, I., & Cuellár, A. (2010). Fibra de guadua como refuerzo de matrices poliméricas. *DYNA*, 137-142.
- Redacción El Tiempo. (04 de Mayo de 1996). Guadua, la mejor amiga del campo. *El Tiempo*, pág. 1.
- Servicio Nacional de Aprendizaje SENA. (2006). *Caracterización Ocupacional de la Guadua*. Bogota, Colombia: Servicio Nacional de Aprendizaje SENA.
- Takeuchi, C. P. (2014). *Caracterización mecánica del bambú guadua laminado para uso estructural*. Bogota, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.

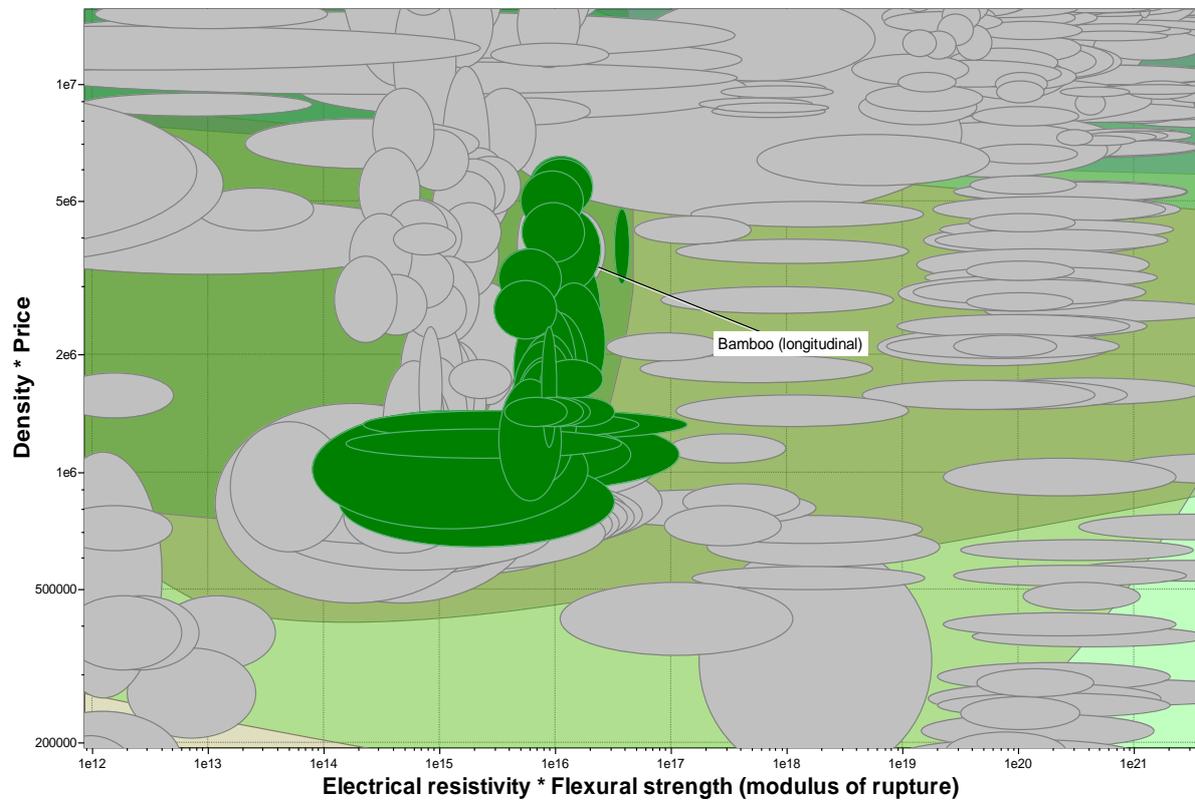
6. Anexos

Fig. 1 Resultados obtenidos para el remplazo del asbesto en piezas Drywall.



Fuente: Autores.

Figura 2. Material finalmente seleccionado mediante CES EduPack y ayuda bibliográfica.



Fuente: Autores.

Tabla 1. Comparación propiedades del asbesto y el Bamboo.

	Asbesto		Bamboo	
	min	Max	min	Max
Módulo de ruptura (Mpa)	51	69	80	160
Densidad (kg/m³)	1,76E+03	1,80E+03	600	800
Precio (COP/kg)	5,91E+03	6,97E+03	4,42E+03	6,64E+03

Fuente: Autores

Tabla 2. Productores y comercializadores de Bamboo- guadua en el departamento de Boyacá, Colombia.

Nombre de la empresa	Provincia	Ciudad/Municipio
Construimos Ambientes En Guadua S A S	Tundama	Duitama
Laminados El Sol Pisos Y Paneles En Guadua S A S	Sugamuxi	Sogamoso
vereda Buenos Aires	Lengupa	Miraflores
Guadua acero verde S A S	Occidente	Muzo

Fuente: Autores

Predominio de la Amalgama dental como material restaurador

Universidad Autónoma de San Luis Potosí,
San Luis Potosí, México

Tutor:

Prof. Verónica Campos Ibarra

Alumno/s:

E.M.E. Estefanía Guadalupe Alonso Torres

E.M.E. Luis Enrique Teutli Cruz

Resumen

La amalgama dental es un material de restauración utilizado por más de 100 años. Aunque existen nuevos materiales que mejoran la estética y presentan óptimas funciones restauradoras, en la actualidad, la amalgama dental, sigue siendo un material ampliamente utilizado por sus excelentes propiedades mecánicas y su gran resistencia en un ambiente altamente corrosivo. El objetivo de este proyecto fue realizar una comparación de las propiedades térmicas y mecánicas de la amalgama con las del esmalte dental y determinar las reacciones que presenta en el órgano dentario y las características de la amalgama, que lo mantiene como un material de selección.

GRANTA
TEACHING RESOURCES



© Granta Design, 2018
For reproduction guidance, see back page

The Teaching Resources website aims to support teaching of materials-related courses in Design, Engineering and Science. Resources come in various formats and are aimed primarily at undergraduate education.

Contenido

1. Objetivos	214
2. Planteamiento del problema	214
3. Solución propuesta	215
4. Resultados y Conclusiones	216
5. Bibliografía	216
6. Anexos.....	218

1. Objetivos

Analizar las propiedades térmicas y mecánicas de la amalgama dental, utilizando la herramienta CES Edupack y comparar estas propiedades con las del esmalte dental. Comprender la dinámica del sistema esmalte-amalgama y las principales reacciones y propiedades que favorecen el uso y predominio del material restaurador en la actualidad.

2. Planteamiento del problema

La amalgama dental es un material restaurador altamente demandado, en algunos países, principalmente por su resistencia a las fuerzas de masticación y por el largo tiempo que pueden permanecer en boca. Sin embargo, es necesario conocer si la relación esmalte-amalgama forma un sistema compatible real y destacar las ventajas de su uso durante los procedimientos restauradores.

3. Solución propuesta

Para resolver el problema planteado se utilizó la base de datos Level 3 Bioengineering del programa CES EduPack. Posteriormente se realizó una búsqueda de palabras clave, con la herramienta *search* del programa: *silver amalgam* y *enamel*, para encontrar las propiedades mecánicas y térmicas de la amalgama dental y del tejido dentario. Dentro de las propiedades seleccionadas se describen las siguientes: el módulo de Young, el límite elástico, la resistencia a la tracción y la elongación como propiedades mecánicas. Mientras que en las propiedades térmicas se seleccionaron la conductividad térmica y el coeficiente de expansión térmica. Estas propiedades fueron elegidas debido al efecto que tienen sobre el esmalte dental.

Se utilizaron las herramientas *Limit*, y *chart/select* para graficar los grupos de materiales a los que pertenece tanto la amalgama dental como el tejido dentario. También se realizó una comparación entre algunas propiedades mecánicas y térmicas, para calcular los cambios que puede llegar a sufrir la amalgama en comparación con el esmalte cuando es sometido a distintas cargas mecánicas y la reacción del tejido dentario que favorece el uso de la amalgama como un material restaurador.

4. Resultados y Conclusiones

El esmalte dental es un material compuesto que presenta comportamientos semejantes al de los cerámicos, por lo que sus propiedades mecánicas descritas en la Tabla 1 muestran un menor límite elástico, baja resistencia a la tracción y por lo tanto menor elongación, hasta un 100% menos que los valores reportados para la amalgama dental. Sin embargo, la baja resistencia a la tracción de la amalgama, es compensada con un contacto íntimo con la dentina y el esmalte restante, para que las fuerzas se distribuyan de una manera uniforme. La figura 1 muestra el porcentaje de deformación de estos dos materiales. De acuerdo con los datos obtenidos en el programa CES Edupack, la rigidez de la amalgama fue 26% menor que la del esmalte. Las propiedades descritas de la amalgama dental se pueden relacionar con el fenómeno de escurrimiento o *creep*, que afecta a las amalgamas con bajo contenido de cobre, donde las fuerzas de la masticación modifican la anatomía y desplazan el material hacia los márgenes de la restauración. Mientras que la rigidez del esmalte está relacionado con la presencia de cristales de hidroxiapatita y al pobre contenido orgánico en su composición.

Las tabla 2 muestra la comparación entre las propiedades térmicas de la amalgama dental con las el esmalte dental. El coeficiente de expansión lineal térmica o CELT nos indica el grado de deformación que sufre un material al elevarse la temperatura 1 °C. En los materiales dentales es importante esta propiedad ya que las variaciones con el órgano dentario pueden generar tensiones residuales sobre el tejido adamantino y provocar fracturas o desajustes que comprometen la integridad del órgano dentario. La amalgama presenta un CELT 85% mayor que el del esmalte (21.1 – 28 $\mu/^{\circ}\text{C}$ y 11-15 $\mu/^{\circ}\text{C}$ respectivamente) por lo tanto, durante cambios bruscos de temperatura, durante la ingesta de alimentos y bebidas, existe una mayor carga residual y mayor riesgo de sufrir fracturas sobre las paredes del esmalte que no tienen soporte dentinario, este soporte se logra mediante una cavidad con retención adecuada y utilizando el material restaurador exclusivamente en paredes retentivas. Por otro lado, la capacidad de calor específica fue mayor en el esmalte, mientras que la conductividad térmica fue mayor en la amalgama.

En la Figura 2 se muestran los grupos de materiales en los que se encuentran el esmalte y la amalgama. También se relacionó el módulo de Young con el coeficiente de expansión térmica, por considerarse valores de importancia en la selección de este material.

En conclusión, la amalgama dental muestra propiedades mecánicas y térmicas alejadas a las del esmalte dental. Por lo tanto el predominio en el uso de la amalgama dental en las últimas décadas, puede estar más relacionado con las técnicas empleas en la preparación de la cavidad y las indicaciones en su uso, que a sus excelentes propiedades mecánicas y térmicas.

- Programa Cambridge Education System (CES EduPack 2017)
- Evaluación del Comité Científico de los Riesgos Sanitarios Emergentes y Recientemente Identificados (CCRSERI) y el Comité Científico de los Riesgos Sanitarios y Medioambientales (CCRSM) de la Comisión Europea.. (2008). Materiales de obturación dental. Green Facts, 4.

6. Anexos

Tabla 1. Propiedades mecánicas del esmalte y la amalgama.

Propiedades Mecánicas		
Propiedades	ESMALTE	AMALGAMA
Módulo de Young	65-87.5 GPa 76.25	52 – 60 GPa 56
Limite elástico	10.3-22Mpa 16.15	27 – 54 MPa 40.5
Resistencia a la tracción	10.3- 22Mpa	27 – 30 MPa 28.5
Elongación	0.5 – 0.6 %	1 – 2 %
Fuerza flexible	10 – 22MPa	28- 55 MPa

Tabla 2. Propiedades térmicas del esmalte y la amalgama.

Propiedades térmicas		
Propiedades	ESMALTE	AMALGAMA
Conductividad térmica---	0.82 – 1 W/m °C	22 – 24 W/m °C
Coefficiente de expansión térmica	11 – 15 μ /°C	21.1 – 28 μ /°C
Capacidad de calor específica	750 – 870 J/Kg °C	200 – 220 J/kg °C

Figura 1. Comparación en la elongación de los diversos materiales
(incluir unidades en el eje de las Y y título en el eje de las X)

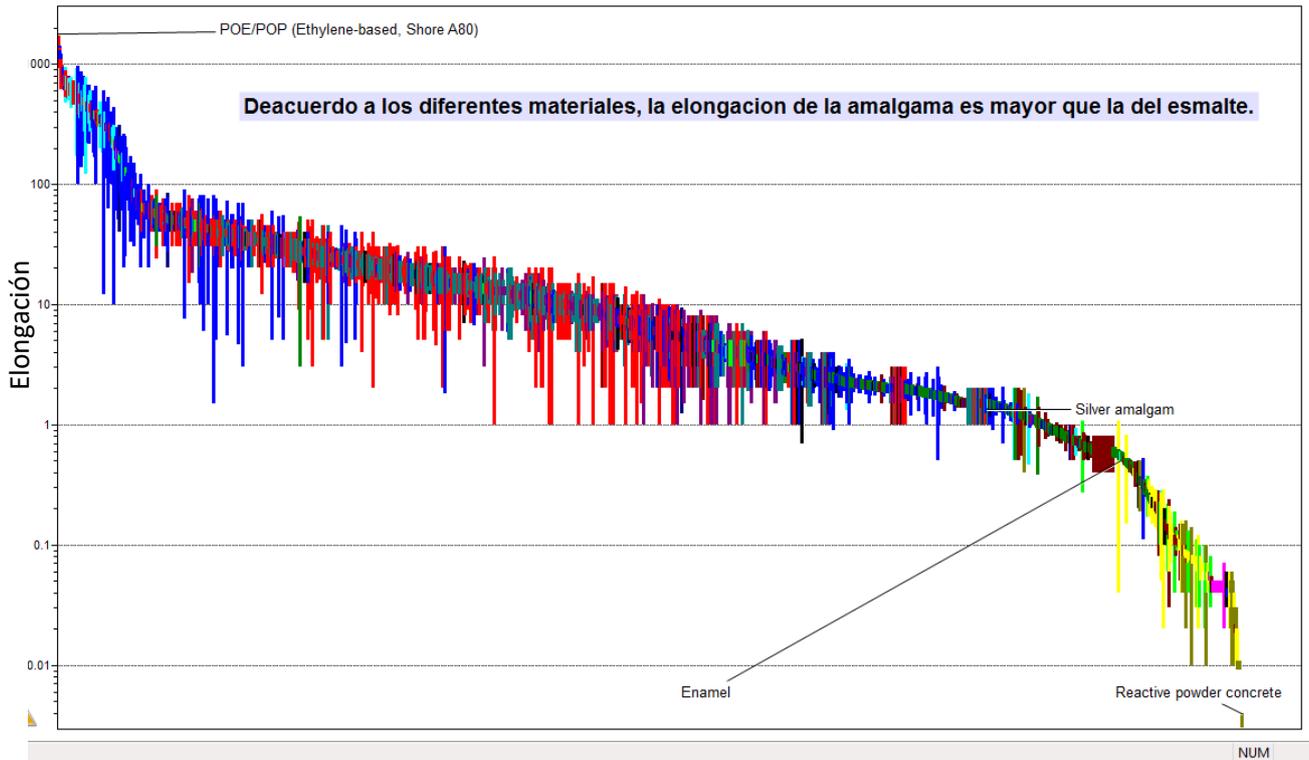
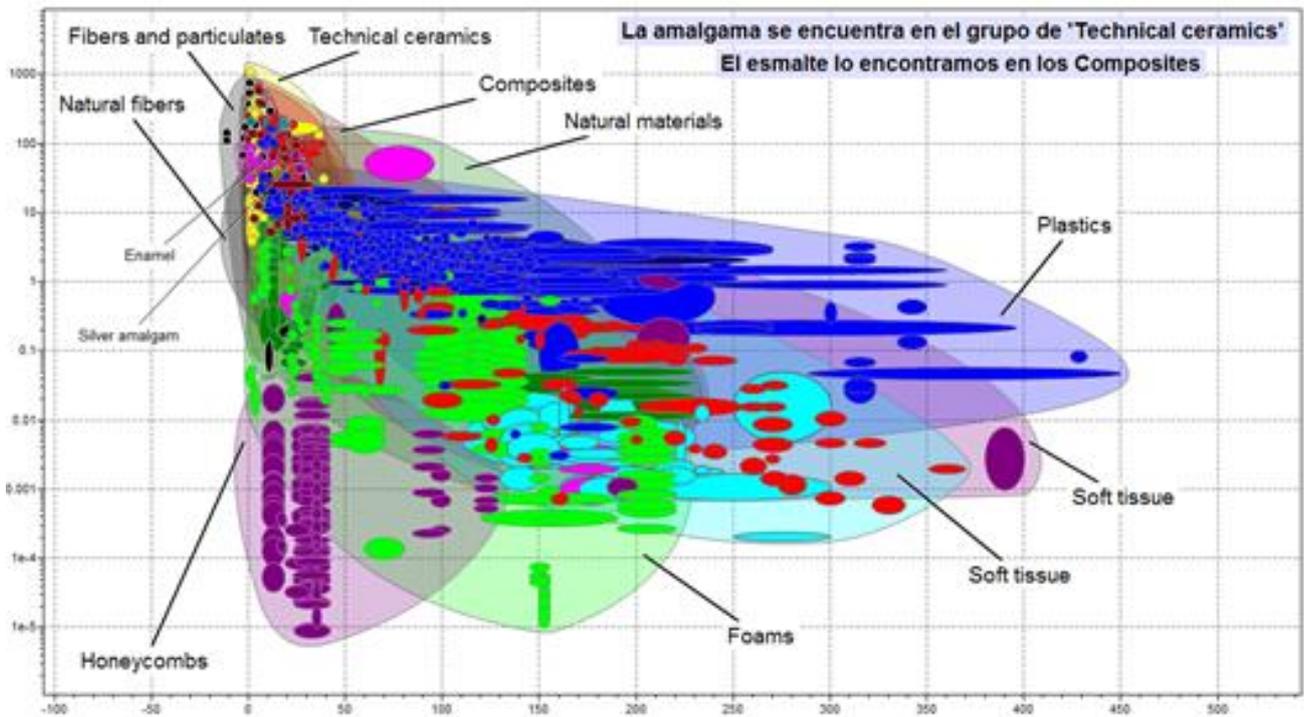


Figura 2. Universo de materiales por grupos de acuerdo al programa CES Edupack



Mejora de la resistencia a impacto de polímeros reforzados con fibra por medio de matrices modificadas

Universidad Politécnica de Valencia,
Valencia, España

Tutor:

Javier Orozco Messana

Alumno/s:

Salvador de la Asunción Mollá

César García Gascón

Jorge Barber González

Resumen

En este trabajo se propone mejorar la capacidad de absorción de impactos de materiales compuestos usados en la industria aeronáutica. La rotura de estos materiales se suele producir por la fragilidad de la matriz en la interface de cada una de las capas que forman el laminado. Para reducir la fragilidad de la matriz, se añadirán partículas de termoplástico que deberán estar presentes durante la reacción de polimerización. El método propuesto es válido tanto para procesos de conformado por vía húmeda o seca y los resultados son extensibles a cualquier combinación de fibra y resina.



Contenido

1. Objetivos	221
2. Planteamiento del problema	221
3. Solución propuesta	222
4. Resultados y Conclusiones	223
5. Bibliografía	224
6. Anexos	225

1. Objetivos

Hoy en día la mayor parte de los impactos sufridos por las aeronaves civiles y militares son de baja energía. Estos impactos en ocasiones no son visibles y deben ser reparados ya que la rotura interna puede propagarse y dejar inservible la pieza. Los materiales empleados en estas aplicaciones son CFRP (Carbon Fiber Reinforced Polymer) o bien GFRP (Glass Fiber Reinforced Polymer), en ambos casos se trata de compuestos de altas prestaciones. Los métodos de reparación certificados están basados en el saneamiento de la zona dañada y la colocación de parches. Estos métodos son caros y requieren de mano de obra muy cualificada. Se propone la modificación de estos materiales para mejorar la tenacidad y aumentar su capacidad de absorber la energía del impacto sin llegar a romperse o producir delaminaciones. La rotura por impacto de estos materiales se produce como consecuencia de la fragilidad de las matrices utilizadas, generalmente resinas epoxi [1] . Los CFRP/GFRP en general tienen excelentes propiedades a impactos y su rotura se inicia por grietas generadas en la matriz y que genera la rotura interlaminar. El objetivo de este trabajo será mejorar la capacidad de absorber impactos de la matriz de los materiales compuestos mediante la adición de partículas de un material compatible con las condiciones del proceso de conformado y los mismos requerimientos exigidos a la pieza.

2. Planteamiento del problema

Se va a trabajar con CFRP con matriz epoxi, por ser el más empleado en la industria aeroespacial, siendo los resultados totalmente compatibles con los GFRP. Los resultados de este estudio tienen aplicación directa a la industria aeroespacial, automotriz, ferroviaria y generación de energía eólica. El material que buscamos, debe ser compatible químicamente con la resina epoxi y ser capaz de impregnar las mechas de fibra de carbono. El procesado del CFRP se realiza mediante procesos de vía seca (inyección líquida como la Infusión o RTM) o vía húmeda mediante preimpregnados y autoclave. En ambos casos el curado de la matriz epoxi necesita de una temperatura entre 100 y 200 grados durante un tiempo entre 4 y 8 horas. Además, se deben cumplir estos requisitos:

Rígidos:

- Amplio rango de temperaturas de trabajo: -50 a 50 grados
- Humedad ambiente cercana al 100%
- Impactos de reducida energía (0-2 julios). Tenacidad a la fractura superior a $2\text{MPa}\cdot\text{m}^{0.5}$
- Resistencia a la fatiga. Largos ciclos de trabajo, 24 horas días, 7 días semana

Flexibles:

- Ligereza, Resistencia a la tracción, flexión y torsión y Coste

3. Solución propuesta

La resistencia a la fractura es una propiedad de los materiales que varía entre las clases de materiales como se aprecia en la figura 1. Podemos observar gráficamente la resistencia a la fractura frente a la resistencia a tracción para diversos materiales. La tenacidad a la fractura muestra una gran variación en los materiales, alrededor de 2 órdenes de magnitud. Los metales tienen los valores más altos de resistencia a la fractura gracias a su gran capacidad de absorber energía antes de su rotura. La tenacidad a la fractura de los materiales compuestos (CFRP/GFRP) excede en gran medida la tenacidad a la fractura individual de los materiales constituyentes (fibras y matrices termoestables). Los polímeros reforzados con fibra de carbono (CFRP) tienen propiedades excelentes lo que los convierte en materiales ideales para su uso en una amplia gama de industrias, incluidas la aeroespacial, marina, automotriz, etc. Sin embargo, también presentan varios inconvenientes, donde podemos destacar la delaminación originada por la reducida tenacidad de las matrices utilizadas. (Ver figura 1). Vamos a buscar con la ayuda de CES Edupack un material que pueda ser aditivado a la matriz epoxi para mejorar su tenacidad a fractura. Como podemos ver en la figura 1, la mayoría de los termoplásticos presentan el comportamiento que deseamos. Dado que no deseamos que el resto de propiedades de la matriz se vea afectada, vamos a limitar su aportación en un 20% en peso, por lo que necesitamos un material termoplástico que tenga una tenacidad a la fractura superior a $3 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{0.5}$. Podemos ver que hay varios materiales termoplásticos que cumplen con los requisitos, entre ellos: ABS, PC, PP, PET, PVC. El material debe mezclarse con la matriz epoxi o bien ser añadida entre cada una de las capas que formarán el laminado final. Para que el material pueda ser aplicado respetando los procesos de conformado de materiales compuestos tanto por vía húmeda como seca, se proponen los siguientes métodos de aplicación del termoplástico: a) añadido en la matriz disuelto en un fluido, b) mezclado en polvo con el epoxi entre cada una de sus capas, c) colocación en láminas muy finas entre cada una de las capas de material.

Soluciones propuestas:

- a) Alcohol Polivinílico. Es un material barato que se usa como desmoldeante para piezas de composite. El polivinilo está disuelto en alcohol que permite su fácil aplicación o incluso su disolución con la resina epoxi.
- b) Polipropileno en polvo. Este polvo debe ser lo más fino posible para que al ser calentado pueda impregnar la fibra. El tamaño del polvo de Polipropileno debe ser inferior a 20 micras de diámetro.
- c) Lámina de polietileno. Similar al usado para embalaje de alimentos, el espesor debe ser inferior a 50 micras.

Ahora debemos seguir descartando materiales a partir de las condiciones rígidas mencionadas previamente. Nuevamente mediante la herramienta de CES Edupack hemos seleccionado todos los materiales compuestos de los grupos de los candidatos, y con la tenacidad a la fractura podemos descartar el alcohol polivinílico (EVA) ya que como se ve en la imagen posterior solo unos tipos de polipropileno y un tipo de polietileno poseen una tenacidad a la fractura que sea igual o mayor que $2 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{0.5}$. (Ver figura 2). Analizando la relación entre las propiedades del material y el precio, con la ayuda de CesEdupack, (figuras 3,4,5,6 y 7), podemos ver que el polipropileno es el material que mejor relación propiedad-precio poseen. La verificación de la mejora de las propiedades del material se realizará siguiendo la norma ISO 18352 que nos propone una metodología para la verificación de la resistencia a compresión de los CFRP después de sufrir un impacto [2]. Debemos preparar probetas de dimensiones $150\cdot 100\cdot 4\text{mm}$ que serán impactadas con un dardo a diferentes alturas para generar diferentes niveles de daño en la placa. El tipo de daño generado puede ser visible en una de las caras, en las dos o interno. En todos los casos, para saber el nivel exacto del daño, se recomienda el uso de un sistema de ensayos no destructivos como la inspección por ultrasonidos antes de someter a la placa al ensayo. Para la realización de los ensayos se necesita un utillaje CAI (Compression After Impact) como el mostrado en la figura 8.

4. Resultados y Conclusiones

Se han propuesto tres soluciones compatibles con el proceso de conformado de los materiales compuestos utilizados principalmente en la industria aeronáutica. Todas ellas podrían dar excelentes resultados si se preparan correctamente los aditivos a incorporar a la resina epoxi. La metodología propuesta en este trabajo es fácilmente extensible a otras matrices o fibras, se ha observado que es una tema que se está estudiando y que es de gran interés industrial y científico[3] .

El uso de una resina dopada con partículas de termoplástico puede mejorar la estabilidad de las fibras naturales frente a la absorción de humedad. De las tres propuestas realizadas, se escoge el polipropileno en polvo como aditivo a la resina epoxi. El método es válido tanto para los procesos de inyección de resina como para los preimpregnados. En el caso del uso en procesos de inyección, el polvo debe ser homogeneizado al máximo en el epoxi, por lo que se recomienda usar un polvo lo más fino posible y hacer una agitación lo más completa posible [4] .

Las partículas de termoplástico deben fluir junto con la resina epoxi durante el proceso de llenado del molde y debe penetrar entre las mechas de la fibra de carbono. Dado que el espacio entre los filamentos de carbono es del orden de 10micras, va a ser complicado que las partículas de termoplástico impregnen totalmente las mechas pero no es el objetivo del proceso. Para una correcta simulación del proceso de llenado del molde, será necesario la medición de la viscosidad de la resina modificada ya que se habrá vuelto más viscosa y necesitará de una presión superior para llenar el molde. Para prevenir la rotura interlaminar es suficiente que las partículas de termoplástico se adhieran a las mechas de la interfase entre las capas del laminado o simplemente que queden embebidas en la matriz epoxi. No se tiene previsto que las partículas de termoplástico entren entre los filamentos, ya que los huecos son muy inferiores al tamaño esperado del polvo de polipropileno, pero sí será posible que entren entre los huecos entre las mechas.

En el caso de que el proceso de conformado se realice con preimpregnados, el polvo de polipropileno deberá espolvorearse entre cada una de las capas lo más homogéneo posible. Para una correcta aplicación será necesario pesar rigurosamente el polvo y disponer de un sistema de deposición por aire comprimido. Durante el proceso de curado en horno del epoxi, las partículas de polipropileno deben fluir y mojar las mechas del carbono para maximizar las propiedades mecánicas. Se deberá tener la precaución de controlar la temperatura de curado para que no se supere la temperatura de degradación del polipropileno. Asimismo, hay que tener previsto el aumento de calor como consecuencia de la reacción exotérmica de polimerización de la resina epoxi.

Como trabajo futuro, se propone la planificación de la fabricación de probetas de CFRP con resina epoxi mejorada con polvo de Polipropileno para someterlas a impactos con energía controlada y su posterior verificación de la mejora de la resistencia a compresión tras impactos mediante los ensayos CAI propuestos en la norma ISO 18352. Las probetas impactadas deberán ser examinadas mediante ensayos no destructivos antes de romperlas en el ensayo de compresión. Para la realización del ensayo CAI es necesario disponer de una Máquina Universal de Ensayos con el utillaje correspondiente de compresión después de impacto. Asimismo, se propone el estudio del uso de este tipo de resinas para la reparación de materiales compuestos mediante la aplicación de parches o bien mediante procedimientos de reimpregnación de resinas.

Finalmente indicar que se ha utilizado el programa CesEduPack para la selección del termoplástico más adecuado para esta aplicación mediante el estudio de todos los requerimientos funcionales y del proceso de fabricación de las piezas de CFPR. Sería conveniente realizar un estudio más profundo de algunas variables que podrían completar la información del material, como la huella de carbono o el impacto medioambiental del proceso de conformado.

5. Bibliografía

- [1] IMPROVEMENT OF THE TOUGHNESS OF EPOXY RESIN SYSTEMS USING THERMOPLASIC BINDERS. MARCUS ARNOLD et al. SAMPE EUROPE 33rd. International Conference and Forum, 2012.
- [2] International Standard ISO 18352. Carbon-fibre-reinforced plastics Determination of compression-after impact properties at a specified impact-energy level
- [3] Enhancement of Fracture Toughness of Epoxy Nanocomposites by Combining Nanotubes and Nanosheets as Fillers. Nadiim Domun, Keith R. Paton, Homayoun Hadavinia, Toby Sainsbury, Tao Zhang 1 and Hibaaq Mohamud. Materials 2017, 10, 1179; doi:10.3390/ma10101179
- [4] Mechanical behavior and fracture toughness of epoxy composites reinforced with combination of fibrous and spherical nanofillers. Zhongwei Zhang Yefa Tan Xiaolong Wang Hua Tan Jing Li. Polymer Composites, Volume36, Issue12, pp 2147-2156, 2015. <https://doi.org/10.1002/pc.23125>

Otras referencias consultadas:

- [1] <http://termoplas.blogspot.com.es/2012/10/termoplasticos.html>
- [2] <https://www.nasa.gov/offices/ipp/centers/dfrc/technology/DRC-014-0038-strain-gage.html>
- [3] Revista "Fly-news";(versión online: <http://fly-news.es/>)
- [4] <http://www.interempresas.net/MetalMecanica/Articulos/101083-Materiales-de-alto-rendimiento-para-el-sector-mas-exigente.html>
- [5] <http://avia-es.com/blog/obshivka-samoleta>
- [6] Vieille, Benoit and Casado, Victor Manuel and Bouvet, Christophe Influence of matrix toughness and ductility on the compression-after-impact behavior of woven-ply thermoplastic and thermosetting-composites: A comparative study. (2014) Composite Structures, vol. 110. pp. 207-218. ISSN 0263-8223
- [7] Inclusion of a Thermoplastic Phase to Improve Impact and Post-Impact Performance of Carbon Fibre Reinforced Thermosetting Composites - A Review. Materials and Design 85:582-597, 2015. DOI: 10.1016/j.matdes.2015.07.001
- [8] EVALUATION OF COMPRESSION AFTER IMPACT STRENGTH OF CARBON/EPOXY COMPOSITES USED IN AERONAUTICAL AREA. 18th International Congress of Mechanical Engineering, November 6-11, 2005, Ouro Preto, MG
- [9] Damage Tolerance Study of Carbon Fibre/RTM6-2 Composites Toughened with Thermoplastic-coated Fabric Reinforcement. ZIJIE WU. Doctoral Thesis, 2016. University of Manchester.
- [10] Impact damage and CAI strength of a woven CFRP material with fire retardant Properties. Ioannis K., Giannopoulos, Efstathios, E. Theotokoglou, Xiang Zhang. Composites Part B: Engineering. 2016. DOI: 10.1016/j.compositesb.2016.01.041
- [11] Vieille, Benoit and Casado, Victor Manuel and Bouvet, Christophe Influence of matrix toughness and ductility on the compression-after-impact behavior of woven-ply thermoplastic and thermosetting-composites: A comparative study. (2014) Composite Structures, vol. 110. pp. 207-218. ISSN 0263-8223
- [12] Inclusion of a Thermoplastic Phase to Improve Impact and Post-Impact Performance of Carbon Fibre Reinforced Thermosetting Composites - A Review. Materials and Design 85:582-597, 2015. DOI: 10.1016/j.matdes.2015.07.001
- [13] EVALUATION OF COMPRESSION AFTER IMPACT STRENGTH OF CARBON/EPOXY COMPOSITES USED IN AERONAUTICAL AREA. 18th International Congress of Mechanical Engineering, November 6-11, 2005, Ouro Preto, MG

6. Anexos

Figura 1. Tenacidad a la fractura

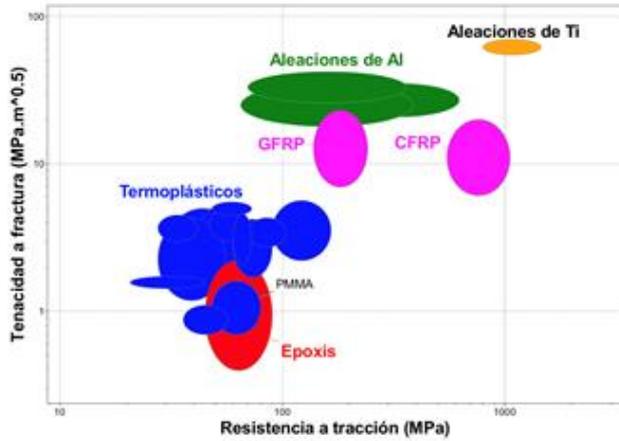


Figura 2. Materiales compatibles con requerimientos

PP (50% long glass fiber)	2	✓	✓	5,11 - 5,37
PE-UHMW (molding and extrusion)	2	✓	✓	1,72 - 5,16
PP (40% long glass fiber)	2	✓	✓	4,71 - 4,95
PE-HD (20-30% long glass fiber)	2	✓	✓	1,72 - 4,61
PP (30% long glass fiber)	2	✓	✓	4,16 - 4,37
PP (homopolymer, 40% glass fiber)	2	✓	✓	4,04 - 4,24
PP (homopolymer, 30% glass fiber)	2	✓	✓	3,77 - 3,96
PE-LLD (molding and extrusion)	2	✓	✓	1,26 - 3,79
PE-LD (molding and extrusion)	2	✓	✓	1,21 - 3,39
PP (copolymer, 30% glass fiber, fla...	2	✓	✓	3,18 - 3,34
PP (copolymer, 30% glass fiber)	2	✓	✓	3,18 - 3,34
PP (homopolymer, 40% glass and m...	2	✓	✓	3,14 - 3,3
PP (homopolymer, 20% glass fiber)	2	✓	✓	3,03 - 3,18
PE-HD (30% glass fiber)	2	✓	✓	1,94 - 2,95
PP (copolymer, impact, 30% glass fi...	2	✓	✓	2,75 - 2,89
PE (cross-linked, molding)	2	✓	✓	0,886 - 2,66
PP (copolymer, 20% glass fiber)	2	✓	✓	2,42 - 2,54
PP (homopolymer, clarified/nucleated)	2	✓	✓	2,3 - 2,42
PP (homopolymer, 10% glass fiber)	2	✓	✓	2,18 - 2,29
PP (homopolymer, low flow)	2	✓	✓	2,11 - 2,22
PE-HD (high molecular weight)	2	✓	✓	1,14 - 2,09

Figura 3. Tenacidad frente al coste

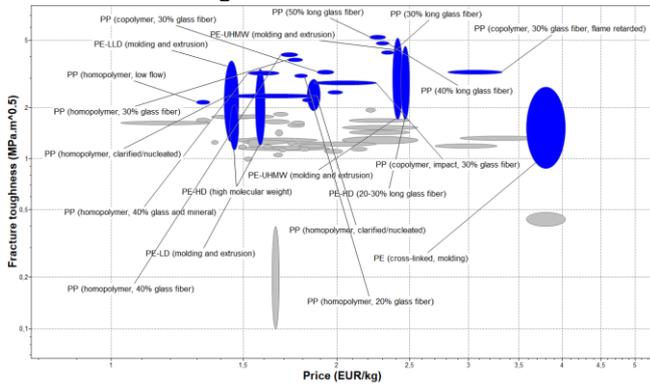


Figura 4. Módulo de flexión frente a coste

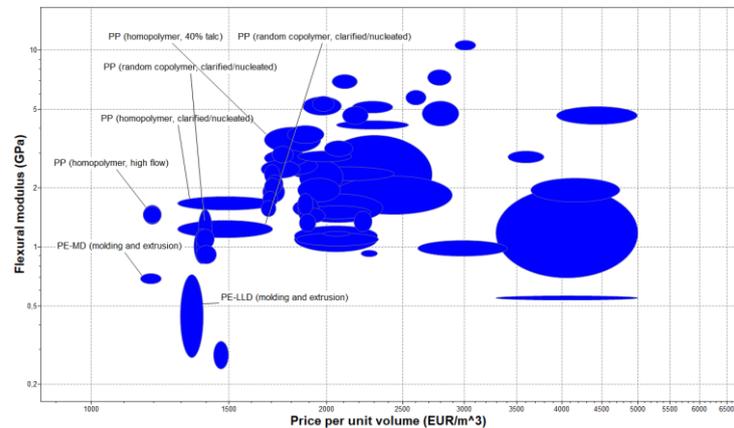


Figura 5. Módulo Young vs Fatiga

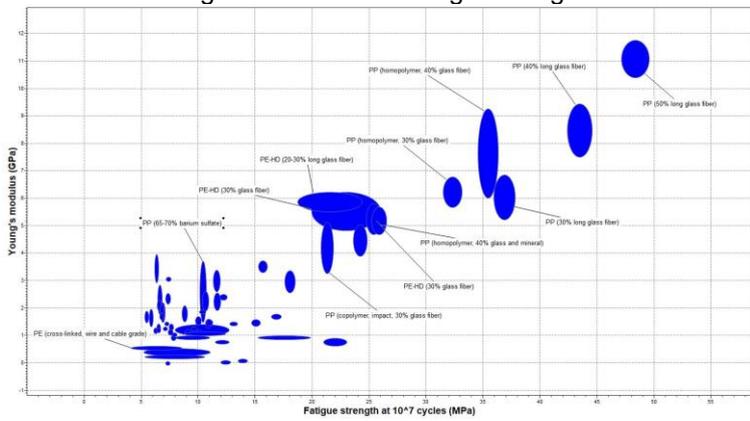


Figura 6. Coste vs Densidad

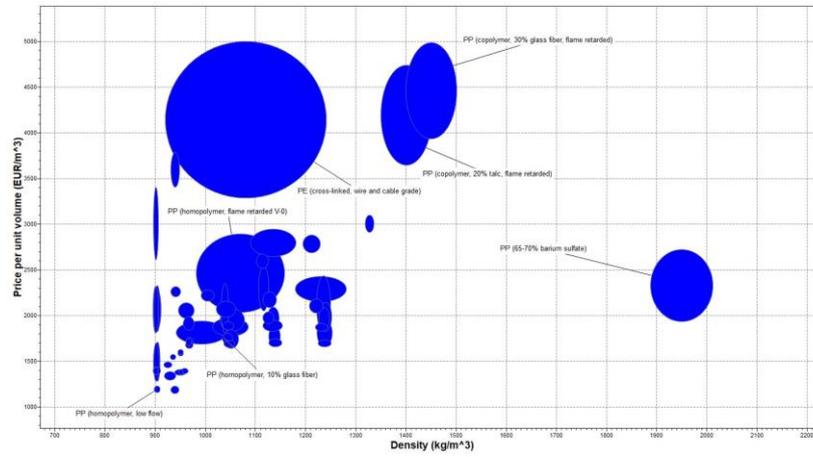


Figura 7. Tenacidad vs Dureza

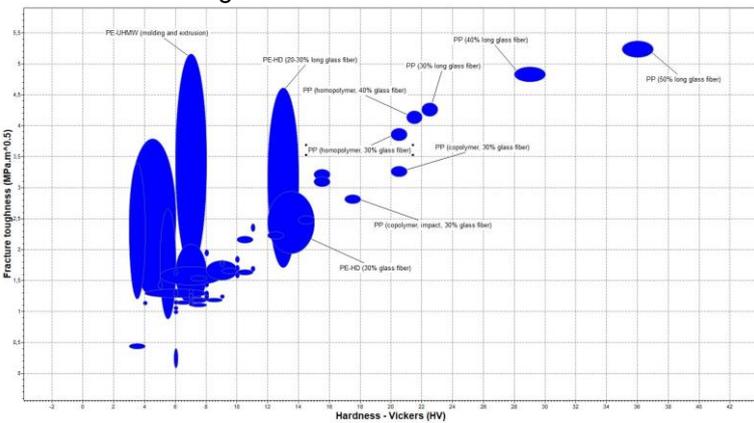
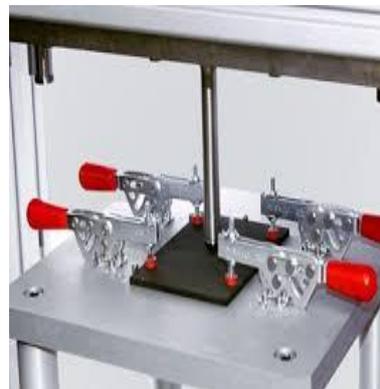


Figura 8. Impacto sobre probeta y ensayo CAI



INGROCELA. Tecnología para el campo

Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia,
Tunja, Colombia

Tutor:

Ing. Ernesto Camargo Suarez

Alumno/s:

Kevin Hernán Alirio Bermúdez Sánchez

Sergio Daniel Gutiérrez Rosas

Iván Mauricio Jiménez Vanegas

Resumen

El proyecto INGROCELA está inspirado en la necesidad del agro colombiano en el sector de la cebolla larga, debido a que este tiene una gran importancia en la economía del departamento de Boyacá-Colombia, pero su desarrollo se encuentra truncado por la falta de tecnificación de los procesos. Con este principio nace la idea “INGROCELA TECNOLOGIA PARA EL CAMPO”, este consiste en una máquina que facilita el proceso de recolección del cultivo, esto nos genera una mejoría en factor tiempo que se puede traducir en eficiencia de recursos económicos.

Para la construcción del diseño de esta, se utilizaron diversas herramientas del software CES Edupack, para tener en cuenta la utilización de materiales apropiados que cumplan características específicas y que resulten fácilmente accesibles en factores económicos.



Contenido

1. Objetivos	227
2. Planteamiento del Problema	227
3. Solución Propuesta	228
4. Resultados y Conclusiones	229
5. Bibliografía	230
6. Anexos.....	230

1. Objetivos

- Tecnificar las actividades de recolección del cultivo de la cebolla junca en Colombia
- Reducir el tiempo de recolección de las cosechas de cebolla larga industrializando el proceso
- Innovar en métodos de recolección de este producto agrícola en Colombia

2. Planteamiento del problema

La cebolla de rama, larga o junca ha sido uno de los principales cultivos en China y Japón, en donde se ha cultivado durante más de 2000 años, manteniendo actualmente su gran importancia. A Colombia fue introducida por los españoles, y desde hace aproximadamente 50 años se han desarrollado los cultivos comerciales.

Según la Encuesta Nacional Agropecuaria, ENA (DANE, 2014), durante el año 2013 en Colombia se cosecharon 14.533 hectáreas de cebolla de rama o cebolla junca, con una producción de 289.975 toneladas y rendimientos promedio de 39,9 toneladas por hectárea al año. El departamento de Boyacá es el principal productor con 195.358 toneladas que corresponden al 67,4 % de la producción total, seguido por los departamentos de Nariño, Risaralda y Santander. Cabe resaltar que los mayores rendimientos en la producción se presentan en el departamento de Boyacá con 55,2 toneladas por hectárea al año, superando el promedio nacional.

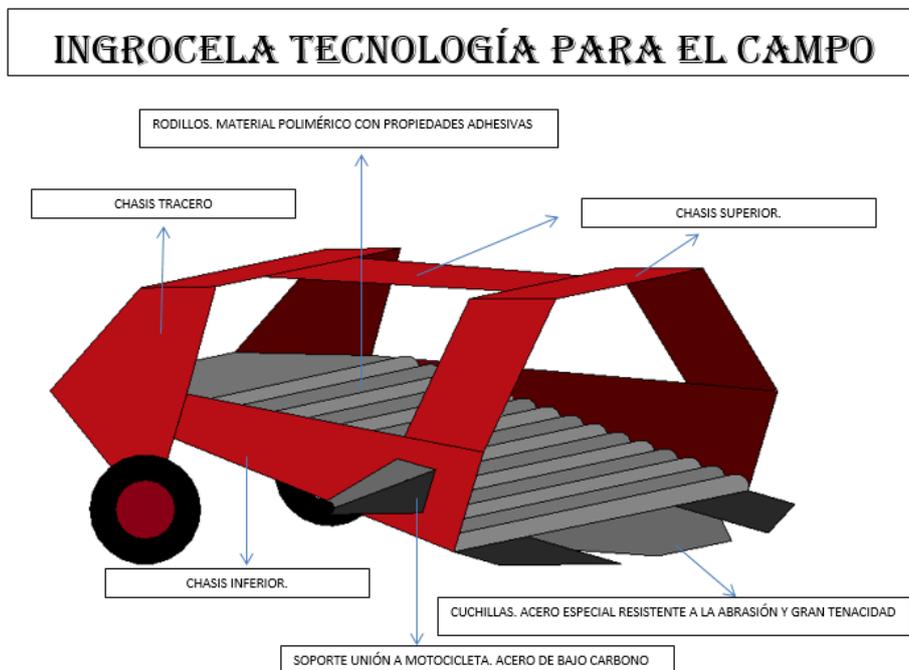
En el agro colombiano la recolección de esta planta se hace manual. Debido a su demanda y al ser uno de los alimentos más cultivados en nuestra zona (Boyaca-Colombia), sentimos la necesidad de hacer la recolección en menos tiempo y hacerlo de una manera más fácil para los trabajadores que arrancan la planta de la tierra.



3. Solución propuesta

Para poder hacer la recolección de la cebolla larga en menos tiempo y con un esfuerzo humano menor para esta actividad hemos decidido desarrollar el diseño de INGROCELA, la cual es una máquina que realiza la operación de recolección ayudada por una motocicleta para su desplazamiento por el terreno del cultivo, aprovechando que con este vehículo de dos ruedas no se necesita mucho espacio para su movimiento, de esta manera evitamos maltratar el cultivo mismo por lo cual no se pueden emplear tractores debido a su tamaño de rueda. Para el desarrollo de INGROCELA fue fundamental en su construcción una correcta selección de materiales de acuerdo a sus funciones a desempeñar, que además sean de fácil acceso económico, para lo cual nos apoyamos en el programa CES EduPack.

El diseño que mostramos a continuación muestra los diferentes materiales que necesitamos para INGROCELA.



INGROCELA necesita como mínimo dos operarios; uno que se encargue de operar la moto y otro u otros encargados de recoger la planta extraída de la tierra.

4. Resultados y Conclusiones

Gracias al programa CES EduPack se determinó la siguiente selección de materiales para las diferentes partes del diseño de INGROCELA:

- **CUCHILLAS:**

Teniendo en cuenta que las herramientas agrarias se elaboran en un rango de durezas de 363 a 494 vickers, los aceros más recomendados son los de aleante bromo, teniendo como principales candidatos los aceros AISI 50B60, AISI 94B30, AISI 86B46 indicados en el diagrama 1. Por su baja densidad. Teniendo un especial interés en el AISI 50B60 gracias a su dureza elevada y su precio ligeramente bajo con respecto a sus competidores directos mencionados anteriormente esto lo decidimos gracias al diagrama 2. En el diagrama 3. podemos apreciar una propiedad fundamental para las cuchillas de INGROCELA, que es la resistencia a la fractura en la cual podemos observar el buen comportamiento del acero que tenemos como principal candidato el acero AISI 50B60 gracias a que cumple los requisitos para este fin lo consideramos como la mejor opción para el material de las cuchillas.

- **RODILLOS:**

En cuanto al sistema de arrastre de la cebolla en la maquina se tiene un sistema de rodillos que transportan el producto donde este se libra de la tierra atrapada para finalmente caer al suelo a la espera de la recolección por el trabajador, estos rodillos se tienen que hacer con un material liviano y que tenga una adhesión al producto que permita ser arrastrado, por eso se utilizaran polímeros más exactamente elastómeros. Teniendo en cuenta el diagrama 4. Se destaca el uso de tres polímeros que debido a su baja densidad y su bajo precio en el mercado son óptimos para la utilización en el requisito deseado, estos polímeros son elastómeros de la familia POP/POE quiere decir que son elastómeros y plastómeros termoplásticos, estos polímeros se determinan por la base y su dureza en escala shore, el más indicado para la utilización es el POP/POE en base de etileno, shore A65 gracias a su bajo precio y baja densidad que nos permite ahorrar costos en cuanto a combustible gracias a no tener que emplear una gran fuerza de tracción.

- **CHASIS:**

Para la estructura de la maquina no se necesitan materiales con grandes propiedades, únicamente que soporten cargas o que puedan proteger los componentes de impactos no severos, lo más recomendado son los aceros al carbono que nos permiten estas propiedades. En el diagrama 5. Se encuentran aceros que cumplen con las características necesarias para la elaboración de la carcasa de la máquina, el más indicado es Drawing quality, YS140 (cold rolled) un acero que tiene un precio cómodo pero que en cuanto a la densidad es bastante similar con los demás, por esto es una buena opción para cumplir esta función.

5. Bibliografía

- https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/sipsa/Bol_Insumos_may_2015.pdf
- https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/enda/ena/Cebolla_Boyaca_Reg_Laguna_Tota.pdf
- <file:///C:/Users/Lina%20Hurtado/Downloads/acero%20para%20herramientas%20agricolas.pdf>
- <file:///C:/Users/Lina%20Hurtado/Downloads/Aceros%20SISA%20Tabla%20de%20Aceros%20SAE%20AISI%20Servicio%20Industrial%20S.A.%20de%20C.V.pdf>
- <http://www.acerosfortuna.com.mx/manualMTP/aceros-grado-maquinaria/>

6. Anexos

Diagrama 1. Densidad vs Dureza

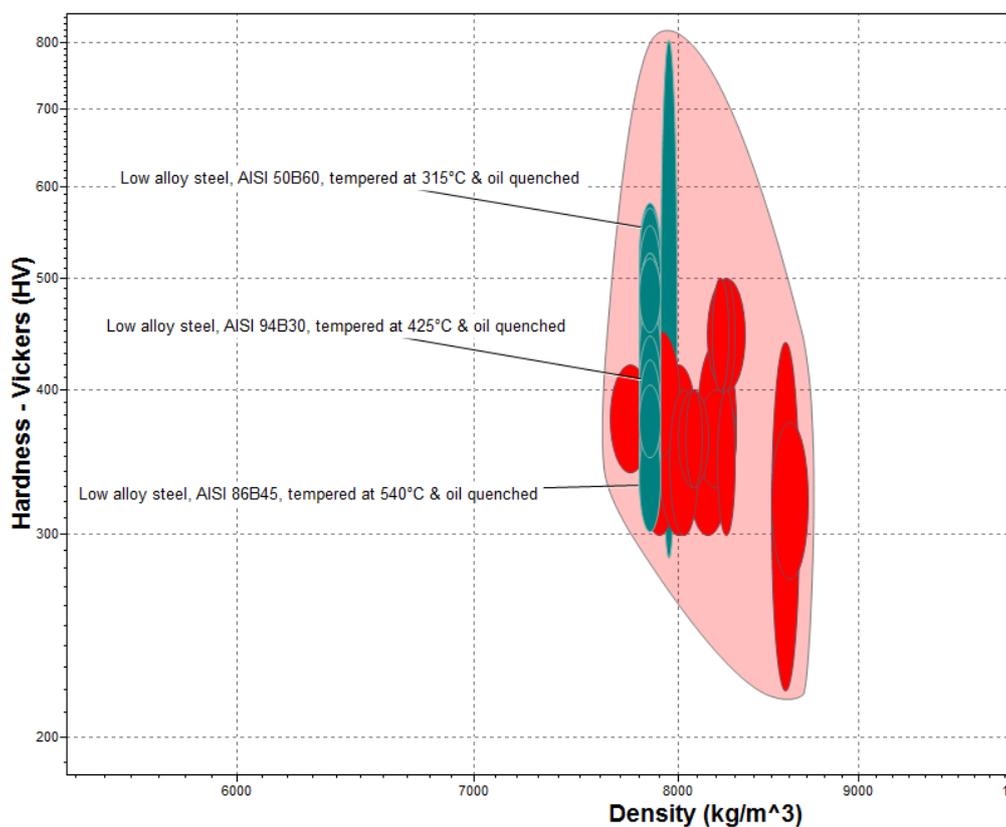


Diagrama 2. Dureza (HV) vs Precio (COP/kg)

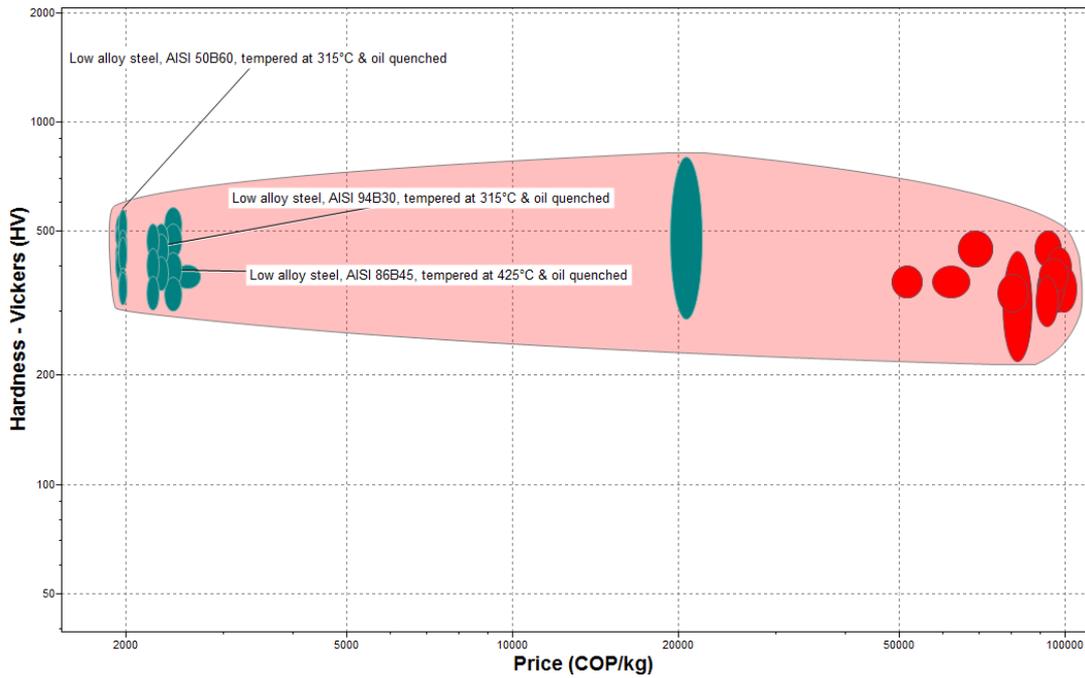


Diagrama 3. Resistencia a la fractura vs Precio para aceros aleados al bromo

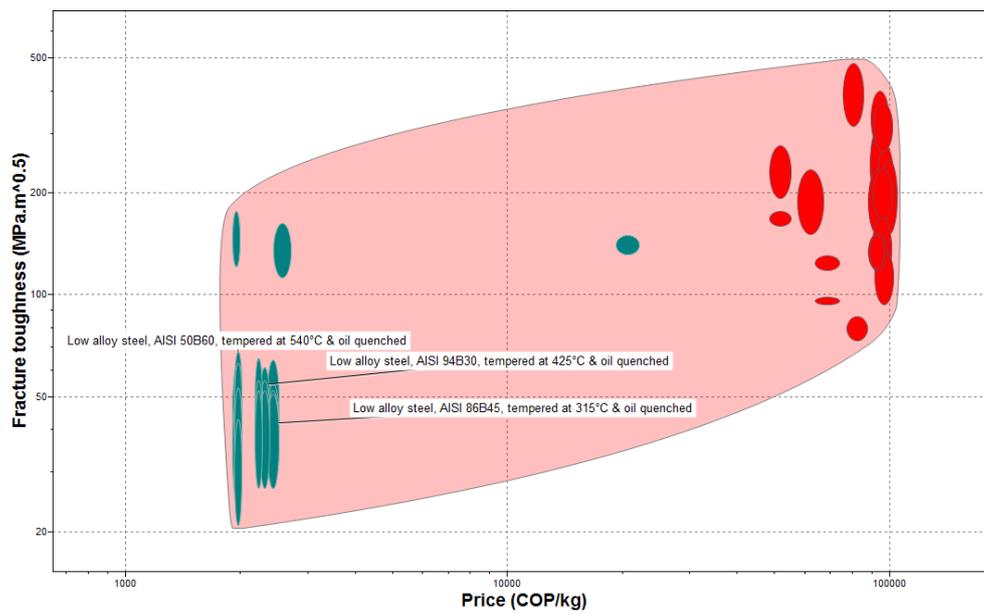


Diagrama 4. Densidad vs Precio para polímeros elastómeros

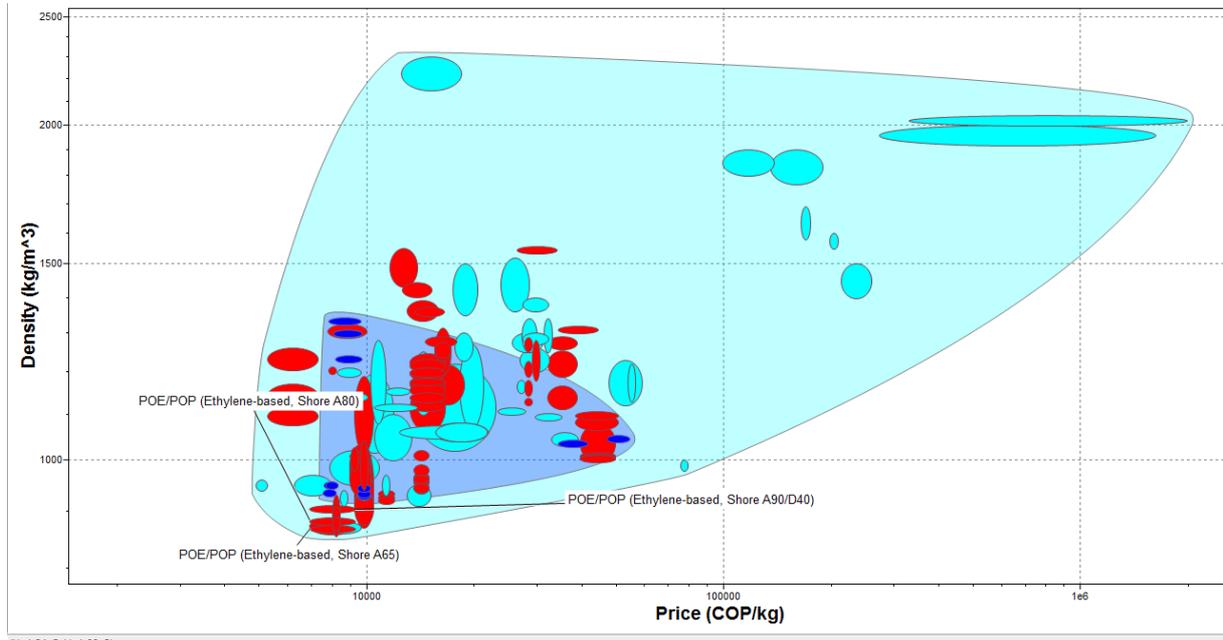
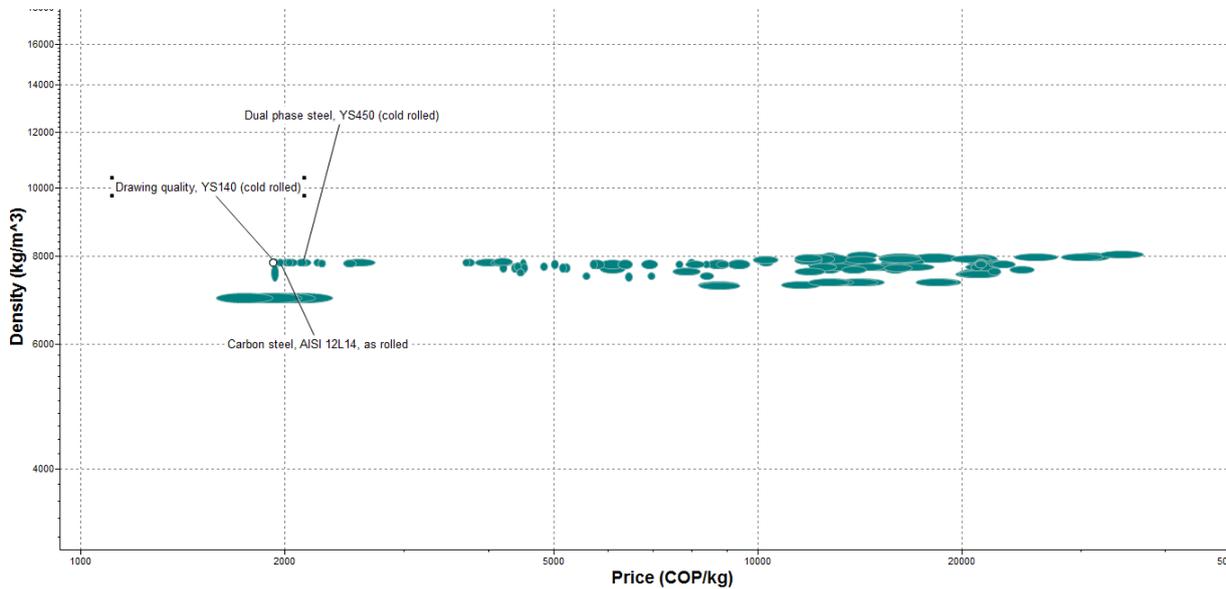


Diagrama 5. Densidad vs Precio para los aceros con contenido en carbono desde 0.07 hasta 0.13



Selección de Materiales y Procesos de Fabricación idóneos para cuerdas de guitarra con el objetivo de aumentar su vida útil (EOL).

Material & Process Selection for guitar strings in order to increase their EOL.

Universidad Politécnica de Madrid,
Madrid, España

Tutor:

Pedro Armisen Bobo

Alumno/s:

Álvaro Cruz Toste

Álvar Pascual Serrano

Javier Ruiz Arranz

Resumen

En el presente proyecto se analizarán las características actuales de las cuerdas de guitarra eléctrica a fin de mejorar la durabilidad de las mismas aumentando su resistencia a tracción minimizando el coste, manteniendo sus propiedades acústicas, mediante el software de selección de materiales CES Edupack.



Contenido

1. Objetivos	234
2. Planteamiento del Problema	234
3. Solución Propuesta	234
4. Resultados y Conclusiones	235
5. Bibliografía	236
6. Anexos.....	237

1. Objetivos

Las cuerdas de guitarra eléctrica se encuentran sometidas a una tensión constante, así como a cargas puntuales a lo largo de su longitud. Esto sumado a la exposición a la corrosión producida por el contacto con las manos del usuario y el ambiente, suponen una durabilidad. Por esta razón, consideramos interesante un estudio de las mismas para ampliar su durabilidad.

El objeto de este estudio es analizar las características de las actuales cuerdas de guitarra eléctrica a fin de mejorar su durabilidad, mediante la obtención de unas prestaciones a tracción superiores, manteniendo sus propiedades acústicas y minimizando el coste.

2. Planteamiento del problema

En primer lugar, se procederá a investigar los materiales empleados por los principales fabricantes a fin de encontrar unos valores de referencia sobre los que trabajar. A continuación, se determinarán las propiedades necesarias y deseables que deben poseer las cuerdas. Por último, se procederá a buscar un material que cumpla con dichas características y aumente la vida del producto. A su vez se incluirá el análisis de algunos materiales híbridos que puedan cumplir con los requisitos propuestos, justificado por el empleo de materiales entorchados para ciertas cuerdas de guitarras. También se realizará una estimación del coste de fabricación de las cuerdas donde se tendrá en cuenta los procesos de fabricación utilizados y el coste del material.

3. Solución propuesta

Materiales actuales

A día de hoy los principales fabricantes de cuerdas de guitarra (Ernie Ball, Fender, DR,...) emplean, principalmente **acero**, como por ejemplo AISI 430 y AISI 1030, al cual se le aplica un tratamiento de niquelado. También existen marcas, como Elixir, que emplean unos recubrimientos poliméricos sobre las cuerdas para aumentar aún más su resistencia a la corrosión. Otras marcas, como Fender, ofertan cuerdas de **níquel puro**. Basándonos en esta información se usaran los valores de estos materiales como referencia para una posterior selección de material que pueda sustituirlos. Estos valores quedan reflejados en la Tabla 1 del apartado de anexos.

Propiedades necesarias y deseables

El material de cualquier cuerda de guitarra eléctrica debe ser **magnético**, puesto que el sonido producido por la cuerda es captado por la pastilla de la guitarra como una alteración del campo magnético. Por otro lado deberá tener una buena **resistencia a fatiga y resistencia a tracción**, al encontrarse sometida a esfuerzos de tracción y cargas puntuales constantes. Será necesario también que el material elegido **vibre al recibir un impacto** (reflejado en un bajo valor del *mechanical loss coefficient*). Además, deberá tener una buena **resistencia a impacto, a la corrosión y a la abrasión** para aumentar su durabilidad. Por último, es deseable que tenga una **baja densidad** para aumentar el intervalo de frecuencia de vibración, un **precio bajo** y que sea posible su **fabricación mediante extrusión**, al tratarse del método más común y simple.

Selección de materiales considerando materiales no híbridos como solución

En primer lugar, se procede a aplicar unas restricciones de tipo *limit* para que el material sea magnético y con resistencia excelente frente al agua (dulce o salada) y los ácidos débiles. A continuación se establecen unos valores de dureza (150 HV), resistencia a impacto (50 MPa·m^{0.5}) y resistencia a fatiga (240 MPa para 10⁷ ciclos) mínimos para los materiales a seleccionar. Reducido el número de candidatos posibles se procede a seleccionar las opciones finales empleando los índices de material explicados en el apartado de anexos. Con ellos se acotará la selección de materiales optimizando el coste por unidad de volumen y la frecuencia de vibración de la cuerda, a rigidez limitada (frecuencia y coste) y a resistencia limitada (coste). Por otro lado, se realizará un último índice a vibración limitada aumentando la amplitud de vibración.

Selección de procesos de fabricación considerando material no híbrido como solución

Para la selección del proceso óptimo, inicialmente, se establecen unos límites dimensionales de forma (prismática circular), espesor (0,1 mm– 1,5 mm) y peso (1g – 50g), y unos límites de materiales procesables (metales y aleaciones). Finalmente los factores determinantes serán el índice de coste relativo de producto y el lote económico, seleccionando así el proceso con mayor tolerancia de lote y menor índice de coste relativo, limitando este último a 10 €/unidad.

Selección de materiales considerando materiales híbridos como solución

Para las cuerdas agudas (menor sección) se optará por un material recubierto de polímero, consiguiendo una mayor resistencia a impacto y mejor durabilidad de cara a la corrosión. Para las cuerdas más graves se opta por introducir un entorchado de material metálico que reduzca el módulo de elasticidad disminuyendo la tensión necesaria para el afinado en cuerdas de mayor grosor. Se simplificará el entorchado como una capa de metal añadida al material multicapa. Para este segundo caso, se incluirá de nuevo el recubrimiento polimérico.

4. Resultados y Conclusiones

Tras resolver el problema, según lo propuesto anteriormente, se procede a la exposición de los resultados obtenidos.

Para la selección del material no híbrido, se acotan los materiales posibles hasta cinco, siendo todos ellos aceros inoxidables martensíticos: **AISI 403 hard temper, AISI 410 hard temper, AISI 414 intermediate temper, AISI 431 tempered at 260°C y AISI 431 tempered at 593°C.**

Todos estos materiales son buenas opciones que cumplen las restricciones establecidas, pero finalmente se tomará como selección final el acero **AISI 431 tempered at 260°C**, dado que es el que mayor resistencia a fatiga tiene. Tal y como se puede comprobar en la Tabla 2, este material tiene mejores prestaciones mecánicas que los materiales de referencia, destacando su elevada resistencia a fatiga. Como única desventaja comentar un ligero aumento del coste.

En lo referente a procesos, se ha reducido el número a tres posibles métodos de fabricación, siendo estos: **Impact extrusión, die pressing and sintering** y **powder injection molding**. Teniendo en cuenta el proceso de índice de coste relativo menor, y que mayor amplitud de lote económico tiene, se seleccionará **impact extrusión** como la opción óptima.

En cuanto a los materiales híbridos, para el caso de cuerdas agudas, el polímero de recubrimiento escogido, tras una selección teniendo en cuenta, resistencia a fatiga, dureza, resistencia a corrosión y resistencia a impacto, será el **polipropileno con 50% de fibra de vidrio**, ya que cumple con los requisitos siendo uno de los de menor precio por unidad de volumen. Por tanto el material híbrido realizado, será un material multicapa (3 capas) con un núcleo del acero anteriormente escogido (AISI 431) y un recubrimiento de PP 50% fibra de vidrio siendo este recubrimiento aproximadamente el 11% del material.

Para las cuerdas graves se selecciona de una forma similar el material no híbrido, un material para el entorchado metálico. El material seleccionado es el **aluminum, commercial purity, 1050A, H19**. El material híbrido realizado será multicapa (5 capas) con un núcleo del acero anteriormente seleccionado, el recubrimiento polimérico, y teniendo en cuenta que el entorchado supone alrededor del 42% del material. Las propiedades de ambos materiales híbridos, están recogidas en la Tabla 2. Para las cuerdas agudas observamos unas prestaciones mecánicas muy similares al material no híbrido, teniendo un ligero aumento de coste, mientras que para las cuerdas graves, se aprecia un menor módulo elástico, lo cual favorece a la elasticidad del material para el afinado, además de un menor precio y una disminución del límite elástico, menos necesario debido al aumento de sección y a la disminución de la tensión en notas graves.

Finalmente se realizará una estimación del coste por pieza, para cuerdas graves de 1 metro de longitud y 10 g de peso, con un lote de 10^5 unidades. El proceso de fabricación será extrusión por impacto, y se le añadirá el coste del entorchado y el recubrimiento polimérico, suponiendo este coste aproximadamente 0,12 €/ud. Teniendo en cuenta esto y un 25% de beneficio de venta, las cuerdas realizadas tendrían un precio estimado de venta de **0,28 €/ud.** (sin tener en cuenta el transporte ni el empaquetado).

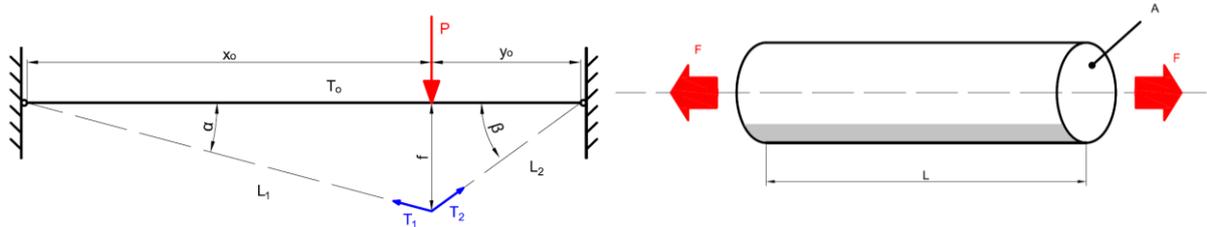
5. Bibliografía

- W. C. Young and R. G. Budynas, *Roark's formulas for stress and strain*, 7th. Ed. NY: McGraw-Hill 2002
- M. F. Ashby, *Materials selection in mechanical design*, 3rd. Ed. Oxford: Elsevier 2005
- C. Thompson (2015, December 3). Guitar Strings: Materials, constructions and benefits explained (1st Ed.) [Online]. Available: <https://reverb.com/news/guitar-strings-materials-construction-and-benefits-explained>

6. Anexos

Cálculo de los índices de material

Al tratarse de una cuerda que está sometida a una tracción constante (T_0) y cargas puntuales, a nivel de cálculo de esfuerzos, supondremos todas las cargas que se apliquen sobre él se transmitirán en forma de sobretensiones a tracción en la cuerda. Siendo la tensión final que soporta la cuerda (T) una suma de la tracción constante (T_0) y la tensión derivada de la carga puntual (P).



Siendo el área la variable libre y tratando de minimizar la masa, para posteriormente minimizar el coste, tenemos que:

- A rigidez limitada:

Trabajando en el campo elástico:

$$\sigma = E \cdot \varepsilon$$

$$\frac{F}{A_0} = E \cdot \frac{\Delta L}{L_0}$$

Siendo $F = T - T_0$

$$T - T_0 = \frac{E \cdot A_0}{L_0} \cdot \Delta L$$

Siendo la rigidez limitada (S):

$$S = \frac{E \cdot A}{L}$$

$$A = \frac{S \cdot L}{E} \cdot C \cdot E^{-1}$$

$$m = \rho \cdot L \cdot A \rightarrow m = \left[\frac{\rho}{E} \right] \cdot C$$

$$i = \frac{\rho}{E}$$

Este mismo razonamiento se puede aplicar para maximizar la frecuencia de vibración, puesto que minimizando la densidad se maximiza el valor de la frecuencia tal y como se ve en la siguiente ecuación:

$$f = \frac{1}{2 \cdot L} \sqrt{\frac{T \cdot L}{\rho}}$$

- A resistencia limitada:

El valor de resistencia en el límite:

$$\frac{T}{A} = \sigma_f$$

$$A = \frac{T}{\sigma_f} = \sigma_f^{-1} \cdot C$$

$$m = \rho \cdot L \cdot A$$

$$m = \left[\frac{\rho}{\sigma_f} \right] \cdot C$$

$$i = \left[\frac{\rho}{\sigma_f} \right]$$

En nuestro caso, al querer minimizar el coste, la densidad ira multiplicada por este.

Por último, para que el material elegido no amortigüe el sonido usaremos el índice de material a frecuencia limitada para optimizar la amplitud de vibración tal y como se describe en el programa.

$$i = \eta E / \rho$$

Tablas y gráficas comparativas

	AISI 430	AISI 1030	Nickel 205
Precio (€/m ³)	9,13·10 ³ -1,18·10 ³	4,47·10 ³ -5,44·10 ³	6,72·10 ⁴ -7,6·10 ⁴
Densidad (kg/m ³)	7,62·10 ³ -7,82·10 ³	7,8·10 ³ -7,9·10 ³	8,83·10 ³ -8,94·10 ³
Módulo de elasticidad (Gpa)	195-205	208-216	190-220
Límite elástico (Mpa)	245-345	310-380	125-160
Resistencia a fatiga a 10 ⁷ ciclos (Mpa)	225-249	250-293	160-260
Mechanical loss coefficient	8,9·10 ⁻⁴ -0,00142	8,9·10 ⁻⁴ -0,00111	0,0012-0,0018

Tabla 1. Propiedades materiales típicas empleados en fabricación de cuerdas de guitarra

	AISI 431	Híbrido agudo	Híbrido grave
Precio (€/m ³)	1,04·10 ⁴ -1,33·10 ⁴	10761,6	8588
Densidad (kg/m ³)	7,7·10 ³ -7,9·10 ³	7,08·10 ³	5,65·10 ³
Módulo de elasticidad (Gpa)	190-210	179	144
Límite elástico (Mpa)	925-1140	917	337
Resistencia a fatiga a 10 ⁷ ciclos (Mpa)	494-572	-	-
Mechanical loss coefficient	3,2·10 ⁻⁴ -4·10 ⁻⁴	-	-

Tabla 2. Propiedades materiales elegidos

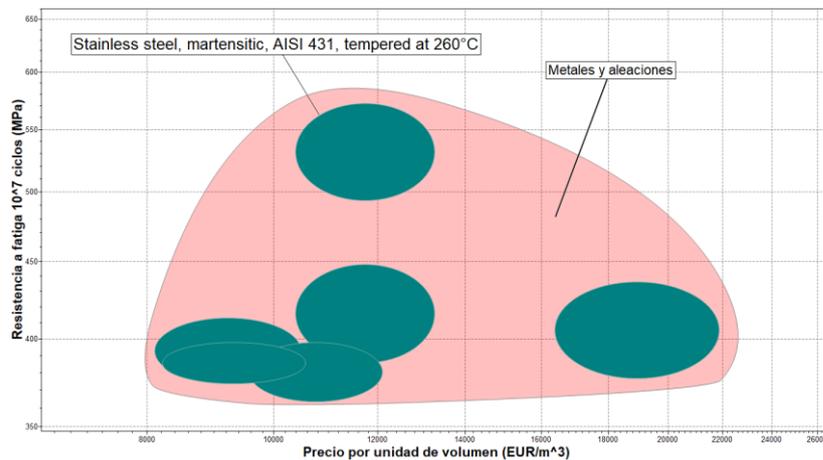


Ilustración 1. Gráfica comparativa resistencia a fatiga a 10⁷ ciclos

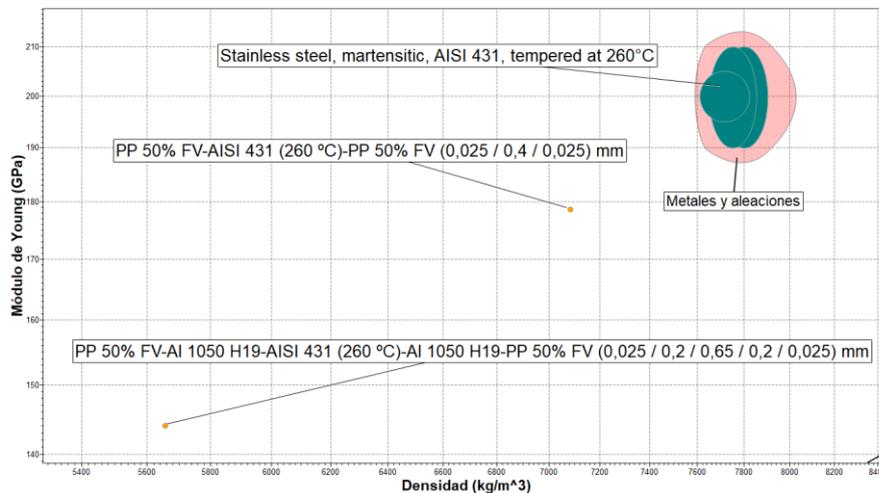


Ilustración 2. Índice de maximización de la frecuencia a rigidez limitada

Re-Ingeniería de la Polea

Universidad Pedagógica y Tecnológica De Colombia,
Tunja, Colombia

Tutor:

Humberto Alejandro López Medina

Alumno/s:

Yenifer Astrid Casto Palacios
Lina Fernanda Gómez Malagon
Brayan Stiven Suárez Alcocer

Resumen

Para evaluar la vida útil de un material, es necesario poder definir de una manera correcta a que factores y desafíos se enfrenta durante el trabajo; de esta manera se sabe que propiedades se deben superar, maximizándolas o minimizándolas, y la Re-Ingeniería de la polea busca superar las dificultades que se presentan durante la existencia útil de una polea común, mediante el reemplazo de material por uno que ofrezca características superiores, en esta caso encontramos factible reemplazar el aluminio usado en la polea por fibra de poliéster/E-glass, tejido, 65% en peso de vidrio, laminado biaxial.



Contenido

1. Objetivos	247
2. Planteamiento del Problema	247
3. Solución Propuesta	248
4. Resultados y Conclusiones	249
5. Bibliografía	249
6. Anexos.....	251

1. Objetivos

1.1 Objetivo general:

- Seleccionar un material por medio del programa CES EduPack que nos permita mejorar propiedades como: resistencia al desgaste, resistencia a la fatiga y tenacidad, respecto a la densidad, con la finalidad de reemplazar el aluminio, actualmente utilizado en poleas para motores eléctricos de compresores de aire.

1.2 Objetivos específicos:

- Investigar y evaluar las propiedades del material utilizado actualmente y determinar sus fallas en servicio.
- Evaluar el diseño y fabricación actual de las poleas y optimizar de manera que se pueda satisfacer los esfuerzos a los que se enfrenta durante su vida útil.
- Determinar la relación entre las propiedades mecánicas fundamentales de las poleas y los costos que genera el reemplazo del material.

2. Planteamiento del problema

¿Cómo evitar pérdidas económicas en las poleas elaboradas actualmente de aleaciones de aluminio, utilizadas en los compresores de aire en todos los sectores de la industria de ingeniería, mediante la búsqueda y el reemplazo de un nuevo material, aprovechando el mejoramiento de la relación de propiedades mecánicas VS densidad?

3. Solución propuesta

La capacidad de buscar y encontrar un material adecuado para reemplazar el de las poleas actuales es el desafío principal del planteamiento del proyecto. Para elegir un material, se debe conocer bien las propiedades de los materiales que actualmente se utilizan, en este caso, aleaciones de aluminio.

Las poleas de un compresor de aire, tienen la función de transmitir el movimiento generado en el motor mediante correas, hasta los pistones y de esta manera generar la compresión del aire del exterior. Durante este proceso, es común que dichas poleas fallen constantemente, debido al desgaste generado por la fricción que se da en el sistema polea-correa. Estas fallas en las poleas pueden dar lugar a pérdidas económicas, porque una vez dañada la pieza, habrá que parar el funcionamiento del motor. Es por esto que se pretende reemplazar el aluminio por un material que tenga propiedades mecánicas similares a este, como son: *Resistencia a la abrasión*, debido a que se puede desgastar por el contacto entre la correa y polea, *resistencia a la fatiga*, debido a los esfuerzos de compresión y tracción que se generan por acción de cargas cíclicas, *tenacidad*, debido a la gran cantidad de energía que experimentan.

Para que el material reemplace adecuadamente la función del aluminio, la densidad debe tener un valor adecuado, cercano al valor de densidad del aluminio, por esta razón se busca un material con una relación adecuada entre las propiedades mencionadas y la densidad.

Una de las pautas que también se debe tener en cuenta es el costo de la fabricación de la pieza por el cual se va a reemplazar, ya que al ser demasiado alto no sería rentable el cambio de material, debido a que el proyecto se pretende llevar a todos los sectores de la industria en general.

4. Resultados y Conclusiones

Lo que se debe tener en cuenta al momento de seleccionar un material es, que propiedades se van a mejorar del material base, en este caso es: la tenacidad, resistencia a la fatiga, resistencia a la abrasión. Todas estas anteriores maximizarlas, pero que su densidad sea tan baja como sea posible, o en su defecto que sea cercana a la del aluminio, sin alterar su costo.

Se toma como referencia o material base una aleación de aluminio 6063 con tratamiento térmico T-4, con base a este material se va a escoger el material por el que se quiere reemplazar. Como ya se mencionó, se debe conocer las propiedades que se quieren mejorar o maximizar.

Para seleccionar el material se usó el programa CES EduPack, elaborando las gráficas de tenacidad a la fractura vs densidad (**VER ANEXO 1**) y tenacidad a la fractura vs precio. (**VER ANEXO 2**). También se usó un índice que hace referencia a la tenacidad de la fractura en un elemento giratorio (**VER ANEXO 4**) donde la pendiente es 1 para poder tomar la referencia del aluminio y poder delimitar las gráficas. Teniendo en cuenta estas dos gráficas y el índice se empezó a trabajar con cada uno de los límites base de cada una de estas propiedades. En el programa se pueden variar los valores de las propiedades que intervienen en el proceso. Con base a esto se toma una densidad máxima de 2720 Kg/mm^3 , una resistencia a la fatiga de 122 MPa y una resistencia a la tenacidad mínima de $36 \text{ MPa}^{1/2}$. Teniendo en cuenta estos valores se hace una pre-selección de 88 materiales con esas propiedades. Para seguir reduciendo este grupo de materiales se escogió una familia de materiales que fue los materiales híbridos compuestos y de esta selección, se redujo a 25 materiales.

Como ya se tiene una reducción de la selección del material ahora se va a escoger otra propiedad importante para nuestro proyecto que es el precio del material, su valor promedio es de 4720 COP/Kg material. Con esta nueva selección se da como resultado la selección de dos materiales, uno Fibra de poliéster / vidrio E, barra pultruida y Fibra de poliéster / E-glass, tejido, 65% en peso de vidrio, laminado biaxial.

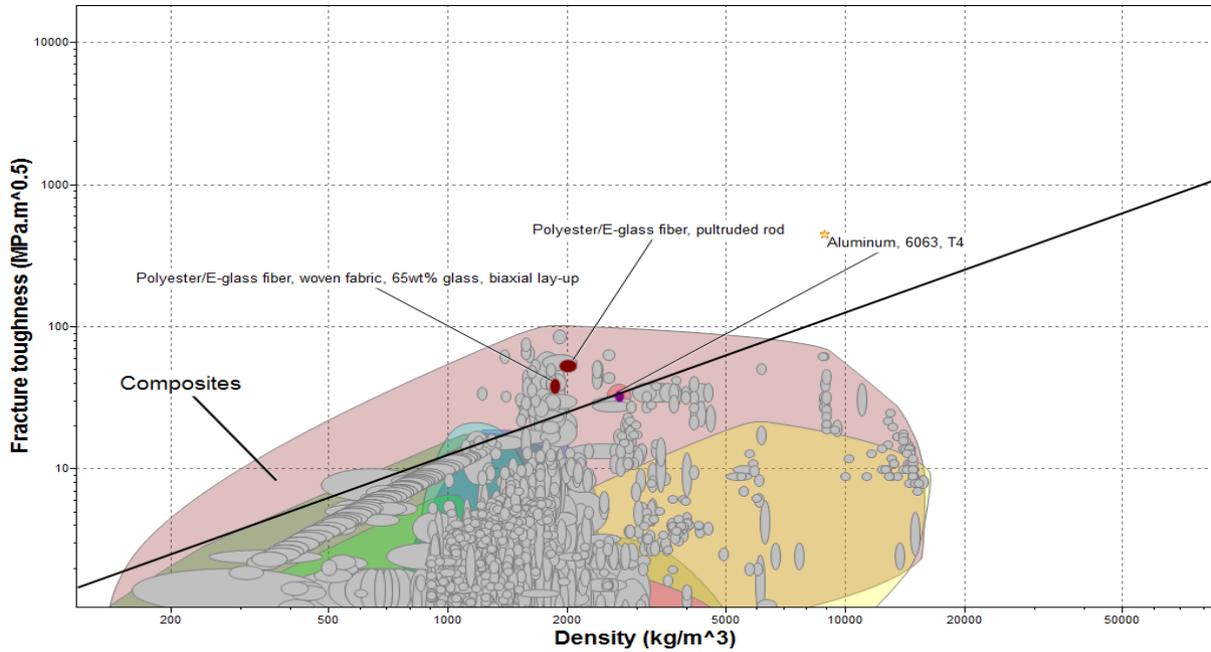
Se tomó como material a seleccionar es el poliéster compuesto con 65% de fibra de vidrio (**VER ANEXO 3**) debido a que es el material que tiene mejores propiedades respecto a su valor económico. Además el proceso que se adecua para la fabricación de las nuevas poleas, es el *moldeo por transferencia de resina*, inyectando la resina en un molde, que previamente tiene el material de refuerzo, a una presión de alrededor de 2 MPa .

BIBLIOGRAFIA

- Buchanan, K. et al. 2017. "Analysis of the Metastable Precipitates in Peak-Hardness Aged Al-Mg-Si(-Cu) Alloys with Differing Si Contents." *Acta Materialia* 132: 209–21. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1359645417303312> (March 9, 2018).
- Hu, Jiamin et al. 2017. "Enhanced Mechanical Properties of an Al-Mg-Si Alloy by Repetitive Continuous Extrusion Forming Process and Subsequent Aging Treatment." *Materials Science and Engineering: A* 695: 35–44. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921509317304550> (March 9, 2018).
- Remøe, Magnus S. et al. 2017. "The Effect of Alloying Elements on the Ductility of Al-Mg-Si Alloys." *Materials Science and Engineering A* 693(January): 60–72.
- Zhong, Hao et al. 2017. "Effect of Pre-Ageing on Dynamic Strain Ageing in Al-Mg-Si Alloys." *Materials Science and Engineering A* 687(January): 323–31. <http://dx.doi.org/10.1016/j.msea.2017.01.051>.
- Li, Yuanxing, Sifu Qiu, Zongtao Zhu, Dengquan Han, Jingqing Chen, and Hui Chen. 2017. "Intergranular Crack during Fatigue in Al-Mg-Si Aluminum Alloy Thin Extrusions." *International Journal of Fatigue* 100 (July). Elsevier: 105–12. <https://doi.org/10.1016/J.IJFATIGUE.2017.03.028>.
- Schwerdt, D., B. Pyttel, C. Berger, M. Oechsner, and U. Kunz. 2014. "Microstructure Investigations on Two Different Aluminum Wrought Alloys after Very High Cycle Fatigue." *International Journal of Fatigue* 60 (March). Elsevier: 28–33. <https://doi.org/10.1016/j.ijfatigue.2013.01.004>.
- Sepehrband, P., X. Wang, H. Jin, and S. Esmaili. 2018. "Interactive Microstructural Phenomena during Non-Isothermal Annealing of an Al-Mg-Si-Cu Alloy." *Materials Characterization* 137 (March). Elsevier: 212–21. <https://doi.org/10.1016/J.MATCHAR.2018.01.014>.
- Xiang, Ping, Liang-Jiu Jia, Mingzhe Shi, and Minger Wu. 2017. "Ultra-Low Cycle Fatigue Life of Aluminum Alloy and Its Prediction Using Monotonic Tension Test Results." *Engineering Fracture Mechanics* 186 (December). Pergamon: 449–65. <https://doi.org/10.1016/J.ENGFRACTMECH.2017.11.006>.
- Zavodska, Denisa, Eva Tillova, Mario Guagliano, Lenka Kucharikova, and Maria Chalupova. 2017. "Fatigue Resistance of Self-Hardening Aluminium Cast Alloy." *Materials Today: Proceedings* 4 (5). Elsevier Ltd: 6001–6. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2017.06.085>.

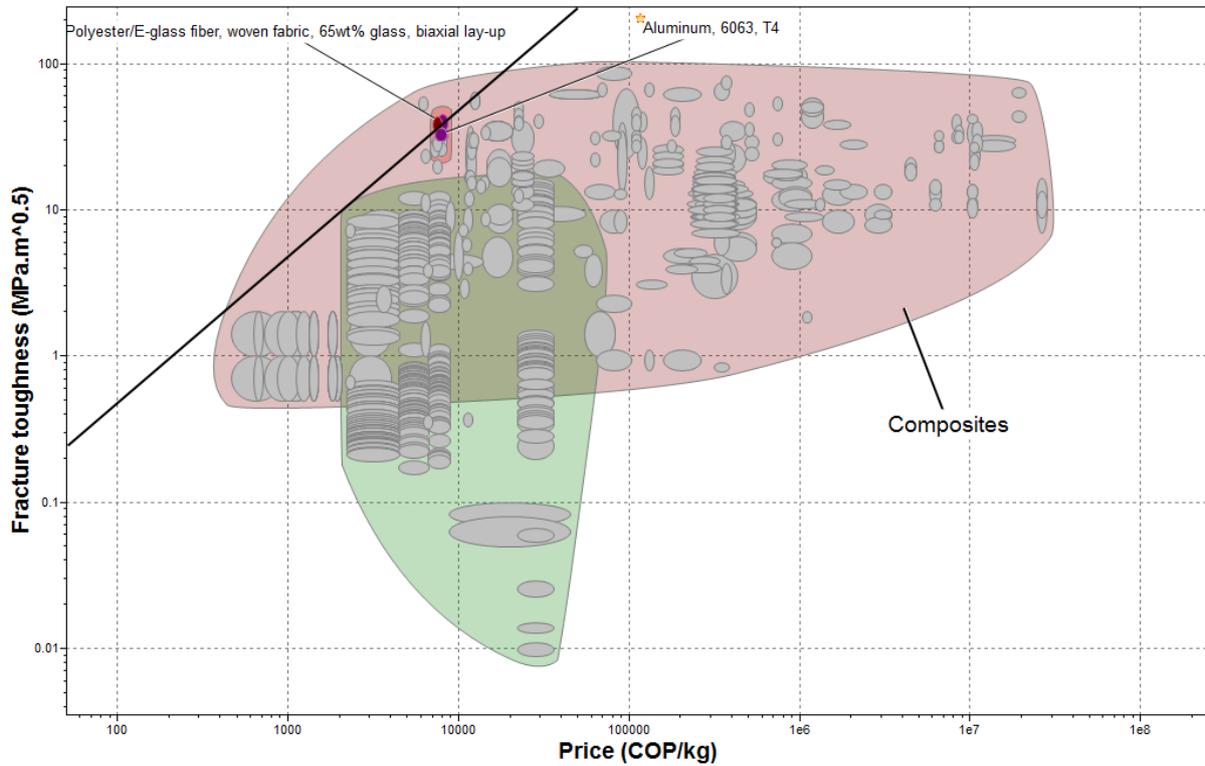
Anexos

Figura 1. Grafica de tenacidad a la fractura vs densidad



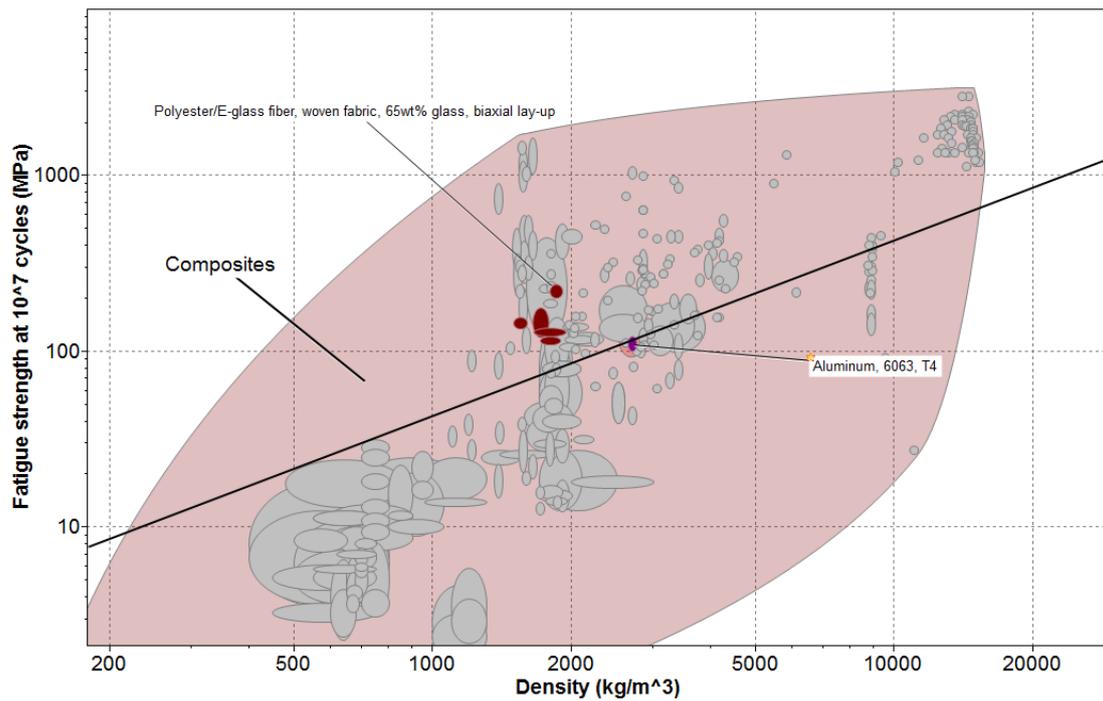
Fuentes: programa CES EduPack

Figura 2. Grafica de tenacidad a la fractura vs precio



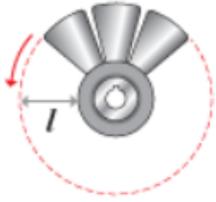
Fuente: programa CES EduPack

Figura 3. Grafica de resistencia a la fatiga vs densidad



Fuentes: programa CES EduPack

Figura 4. indice para diseños de tolerancia al daño.

Rotating blade		Resistance to fast fracture; blade length fixed	K_{Ic}/ρ	ρ/K_{Ic}
		Resistance to centrifugal loading; blade length fixed	σ_y/ρ	ρ/σ_y

- To minimize *cost*, use the above criteria for minimum mass, replacing density ρ by $C_m\rho$, where C_m is the material cost per unit mass.

To minimize *embodied energy* or *CO₂ footprint*, use the above criteria for minimum mass, replacing density ρ by $H_m\rho$ or $CO_2\rho$, where H_m is the embodied energy content per unit mass and CO_2 is the CO_2 footprint per unit mass.

To minimize *volume*, replace density ρ by 1 (one).

K_{Ic} = fracture toughness;

E = Young's modulus;

σ_y = failure strength (the yield strength for metals and ductile polymers, the tensile strength for ceramics, glasses and brittle polymers loaded in tension; the flexural strength or modulus of rupture for materials loaded in bending).

[Full list of symbols](#)

Fuentes: programa CES EduPack

Material de impulsor para el bombeo de aguas residuales en una bomba centrífuga

Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia Tunja,
Colombia

Tutor:

Álvaro Hernando Forero Pinilla

Alumno/s:

Diego Fernando Ávila García

Daniel Antonio Romero Díaz

Yeison Albeiro Ulloa Hernández

Resumen

El tipo de materiales suspendidos en las aguas residuales son muy complejos a la hora de ser transportados, debido a esto, partes de la bomba se ven gravemente afectados; principalmente el impulsor, por ello, el material de los impulsores de estas bombas deben seleccionarse de acuerdo a la composición de las aguas residuales y de la cantidad de agua que se va a bombear, es decir, el tamaño de la bomba centrífuga.

Una buena selección de dicho material representaría un aumento de vida útil de los impulsores, mejorando cada una de las propiedades implícitas; y así, evitando los mantenimientos periódicos llevados a corto plazo, ahorrando costos y produciendo un beneficio social en los acueductos y tratamiento de aguas residuales de pequeños municipios en el departamento de Boyacá.



Contenido

1. Objetivos	254
2. Planteamiento del Problema	254
3. Solución Propuesta	255
4. Resultados y Conclusiones	256
5. Bibliografía	256
6. Anexos.....	258

1. Objetivos

- 1.1 Optimizar el proceso de bombeo de aguas residuales para mejorar la calidad del servicio básico actual de algunos de los municipios del departamento de Boyacá
- 1.2 Mejorar la calidad del bombeo de las aguas residuales, por medio de una adecuada selección del material para el impulsor en las bombas centrifugas.
- 1.3 Seleccionar un material que cumpla con los mejores estándares de calidad, respecto a las propiedades físicas, químicas y mecánicas del impulsor en las bombas centrifugas.
- 1.4 Tener en cuenta la relación costo-beneficio de la pieza a optimizar

2. Planteamiento del problema

Las aguas residuales producidas día tras día por el hombre, representan un peligro para la sociedad, por lo cual, se les debe realizar un adecuado tratamiento debido a su alto contenido de sustancias y/o microorganismos.

Este tipo de sustancias y partículas sólidas suspendidas presentes en las aguas residuales, representan un problema al ser transportadas a través de bombas centrifugas, debido a las propiedades químicas, físicas y mecánicas que poseen estos fluidos, varias partes de las bombas centrifugas se ven afectadas, principalmente el impulsor. Uno de los principales problemas que afecta a los impulsores es la cavitación, debido a la fuerza centrífuga que este está ejerciendo. Otros problemas generados por la composición de las aguas residuales son la corrosión y el desgaste abrasivo, producto de los sólidos suspendidos presentes en estos fluidos.

Todas estas fallas que ocurren en los impulsores conllevan a un constante mantenimiento de las bombas centrifugas, lo cual ocasiona grandes costos a corto y largo plazo, generando una problemática ambiental, y además, un sobre costo en los sistemas de acueducto de pequeños y medianos municipios.

3. Solución propuesta

Para dar solución al problema planteado, se hará una selección del material más adecuado, teniendo en cuenta las propiedades (físicas, químicas y mecánicas), necesarias para el funcionamiento óptimo de la pieza; esto último con relación al menor costo posible. Para esto se hará uso de los diferentes tipos de herramientas que ofrece el software CES Edupack, relacionando resistencia a la fatiga (10^7 ciclos) vs densidad (kg/m^3), módulo de young (gpa) vs dureza (vickers), y densidad (kg/m^3) vs precio por unidad de volumen. De acuerdo a esto y apoyándonos en las bases de datos del software, podremos elegir el material que cuente con las propiedades adecuadas para la optimización del impulsor en las bombas centrifugas.

4. Resultados y Conclusiones

Según los datos obtenidos y las propiedades implícitas del impulsor, el material más adecuado para la optimización del mismo es la aleación estaño babbitt referenciada anteriormente en la gráfica número 2, debido a su elevada resistencia al impacto, temperatura de trabajo, resistencia a la fatiga, y resistencia a los efectos corrosivos de los ácidos. Respecto los materiales con que se construyen actualmente como las fundiciones, aceros inoxidable, aceros aleados y algunos bronce, las propiedades mecánicas, físicas y químicas de la aleación babbitt con superiores; al igual que su costo que es el principal diferencia, puesto que este es relativamente más bajo que los materiales ya nombrados.

A continuación, se resalta la durabilidad de la aleación babbitt, y como se puede observar su resistencia en los diferentes tipos de ambientes es superior y a la vez aceptable con respecto a los impulsores construidos en la actualidad.

Tin, Babbitt Metal Alloy 3

TABLA N.1

Durability		
Water (fresh)	(i)	Excellent
Water (salt)	(i)	Acceptable
Weak acids	(i)	Limited use
Strong acids	(i)	Unacceptable
Weak alkalis	(i)	Acceptable
Strong alkalis	(i)	Limited use
Organic solvents	(i)	Acceptable
Oxidation at 500C	(i)	Unacceptable
UV radiation (sunlight)	(i)	Excellent
Galling resistance (adhesive wear)	(i)	Excellent
Notes		

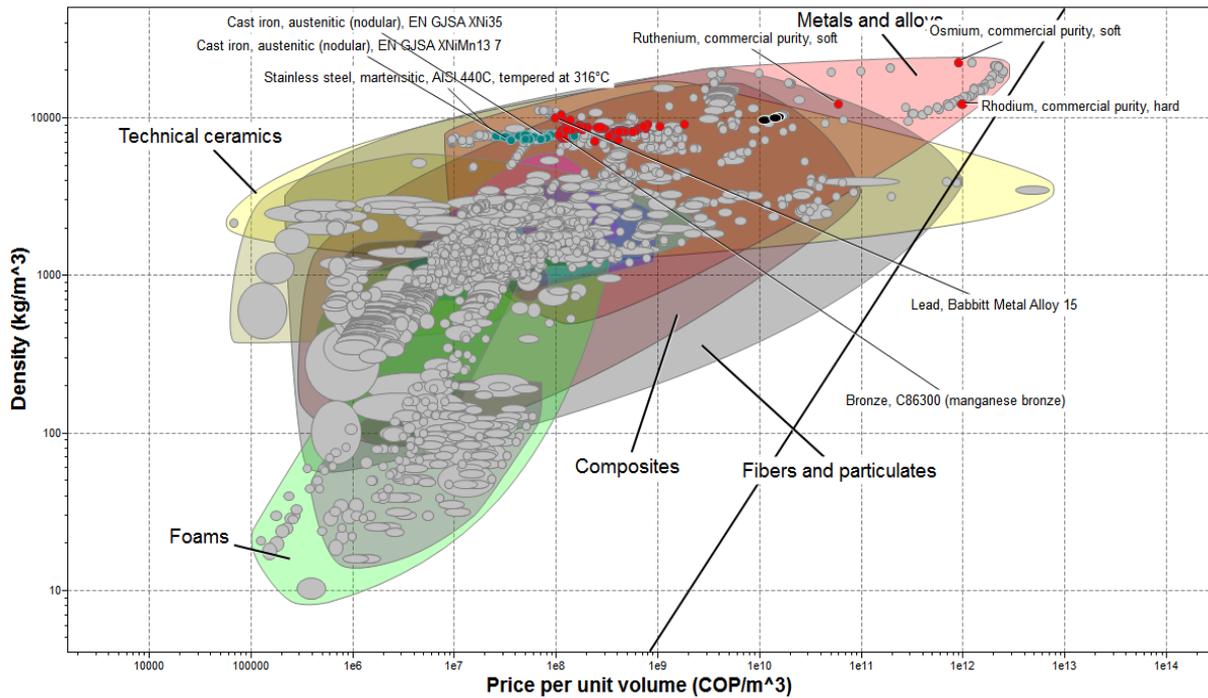
5. Bibliografía

QUIROGA Jabib, OVIEDO Silvia, GARCIA Alfonso. Detección de cavitación en una bomba centrífuga usando emisiones acústicas. En: Ingeniare: Revista Chilena de Ingeniería, Vol 20. (2012).

PEREZ, Rafael. "cavitación y materiales de construcción en las bombas centrífugas" {11 de marzo de 2018} disponible en: (https://revista.ismm.edu.cu/index.php/revista_tamg/article/download/151/152)

CASTILLO BARRERA, José encarnación {normatización en el diseño y construcción de bombas centrífugas horizontales para procesos}- {11 de marzo de 2018}- disponible en (<http://eprints.uanl.mx/546/1/1020124837.PDF>)

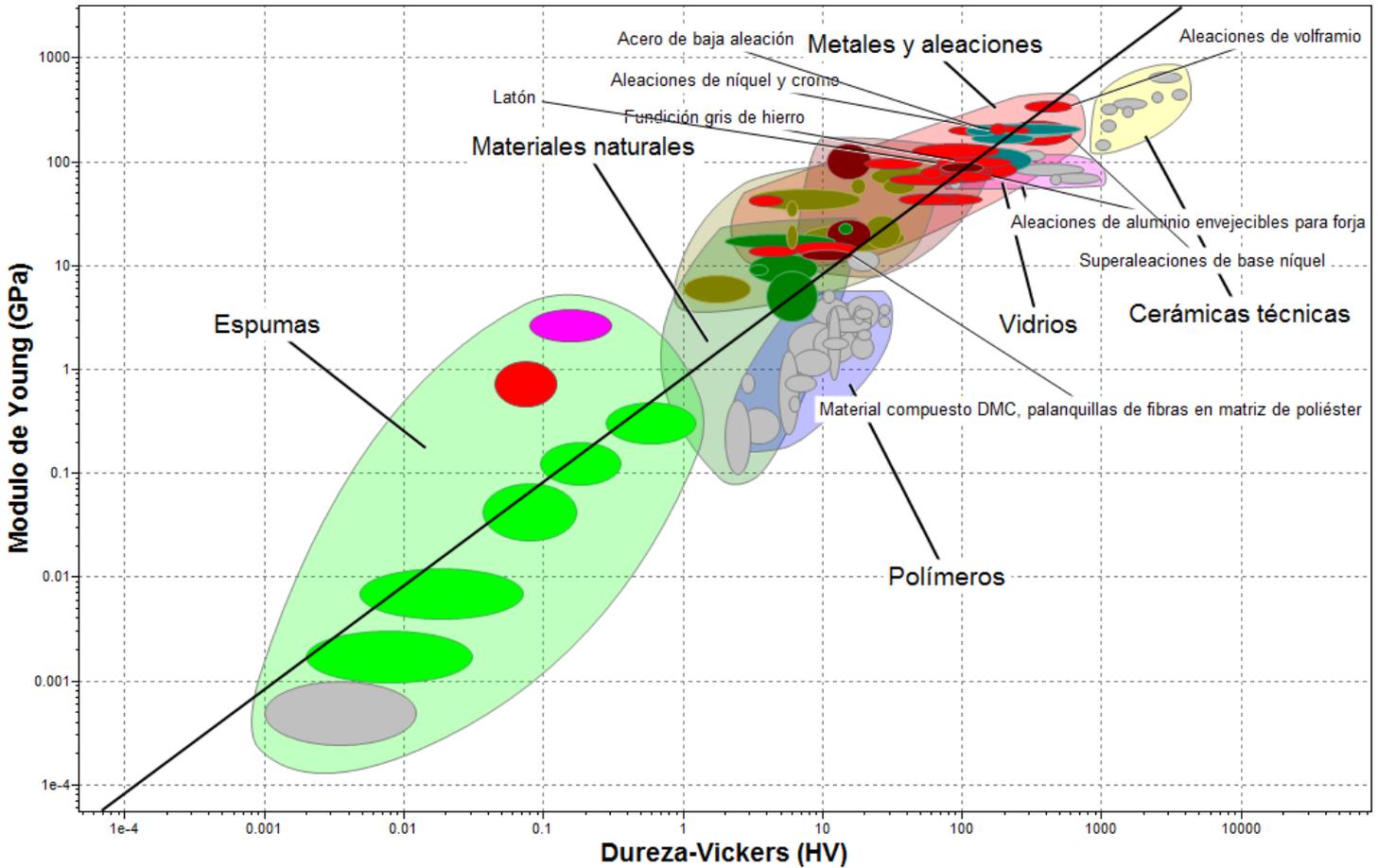
GRAFICA 1. DENSIDAD VS PRECIO POR UNIDAD DE VOLUMEN



Como se puede observar, el costo de la aleación estaño babbitt con respecto a materiales como bronce, aceros y algunas aleaciones; es relativamente bajo. Esto influye de manera directa en el costo de la pieza y desde luego en la bomba, generando beneficios en la adquisición de la misma y en el tipo de mantenimiento; ya sea preventivo, a corto, mediano y largo plazo.

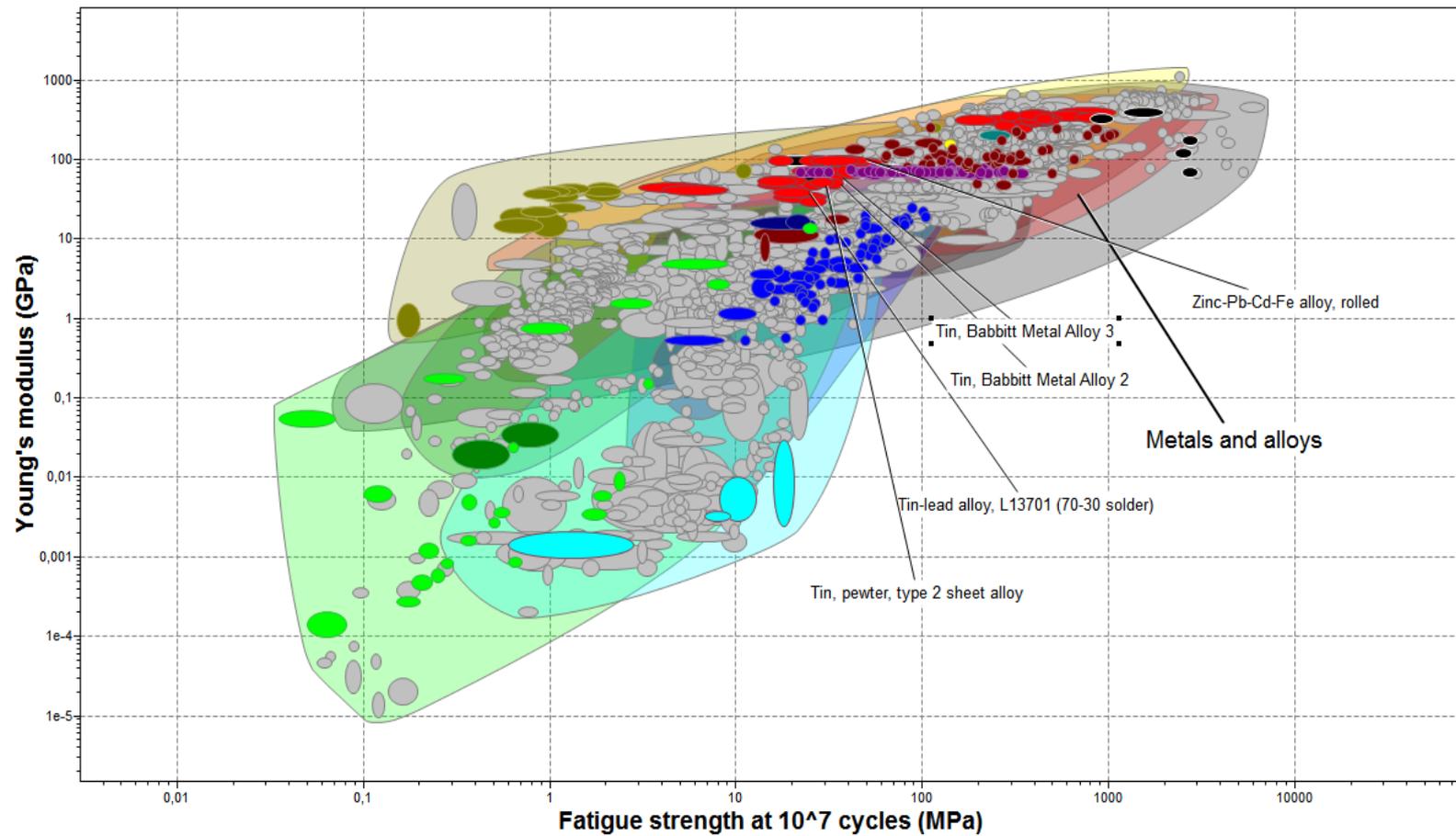
6. Anexos

GRAFICA 2. MODULO DE YOUNG (Gpa) VS DUREZA (vickers)



Para el caso de un impulsor de una bomba centrífuga es importante seleccionar un material con una dureza no muy alta ya que esto haría que el material sea frágil y por ende pueda fallar al momento por la abrasión que puede general el choque con los sólidos suspendidos que poseen las aguas residuales, igualmente hablando del modulo de young, se necesita un material que no tenga un muy alto modulo ya que significaría tener un material muy rígido y a la vez frágil.

GRAFICA 3. MODULO DE YOUNG (GPa) VS RESISTENCIA A LA FATIGA (10^7 ciclos)



Para la determinación de esta gráfica primero se utilizó la herramienta de limitación del software CES EDUPACK, en este caso se limitaron los materiales con respecto a su DURABILIDAD a aquellos que tienen resistencia al agua salada y solventes ácidos y resistencia a la fricción

Se tuvo en cuenta la resistencia a la fatiga de los materiales ya que debido al constante movimiento de rotación del impulsor y el constante choque de residuos con este puede generar fatiga por los esfuerzos cíclicos en este. La otra propiedad tenida en cuenta es la densidad ya que un material muy denso del impulsor puede dificultar el correcto funcionamiento de la bomba centrífuga.

Futuro del tanque de procesamiento lácteo para pequeños productores

Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia Tunja,
Colombia

Tutor:

ING. SARA MERCEDES BARROSO PINZON

Alumno/s:

JUAN CARLOS ALBA MUÑOZ

DANILO ARMANDO BARRERA ALARCON

ELIBERTO RAMIREZ RUIZ

Resumen

La actividad económica de la mayoría de los campesinos de municipios como combita y turmequé (Boyacá-Colombia) se limite a la producción ganadera, específicamente a la producción láctea. La fuente de ingresos de alrededor de 1700 familias obedece a la venta de leche cruda, sin la posibilidad de ofrecer al mercado un producto demandados como cuajada, queso campesinos y yogurt.

GRANTA
TEACHING RESOURCES



© Granta Design, 2018
For reproduction guidance, see back page

The Teaching Resources website aims to support teaching of materials-related courses in Design, Engineering and Science. Resources come in various formats and are aimed primarily at undergraduate education.

Contenido

1. Objetivos	261
2. Planteamiento del Problema	261
3. Solución Propuesta	262
4. Resultados y Conclusiones	263
5. Bibliografía	263
6. Anexos.....	265

1. Objetivos

- Seleccionar un material para la fabricación de un tanque de procesamiento lácteo con el uso del programa CES Edupack.
- Contribuir al justo y buen desarrollo de la economía del sector lácteo en pequeños productores.
- Obtener un tanque económico con características como baja densidad, conductividad.

2. Planteamiento del problema

La actividad económica de la mayoría de los campesinos de la región se limita a la producción ganadera, específicamente a la producción láctea.

La fuente de ingresos obedece a la venta de leche cruda, sin la posibilidad de ofrecer al mercado un producto derivado como cuajada o queso campesino. La fabricación del mismo en forma tradicional se ve envuelta en producción lenta y en condiciones de higiene deficiente. Los bajos volúmenes de producción en las fincas no permiten implementar tanques de procesamiento que además de ser muy costosos tiene un tamaño muy grande respecto a la producción.

3. Solución propuesta

La fabricación de un tanque para procesamiento lácteo que cumpla con las características específicas y condiciones de producción de los campesinos como son; sea liviano, con capacidad de 200 litros (no mayor), baja conductividad térmica, superficie lisa y sobre todo económica. Garantizando buenas prácticas en el procesamiento de leche cruda, y así contribuir en la mejora económica del sector con la aparición de nuevos empleos y mejor pago de sus productos.

4. Resultados y Conclusiones

El desarrollo del proyecto y el uso adecuado del programa CES EduPack, nos permitió obtener como resultado la selección de PVC rígido (dentro de 3582 opciones) como materia prima para la fabricación del tanque de procesamiento lácteo. Cumpliendo las propiedades térmicas, mecánicas y generales que estábamos buscando.

Además y específicamente nos ofrece las siguientes ventajas que son garantías para producir tanques de la más alta calidad y a un bajo costo.

- proceso de fabricación barato aplicado a los polímeros correspondientes al moldeo por inyección de polímeros termoplásticos.
- Bajo costo, además de ser un polímero obtenido a partir de materias primas naturales, por tanto menos dependiente de recursos no renovables.
- El PVC es un material inodoro, insípido e inodoro, además de ser resistente a la mayoría de los agentes químicos.
- Resistente y liviano, adicional de una longevidad de más de 60 años.

CATÁLOGO DE MAQUINARIA PARA PROCESAMIENTO LÁCTEO, Cooperación Alemana al Desarrollo – GIZ, Ilata SAC, Lima Perú, Agosto 2013, (página web), documento PDF, fuente https://energypedia.info/images/c/c2/Maquinaria_para_L%C3%A1cteos.pdf

EQUIPOS PARA EL PROCESAMIENTO DE LÁCTEOS, sattler, Bogotá Colombia, 2018, (página web), fuente <http://sattlercolombia.com/>

COLOMBIA, A LA VANGUARDIA EN PRODUCCIÓN DE QUESOS: INFORME, contexto ganadero, última actualización: 03/31/2018 - 09:56 HRS COT, Bogotá Colombia, (página web), fuente <http://www.contextoganadero.com/ganaderia-sostenible/colombia-la-vanguardia-en-produccion-de-quesos-informe>

LONGEVITY® HIGHLY CROSSLINKED POLYETHYLENE, Zimmer is now Zimmer Biomet, New Zealand Limited, 2018, (pagina web), Fuente <http://www.zimmer.co.nz/contact-us-information.html>

6. Anexos

Figura 1 conductividad térmica de los materiales

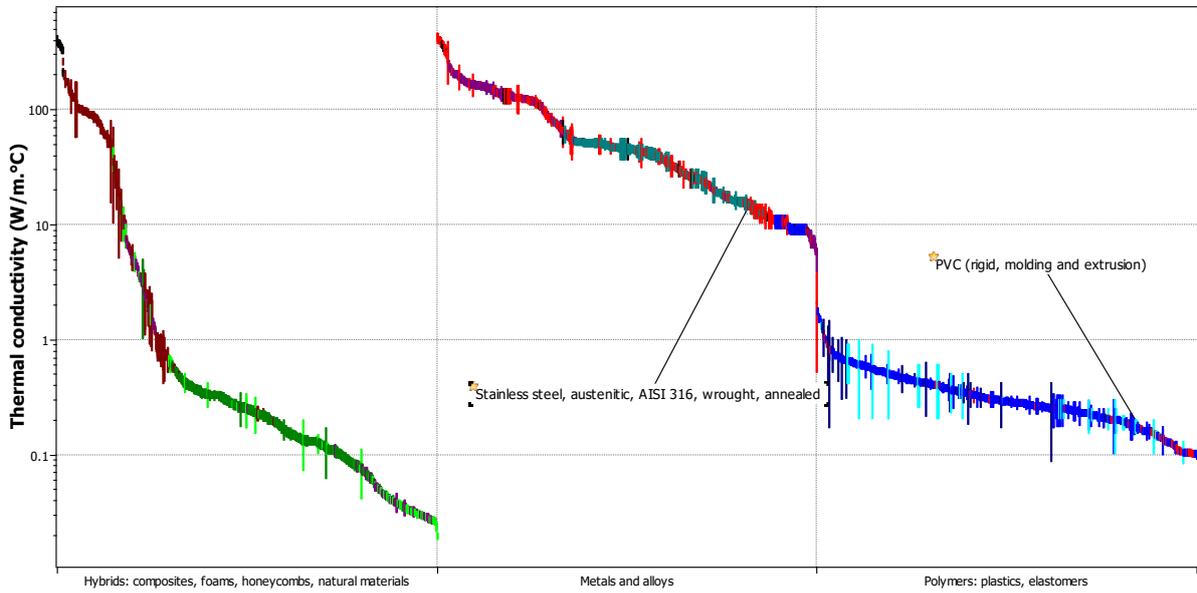


Figura 2 diagrama de Ashby para selección materiales para un tanque de procesamiento lácteo

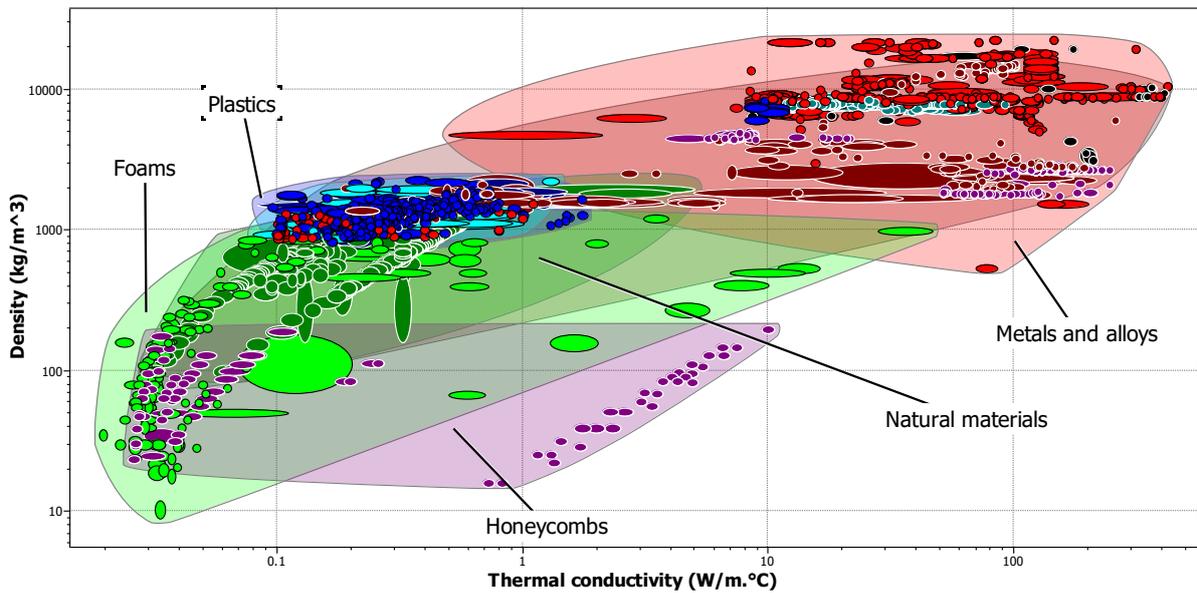


Figura 3 diagrama de Ashby secundario con limitaciones de propiedades de los materiales

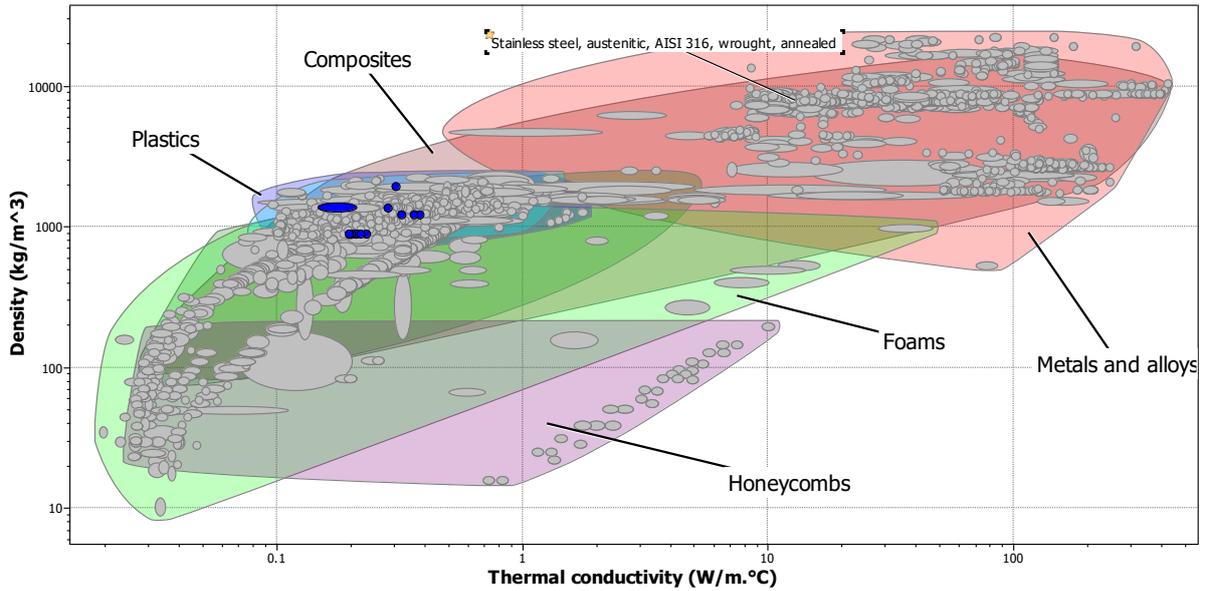
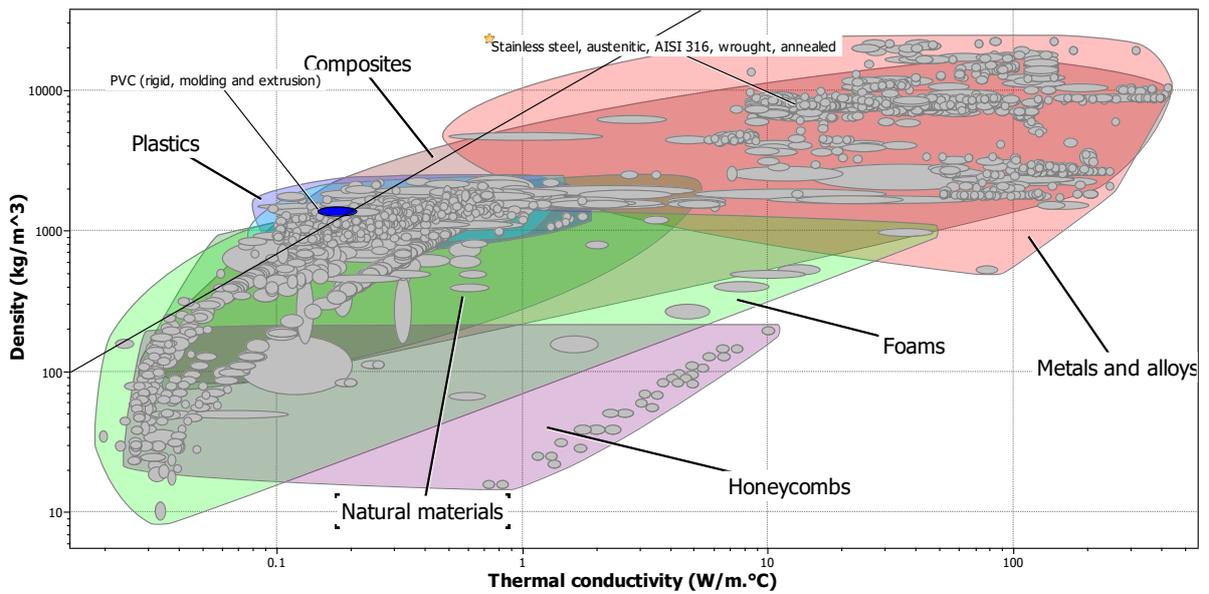


Figura 4 diagrama de Ashby terciario para la selección del material para el tanque de procesamiento lácteo



Demostración para el cálculo del índice de optimización

Ecuación 1

Transferencia de calor: $Q = KA \frac{\Delta T}{\Delta X}$

Ecuación 2

Masa: $m = \rho AL$

Despejando el área (A) de las ecuaciones 1 y 2.

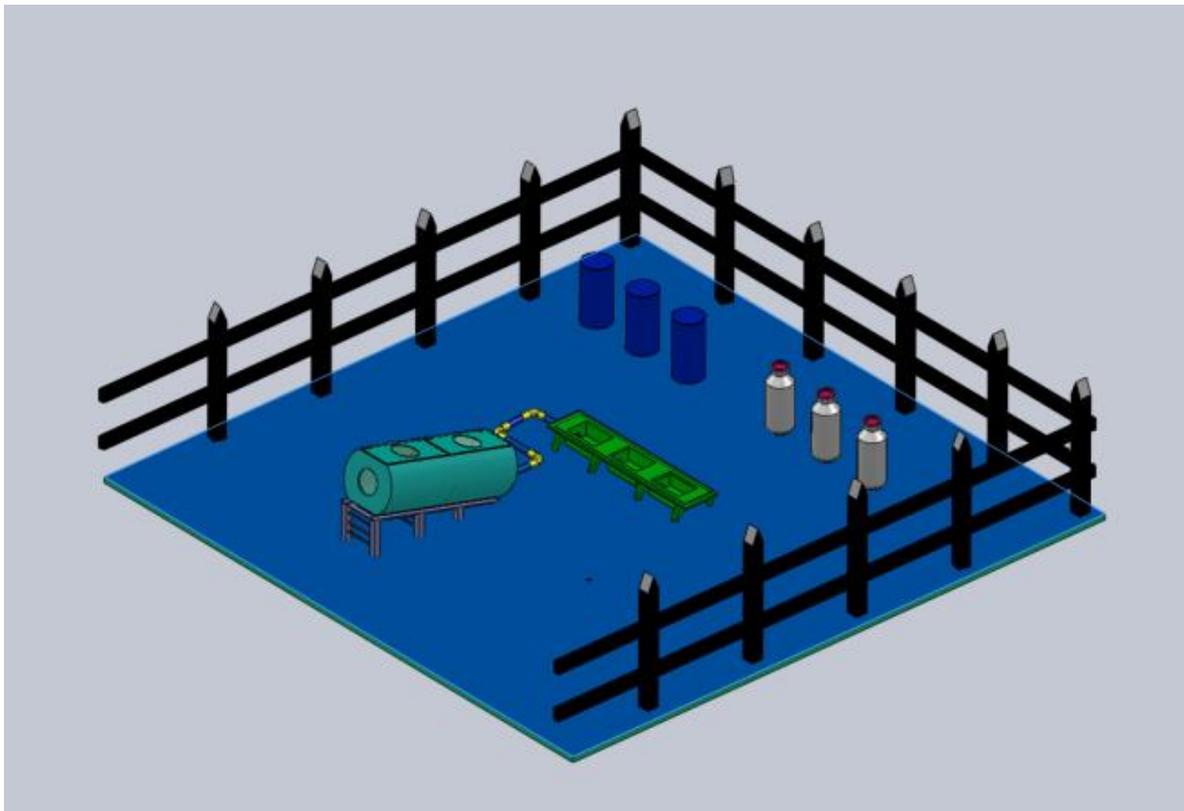
$$A = \frac{Q\Delta X}{K\Delta T} \quad \text{y} \quad A = \frac{m}{\rho L}$$

Igualando las dos ecuaciones y despejando la masa.

$$m = \left(\frac{\rho}{K}\right) \frac{Q\Delta XL}{\Delta T}$$

Índice de optimización densidad sobre conductividad térmica se grafica una pendiente de 1

Figura 5 diseño de tanque de procesamiento lácteo



Fuente: (diseñado en el programa SOLID WOK por los participantes)

Espinilleras a nivel de mundial

Universidad pedagógica y tecnológica de Colombia,
Tunja, Colombia

Tutor:

José Luis Cuadros Unibio

Alumno/s:

Andrés Alejandro Avella Vargas

Jaime Duvan Saavedra león

Jhonatan Alexander Salamanca Morales

Resumen

En el mundo existen diferentes deportes, dentro de toda esa variedad de deportes el futbol es el autor de que se muevan la mayor cantidad de masas. Debido a que es un deporte de contacto se necesita que el jugador cuente con un tipo de protección que se encargue de mitigar las lesiones graves e incluso fracturas. El principal elemento de protección con el que cuenta cada jugador, son las espinilleras las que se encargadas de proteger la parte de la pierna que es más propensa a recibir impactos de considerable magnitud. Estas se fabrican en fibra de carbono, debido a que estos materiales tienen propiedades tales como, resistencia al impacto, una densidad baja que favorece al jugador en cuanto a la comodidad. Debemos elegir un material capaz de cumplir con los requerimientos mencionados y sea considerablemente más económico y amigable con el ambiente.



Contenido

1. Objetivos	269
2. Planteamiento del Problema	269
3. Solución Propuesta	270
4. Resultados y Conclusiones	271
5. Bibliografía	271
6. Anexos.....	272

1. Objetivos

- Seleccionar un material que cumpla con las propiedades requeridas para elaborar una espinillera de excelente calidad.
- Reducir los costos generados por los materiales utilizados en las espinilleras de fibra de carbono, haciéndolas asequibles a la mayoría de la población que practica fútbol.
- Elegir un material que reduzca la huella de CO2 en su fabricación y que sea amigable con el medio ambiente.

2. Planteamiento del problema

Como bien sabemos la fibra de carbono ofrece un sinnúmero de propiedades, pero su costo es elevado y no es asequible para la mayoría de personas, es por eso que nosotros pensamos en seleccionar un material que permita que las espinilleras para futbolista mantengan un alto grado de resistencia, comodidad y ligereza, seleccionando un material diferente al ya conocido con fibras y plásticos; pero que no tengan un elevado costo y que estén al alcance de las persona que practican este deporte, tanto aficionados como profesionales.

Los materiales utilizados permiten darnos índices similares a los de la fibra de carbono al igual que un excelente confort para los deportistas que las usan pero reducción de su costo considerablemente.

3. Solución propuesta

Después de utilizar el programa CES EduPack y de hacer un filtro minucioso aprovechando cada una de las herramientas que nos proporciona dicho programa seleccionamos un material que permite que nuestras espinilleras sean fuertes y económicas; el material seleccionado es una poliamida que tiene una composición de 60% de fibra de vidrio y 40% de nylon esto con el fin de aprovechar las propiedades que nos brinda este material, en cuanto a dureza y resistencia se refiere; el material elegido a parte de tener las características mencionadas, es amigable con el medio ambiente reduciendo considerablemente la huella de CO2 producida por los distintos materiales utilizados en la producción de espinilleras.

El material seleccionado es PA66 (60% fibra de vidrio), este material hace parte de la familia de los plásticos (termoplástico y semicristalino).

4. Resultados y Conclusiones

En la gráfica 1, el material seleccionado en el CES EduPack 2017, nos permite comparar la resistencia a la fractura y el precio por unidad de volumen con el material que es utilizado comúnmente en la fabricación de las espinilleras, podemos observar que el material que seleccionamos es considerablemente más económico que las fibras de carbono en resina epoxi sin dejar de lado que el material seleccionado tiene una alta resistencia a la tenacidad.

En la gráfica 2, el PA66 es un material con densidad levemente superior a la de las fibras de carbono en resina epoxi, pero evidentemente produce menos emisión de CO₂, lo que resulta importante, dado que se debe mitigar el impacto ambiental en los procesos de fabricación.

En la gráfica 3, es importante porque resalta algunas de las variables más relevantes en el diseño de las espinilleras, debido a que nuestro objetivo es seleccionar un material con propiedades semejantes a las de la fibra de carbono.

Conclusiones

- El programa CES EduPack 2017 es un software importante en la selección de materiales que permite filtrar, identificar y elegir un conjunto diverso de materiales, dependiendo de las propiedades necesarias para determinado proceso requerido; las herramientas que nos brinda nos dan una respuesta exacta a las necesidades que tenemos.
- Comparando nuestro material seleccionado (PA66), con las fibras de carbono en resina epoxi que son los materiales generalmente usados en las espinilleras, podemos identificar que nuestro material cumple con las características necesarias para este implemento deportivo, con la ventaja de tener un bajo costo.

5. Bibliografía

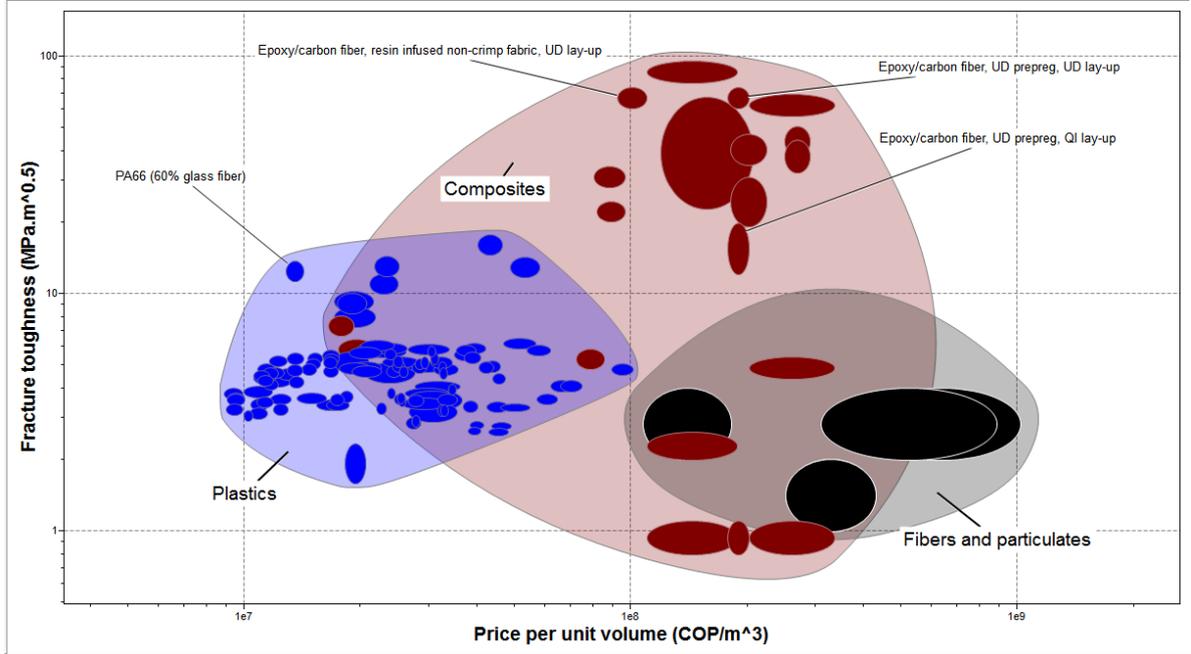
<http://blog.futbol.deathlon.es/como-elegir-las-espinilleras/> .

CES EduPack 2017.

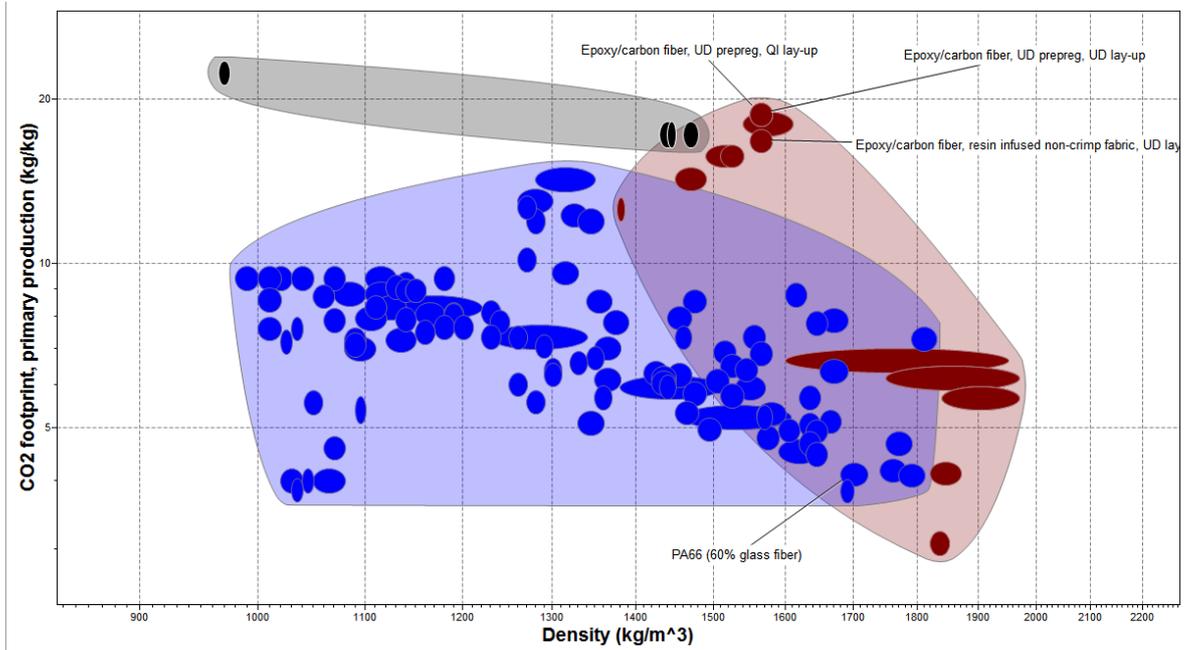
<https://www.espinilleraspersonalizadas.es/deportes/espinilleras-para-futbol/> .

6. Anexos

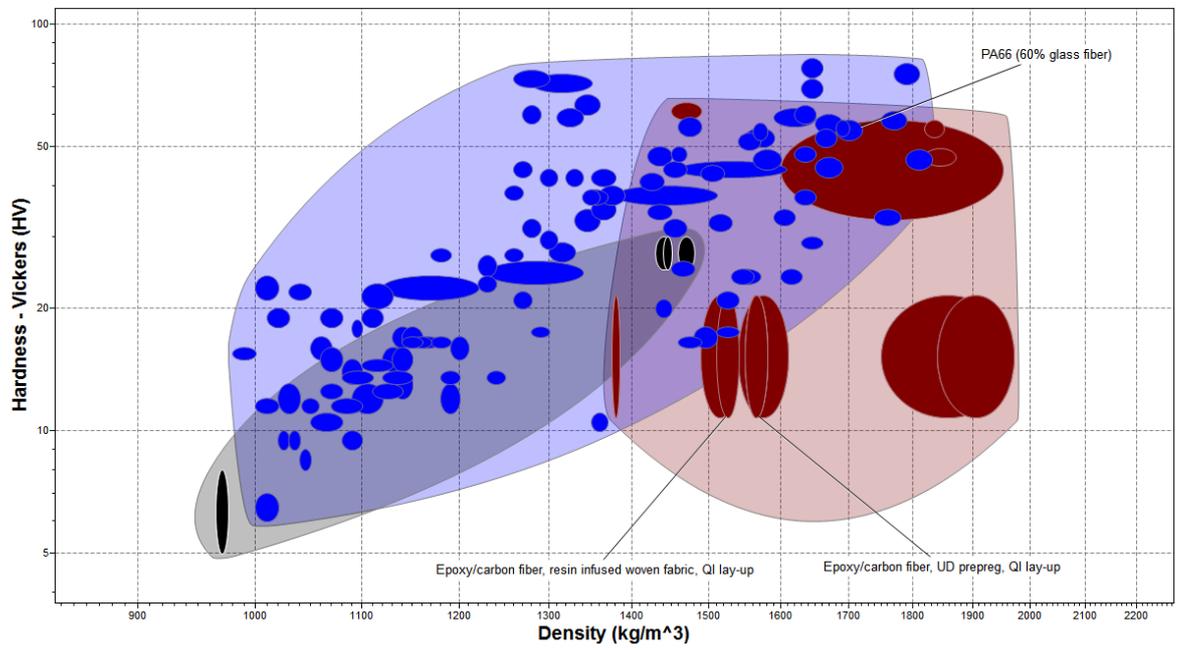
Grafica 1.



Grafica 2.



Grafica 3.



Adiós al resbalón

Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia,
Tunja, Colombia

Tutor:

Jorge Nevardo Prieto Muñoz

Alumno/s:

Jairo Ernesto Pardo Díaz
Paola Andrea Sánchez García
Edwin Giovany Sánchez López

Resumen

Un elemento importante para usar las vías en forma segura es la demarcación vial; son señales elaboradas sobre la superficie del pavimento con pintura que contiene elementos reflectivos para que sean observables en la noche; dependiendo de las condiciones de operación de cada sector vial o intersección se pintan líneas, flechas, pasos peatonales, etc. En presencia de lluvia, situación frecuente en Colombia por su clima tropical, la pintura utilizada para la demarcación vial genera el deslizamiento de las ruedas de los vehículos y de los zapatos de las personas, causando accidentalidad que afecta la seguridad de los usuarios de las vías como peatones, motociclistas, conductores, etc. Una alternativa para solucionar este problema, es encontrar un material que se pueda utilizar como agregado, para que la fricción superficial sea mayor y además complemente y mejore las características del pavimento relacionadas con generar fricción en el contacto neumático-pavimento, zapatos-pavimento.



Contenido

1. Objetivos	275
2. Planteamiento del Problema	275
3. Solución Propuesta	276
4. Resultados y Conclusiones	277
5. Bibliografía	278
6. Anexos.....	279

1. Objetivos

- Seleccionar un material innovador que mejore las propiedades de operación de los componentes que son usados usualmente en las vías de tránsito.
- Aumentar el coeficiente de rozamiento en función de la dureza del material para proporcionar una mayor interacción pavimento-neumático, pavimento-zapatos.
- Estudiar el comportamiento hidrofóbico del material seleccionado para que pueda cumplir con la función de repeler las sustancias acuosas de las pinturas reflectivas evitando un terreno liso.
- Encontrar un material que además de ser duro, posea una buena resistencia a sustancias acidas básicas orgánicas y a la radiación ultra violeta, así como también, estabilidad térmica a temperaturas entre -50 y 100° C.

2. Planteamiento del problema

El espacio de estudio del problema son las vías colombianas, especialmente aquellas de alto tránsito en donde se aplican pinturas reflectivas para proporcionar mejor visibilidad nocturna; también forma parte del espacio de estudio la infraestructura peatonal. Como síntomas del problema se encuentran los distintos casos de accidentes de tránsito, caída de peatones y lamentablemente pérdidas humanas. Estos infortunios suceden a consecuencia de los accidentes generados por deslizamiento de los vehículos, situación que se incrementa en frecuencia y gravedad en tiempos de lluvia. A raíz de que la pintura reflectiva cubre las texturas micro y macro del pavimento, reduciendo el coeficiente de fricción en el contacto neumático-pavimento, se crea una superficie lisa que no favorece la operación segura de los vehículos, especialmente en condiciones de lluvia. De continuarse esta situación, la accidentalidad continuaría aumentando mientras que se pierden vidas humanas y bienes materiales. El control a este fenómeno podría llevarse a cabo seleccionando un material que contenga propiedades que hagan frente a estas condiciones de operación, además que cumpla la norma colombiana. De esta forma la selección se dirigiría a un material duro, hidrofóbico y de alta durabilidad debido al desgaste que generan los esfuerzos del tránsito de vehículos.

3. Solución propuesta

Para la selección de un material apto para ejecutar la función propuesta se utilizaron los famosos diagramas de burbujas del profesor Michael Ashby contenidos en el software CES EduPack. Las propiedades a considerar para este proyecto son la dureza, la temperatura máxima y mínima de servicio. También, debido a los esfuerzos que experimentan los pavimentos por la circulación de vehículos, se implementó un índice que maximiza el rendimiento de los materiales para soportar cargas móviles que ejercen una presión perpendicular a la superficie y a la vez un desplazamiento horizontal generando abrasión.

De igual manera para filtrar y tener un mínimo grupo de materiales postulados que aparentemente podrían satisfacer las funciones requeridas, se tuvieron en cuenta las siguientes propiedades que son especificadas también en el manual de tránsito y transporte de Colombia (2015).

- Propiedades térmicas
- Propiedades ópticas
- Durabilidad con sustancias degradantes y radiación UV.
- Precio

Además, se han excluido los metales de la selección a razón de su alto costo y energía para su fabricación. Generalmente las cerámicas técnicas y las no técnicas son usadas para este tipo de funciones gracias a su gran dureza y resistencia a sustancias acuosas. La propiedad hidrofóbica del material puede depender tanto de su naturaleza como de su forma. Un material que permita el flujo y desalojo del agua y que sea además impermeable favorece a este tipo de propiedad.

La aplicación de este presunto material sería llevada a cabo por aspersión luego de instalada la capa asfáltica y antes de la agregación de las pinturas reflectivas. Esto debiera ser antes de que el asfalto perdiera sus propiedades adhesivas durante su instalación. La razón por la que no se modifica la naturaleza de las pinturas reflectivas es debido a que ya tienen una composición estandarizada que no puede ser modificada fácilmente.

Este material en las vías desempeñaría la función de la micro y macro textura (ver figura 1). Estas texturas son las encargadas de deformar la llanta cuando este pase de tal forma que el agarre y la interacción llanta-pavimento sea aún mayor. La razón por la cual el material debiera ser hidrofóbico es que cuando se aplique la pintura, esta capa no cubra el material de aporte, si no que este dirija el flujo hacia las zonas inferiores evitando que las texturas de agarre sean cubiertas, de esta forma las propiedades ópticas continúan, sin cubrir las partículas de contacto mecánico. De igual manera, cuando llueva, se desalojaría el agua gracias al mismo mecanismo. Preferiblemente, el factor de forma de este material debería ser de naturaleza esférica de modo que gracias a la fuerza gravitacional los fluidos fluyan hacia la zona más baja de la superficie donde no se encuentren las texturas macro y micro.

4. Resultados y Conclusiones

RESULTADOS

PROPIEDADES

Uno de los requerimientos para el material a escoger es el comportamiento térmico el cual se estudian en la figura 2, para detallar el rango de trabajo máximo y mínimo. Mediante una caja de selección se encuentran los siguientes materiales acordes a esta propiedad en función del precio: *las cerámicas son la familia de materiales más aptas para esta operación (según propiedades consultadas), aparecen también los elastómeros, aleaciones (descartadas anteriormente), polímeros y cerámicas no técnicas; destacando la alúmina de distinto tipo, aunque los otros materiales de cerámicas no técnicas también cumplen muy bien con los requerimientos.*

Según el estudio de la figura 3, se muestra un gran número de materiales que tienen una excelente resistencia a la radiación UV y al agua proveniente de las lluvias, encontrando en la selección: *las cerámicas técnicas (varios tipos de alúmina), la familia de los vidrios, aleaciones, polímeros y elastómeros nuevamente encontrando la alúmina como opción.* (La mayoría de los materiales cerámicos también poseen una notable resistencia a estas dos condiciones.

Es un factor importante la calidad óptica del material en función del precio. La figura 4, muestra el grafico que enfrenta estas dos condiciones y por medio del cual podemos obtener los siguientes materiales para esta función: *High lead glass, Alúmina (96), Zirconia bio cerámica, alúmina bio cerámica,*

De acuerdo con los esfuerzos a los que están sometidas las vías por el tránsito de vehículos pesados a altas y bajas velocidades, se midió el rendimiento mecánico de los materiales de estudio en función de su dureza y de su módulo de Young; para esto se usó una fórmula de maximización, detallada en la ecuación 1; la figura 5 muestra los materiales cuyo rendimiento es maximizado para esta acción mecánica encontrando nuevamente los materiales ya nombrados anteriormente, *Silicón carbide (sintered, beta) (RB), Alúmina (96), Zirconia.*

A raíz de que se observa el precio en función de todas las propiedades nombradas anteriormente, se seleccionaron una serie de materiales que cumplen satisfactoriamente con la función. La selección de un único opcionado se realiza a partir del precio y de sus propiedades hidrofóbicas. Las indicaciones de selección se muestran en la tabla 1.

CONCLUSIONES

El material seleccionado para ser suministrado por aspersión a los pavimentos y que mejore sus propiedades para seguridad de conductores y transeúntes es la Alúmina (96) debido a que desempeña correctamente todas las funciones aplicadas, también cumple y mejora los requerimientos de la norma técnica colombiana y en comparación con los otros materiales posee un precio más asequible. Además, este material posee características de repelencia al agua por lo que su flujo y desalojo será aún más fácil de realizarse.

5. Bibliografía

- **Libros:**

Materials Selection in Mechanical Design, 5ta Ed, Michael F. Ashby

Manual de señalización vial Dispositivos para la regulación del tránsito en calles, carreteras y ciclorrutas de Colombia, Ministerio de transporte de Colombia.

- **Textos:**

Guía metodológica para el diseño de obras de rehabilitación de pavimentos asfálticos de carreteras, Instituto Nacional de Vías (Colombia).

- **Páginas web:**

<http://www.colombia.com/actualidad/images/2008/leyes/transito.pdf>

<https://www.invias.gov.co/index.php/archivo-y-documentos/documentos-tecnicos/3825-manual-de-senalizacion-vial-2015?format=html>

<https://www.britannica.com/science/silicon-carbide>

<http://www.zirkonzahn.com/es/faq/informacion-general-zirconia>

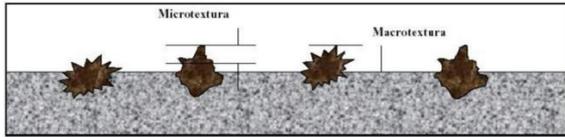
<https://www.elantechnology.com/ceramics/ceramic-materials/alumina-ceramics/96-alumina/>

- **Recurso lógico:**

Software CES EduPack, Granta Design, Versión 2016

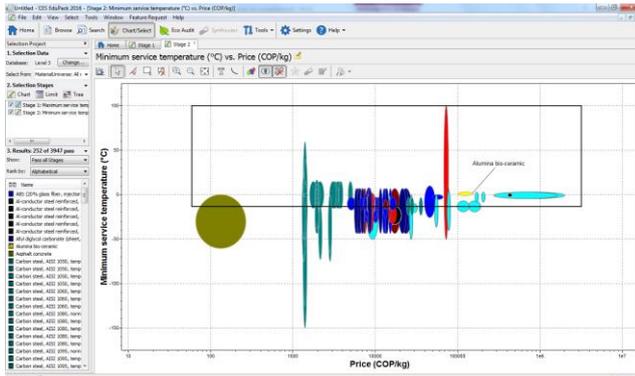
6. Anexos

Figura1.micro y macro textura en pavimentos



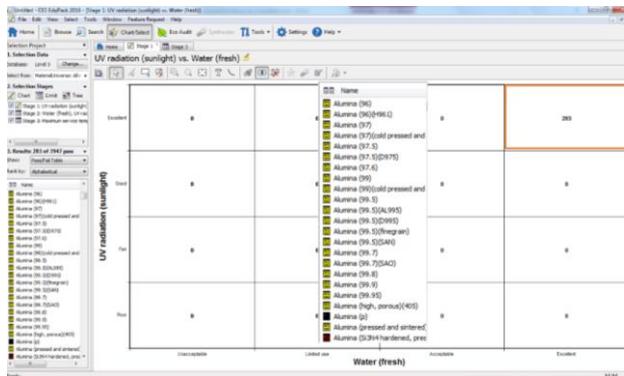
Fuente: Guía metodológica para el diseño de obras de rehabilitación de pavimentos asfálticos de carreteras.

Figura2.



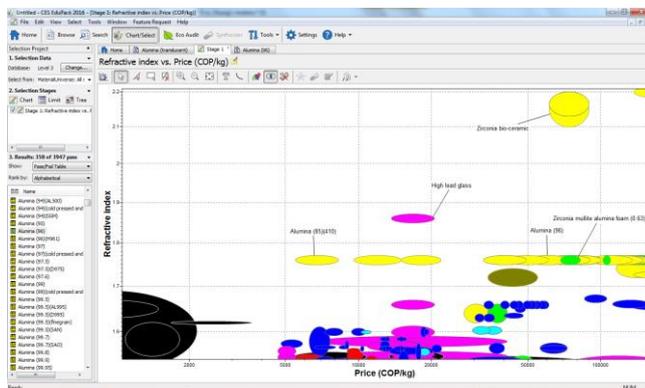
Fuente: software CES EduPack

Figura 3.



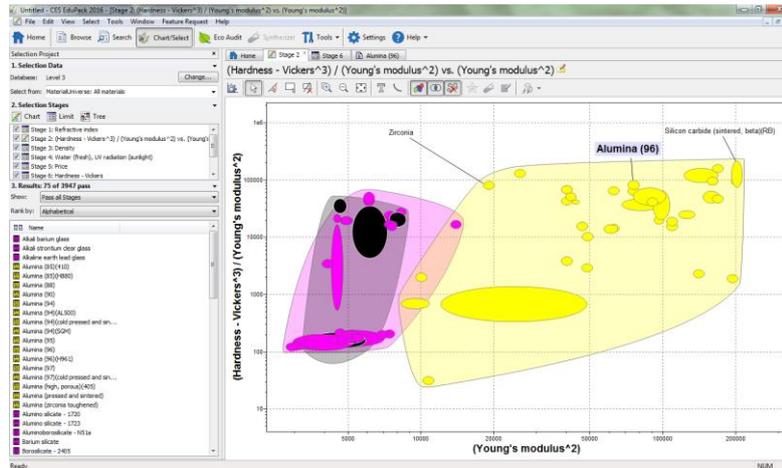
Fuente: software CES EduPack

Figura 4.



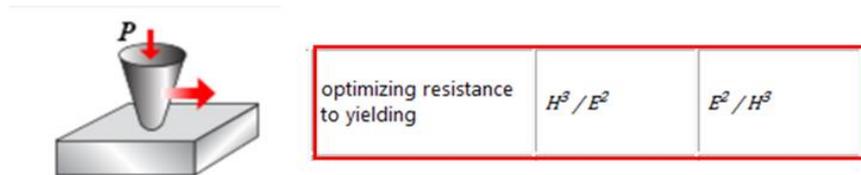
Fuente: software CES EduPack

Figura 5.



Fuente: software CES EduPack

Ecuación 1.



La forma de mostrar la maximización de esta fórmula en un gráfico de burbujas fue realizada teniendo en cuenta la dureza como propiedad predominante. En el eje y, se ubicó la expresión matemática de la maximización, mientras que en el eje x se muestra el módulo de Young. Para la maximización esta relación hace que el inverso del módulo del eje y se cancele con el modulo del eje x y así nos de la maximización en función de la dureza de los materiales que se muestran en la figura 5, de este modo se obtiene la maximización a partir de esta ecuación.

Tabla 1. Conclusiones para los materiales seleccionados

MATERIAL	CONCLUSIONES
Silicón carbide (sintered, beta)(RB)	Es un material que cumple todas las condiciones sin embargo el precio es muy alto
Alúmina (96)	Material de precio medianamente alcanzable además cumple todas las condiciones
Zirconia	Material caro aunque cumple con todas las condiciones

Fuente: Autores

Protección de aeronaves contra la radiación solar

Universitat Politècnica de València,
Valencia, España

Tutor:

Andrés Omar Tiseira Izaguirre

Alumno/s:

Esther Bastida Pertegaz

Silvia López Mestre

Javier Tuñón Molina

Resumen

Empleo del software CES Edupack para encontrar un material que proteja a la tripulación de las aeronaves frente al efecto de la radiación solar y espacial.



Contenido

1. Objetivos	282
2. Planteamiento del Problema	282
3. Solución Propuesta	283
4. Resultados y Conclusiones	284
5. Bibliografía	285
6. Anexos	286

1. Objetivos

El objetivo principal de este proyecto académico es encontrar un material capaz de proteger de la manera más eficaz posible a los aeroplanos de la radiación solar en su conjunto. Las aeronaves más susceptibles de recibir mayor índice de radiación son las que vuelan por encima de FL320. De esta finalidad se derivan las siguientes: la reducción de la gran cantidad de efectos perjudiciales para la salud que conlleva una exposición prolongada a esta emisión radiactiva, así como de las interferencias que causa en el equipo aéreo.

Otro de los propósitos perseguidos durante la realización de este estudio es aportar información que dé a conocer la radiación solar y sus efectos en la salud humana, debido al escaso conocimiento que se tiene sobre esta materia a nivel general.

Finalmente, entre los miembros integrantes de este equipo se busca ampliar los conocimientos poseídos sobre la importancia de la selección del material adecuado para lograr el objetivo perseguido en éste trabajo.

2. Planteamiento del problema

Principalmente, el problema que se pretende solucionar con la elección del material más apto es el escaso escudo que, hoy en día ofrece el fuselaje de las aeronaves de todo tipo contra la energía causada por la radiactividad solar en cotas donde el índice es alto. La media de altura a la que vuelan los aeroplanos, tanto comerciales como particulares (business aircraft), es suficiente como para recibir una cantidad de radiación poco recomendable. Esto causa, tanto graves problemas de salud a quienes la sufren como, un mal funcionamiento de ciertos componentes del avión. El conflicto tratado requiere, por tanto, una solución pronta y al mismo tiempo asequible, reto que no resulta sencillo.

Para lograrlo, se deberán analizar diferentes elementos teniendo en cuenta las exigentes restricciones que conlleva un aeroplano, y seleccionar el más acorde con los requerimientos necesarios.

3. Solución propuesta

Utilizando el software CES Edupack, y eligiendo Level 3: Aerospace, lo primero que se hace es establecer un límite para trabajar únicamente con los materiales que tengan una resistencia excelente a los rayos UV, imponiendo que tengan una resistencia excelente a la oxidación a 500°C.

(Figura 1)

Las propiedades de dureza y tenacidad acaban siendo incompatibles si existe un nivel excesivo de la primera, ya que el material podría acabar siendo frágil: para comparar ambas propiedades, se realiza una gráfica que compare ambas propiedades. (Figura 2) Al valorar los resultados y señalar los materiales que presentan valores altos en ambas propiedades, se ha podido establecer límites de 100 HV y 5 MPa.m^{0.5}. (Figuras 3, 4)

En una gráfica posterior, son representadas otras dos propiedades mecánicas necesarias: resistencia a la tracción y resistencia a la fatiga; como se puede apreciar, son mayoritariamente proporcionales. Así, se establece un mínimo de 100 MPa en ambas propiedades mecánicas (Figura 5). El material debe ser también resistente a la corrosión; esta propiedad es muy importante, aunque se debe recordar que estará protegido por la Clearcoat: para ello, se ha impuesto un valor excelente en la resistencia al efecto continuado del agua, lo cual garantiza protección contra los agentes meteorológicos. (Figura 6)

Finalmente, la última gráfica contiene las propiedades secundarias pero que pueden ser determinantes para la elección del material: densidad y precio, pues como premisa de éste equipo, se quiere un material que sea lo más ligero y lo más rentable posible. (Figura 7)

Tras una intensa investigación se ha decidido que la medida más apropiada para reducir la exposición de pasajeros y tripulación de aeronaves a la radiación sea emplear una aleación de níquel titanio austenítica. Además, con el resultado obtenido de la búsqueda de información se llegó a la conclusión de que el método de aplicación más adecuado, en cuanto a practicidad, ligereza y precio, es en forma de una pintura que reemplace a las utilizadas actualmente en el sector aeroespacial. Por lo tanto, se recomienda emplear el método BCCC (*Base Coat Clear Coat*) implantado hace unos pocos años.

Se han descartado otros materiales para realizar la pintura ya que la aleación nombrada no solo presenta una relación densidad precio excelente, sino que además destaca por sus propiedades necesarias para esta función. (Figura 8)

4. Resultados y Conclusiones

Antes de alcanzar la solución propuesta, se ha descartado diversos materiales que en un principio se consideraban como posibles salidas al problema planteado al inicio del proyecto; como la opción del material multicapa a base de aluminio y polietileno porque, a pesar de presentar una extraordinaria protección contra la radiación, su elevada densidad implica una masa desorbitada que, aunque los motores de las aeronaves podrían aguantar, el incremento de consumo de combustible no sería rentable para las aerolíneas, además de que se reduciría la velocidad media de los aviones en su actitud de crucero. Asimismo, se ha rechazado la idea de colocar imanes en el avión, por su tamaño, la energía que consumen y las posibles interferencias de los campos magnéticos con determinados sistemas de vuelo que posee un avión comercial o cualquier tipo de otra aeronave que opere a cotas altas. Otra solución desechada es el empleo de cromato de zinc, pues resulta altamente tóxico. Por último, también se ha descartado la adición de calcio al fuselaje del aeroplano, pues podría ocasionar la corrosión de este y por tanto una menor protección contra la radiación. De esta forma es como el calcio, que en un principio podría suponer una buena solución, acaba provocando el efecto inverso al deseado en este tipo de situaciones.

Atendiendo a las soluciones propuestas previamente, se puede determinar que la inclusión de la aleación Níquel-Titanio austenítica (también conocida como *Tinidur*, que se corresponde con las letras iniciales del Ti (Titanio) + Ni (Níquel) + Resistente) a una pintura supone la respuesta más viable a dicho problema. La pintura demostró ser la solución más apropiada debido al reducido aumento de peso que provoca en el aeroplano ya que las pinturas actuales de los aviones suponen, solamente, entre 200 y 300 kilogramos lo cual es una cantidad irrisoria en relación a la masa total del avión. Esto no significa que para el equipo sea un valor despreciable de peso, pero se debe considerar que se encuentra dentro de los valores estándares de peso que puede albergar hoy por hoy un avión comercial de los años 2000. Si bien es cierto que, al incluir un metal o aleación a dicha pintura su densidad aumentará, esta lo hará en unos niveles relativamente bajos ya que la cantidad de metal que se debe incluir en este tipo de pinturas oscila entre las 100 y las 600 partes por millón. Además, si se recurre al proceso conocido como "*Base Coat Clear Coat*" implantado por Avianca en el año 2013, se conseguiría reducir el número de capas de pinturas utilizadas y, por tanto, no habría una variación significativa en la masa de pintura aplicada sobre la aeronave. Dicho proceso consiste en la aplicación de una sola capa de pintura, y la posterior aplicación de un barniz hidrofóbico que actúa como protector frente a los agentes atmosféricos y la erosión.

El uso de una pintura destaca entre el resto de posibles ideas y soluciones posibles ya que no supone un gran cambio frente a la realidad actual. Es decir, es una solución cuya implantación es fácil y rápida ya que solamente se debería sustituir la pintura actual de los aviones por esta nueva. Además, como se ha mencionado anteriormente, la variación de la masa de pintura que se coloca sobre el avión es mínima por lo que apenas cambiarán la ratio de empuje/masa y el consumo de combustible y por tanto no habría cambios en la eficiencia de la aeronave ni en los niveles de contaminación de esta.

5. Bibliografía

- NAIRAS: http://sol.spacenvironment.net/nairas/Dose_Rates.html
- RaD-X: <https://science.larc.nasa.gov/radx/data.html>
- NASA risks: <https://www.nasa.gov/hrp/elements/radiation/risks>
- NASA solar irradiance: https://www.nasa.gov/mission_pages/sdo/science/solar-irradiance.html
- Artículo: <http://www.lavanguardia.com/ocio/viajes/20170511/422493336986/aumento-radiacion-pasajeros-avion.html>
- Peligros de la exposición a la radiación:
<http://toxicosdecadadia.blogspot.com.es/2013/08/radiacion-en-un-avion-en-vuelo.html>
- Incropera: <http://www.semae.es/wp-content/uploads/2011/11/4.-Radiaciones-y-Vuelo.pdf>
- Altura media de vuelos comerciales y privados: <https://www.flightradar24.com/34.73,-794.81/4>
- Archivo enviado por el tutor: *Pintura multicapa contra la radiación solar*
- Especificaciones técnicas Boeing 787:
https://es.wikipedia.org/wiki/Boeing_787#Especificaciones_técnicas
- Ratio empuje/masa: <https://www.grc.nasa.gov/WWW/K-12/airplane/fwrat.html>
- Motor Boeing 787:
 - https://en.wikipedia.org/wiki/Rolls-Royce_Trent_1000#Specifications
 - https://en.wikipedia.org/wiki/General_Electric_GEnx
- Tamaño del Airbus A320:
<http://confesionesdeunablenderadicta.blogspot.com.es/2014/03/modelado-de-un-avion.html>
- Pinturas en aeronaves:
 - <http://megustavolar.iberia.com/2013/12/influye-la-pintura-de-los-aviones-en-el-consumo-de-combustible/>
 - <http://www.elcolombiano.com/tecnologia/aviones-seran-mas-livianos-gracias-a-la-pintura-GC4062923>
 - <https://es.gizmodo.com/por-que-casi-todos-los-aviones-de-pasajeros-estan-pinta-1797328501>
 - <https://www.diariodelviajero.com/cajon-de-sastre/por-que-la-mayoria-de-los-aviones-son-blancos>

6. Anexos

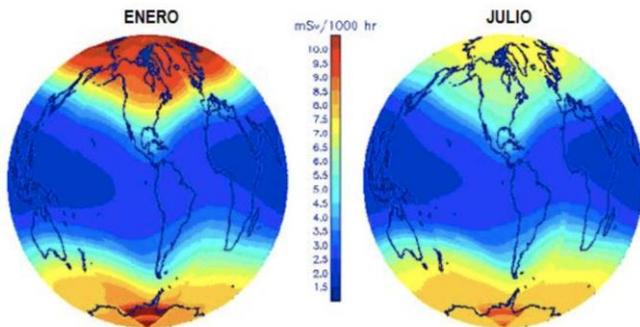
Tipo de avión comercial	Altura de vuelo (m)
Boeing 737-8JP	11582
Boeing 787-9 Dreamliner	12184
Boeing 777-206 (ER)	11582
Boeing 787-9 Dreamliner	11887
Boeing 787-9 Dreamliner	12496
Boeing 787-8 Dreamliner	12192
Boeing 787-9 Dreamliner	11887
Boeing 747-430	11887
Boeing 787-9 Dreamliner	13106
Boeing 747-436	11582
Airbus A380-841	11887
Airbus A330-323	11887
Boeing 787-8 Dreamliner	12497
Airbus A330-323	11582
Boeing 787-8 Dreamliner	12192
Airbus A330-343	11582
Boeing 787-8 Dreamliner	11880
Airbus A330-343	12497
Boeing 787-8 Dreamliner	12192
Boeing 787-9 Dreamliner	12497
Airbus A350-941	13106
Boeing 787-8 Dreamliner	13106
Boeing 747-867(F)	13099
Airbus A320-232	13411
Airbus A330-243	12497
Media de altura	12251,88

Tipo de avión privado	Altura de vuelo (m)
Gulfstream G550	14060
Gulfstream G650	13114
Bombardier Global 6000	13106
Cessna 525C Citationjet CJ4	13716
Cessna 525A Citationjet CJ2+	13106
Gulfstream 550	13106
N/A	15293
Bombardier Challenger 350	13716
Dessault Falcon 2000EX	13106
Gulfstream V	13106
Cessna 310I	13716
N/A	15293
Dessault Falcon 900EX	13716
Gulfstream G550	13716
Dessault Falcon 8X	13106
Media de altura	13665,06667

Las alturas de vuelo de aviones comerciales y privados por encima de los 11500 m (altura a partir de la cual las dosis de radiación recibida son mayores) el 24 de abril de 2018 a las 9:30.

La altura media teniendo en cuenta los dos tipos de avión es de 12958,5 m.

$$\text{Altura media} = \frac{\text{Media de altura (avion comercial)} + \text{Media de altura (avión privado)}}{2}$$



A partir de la imagen a la izquierda, calculamos que la radiación recibida, por los miembros de cabina, en un vuelo de Chicago (EE. UU.) a Pekín (China) pasando por el polo norte (a una altura de 11500 m) es de 0.2 milisieverts. Esta dosis equivale a la radiación recibida durante una radiografía. El límite de radiación a recibir, recomendado por los expertos, es un máximo de 1 milisievert anual. Por tanto, un piloto o cualquier miembro de tripulación que realice este vuelo 10 veces habrá recibido ya la dosis máxima recomendada.

SOLUCIÓN PROPUESTA

Oxidation at 500C	Excellent
UV radiation (sunlight)	Excellent

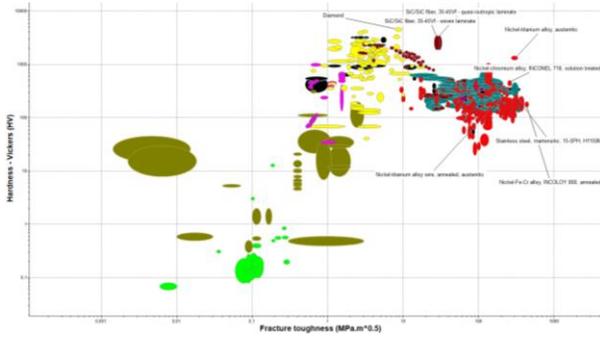
(Figura 1)

Hardness - Vickers	100		HV
Fatigue strength at 10 ⁷ cycles			MPa
Mechanical loss coefficient (tan delta)			
Impact & fracture properties			
	Minimum	Maximum	
Fracture toughness	5		MPa.m ^{0.5}

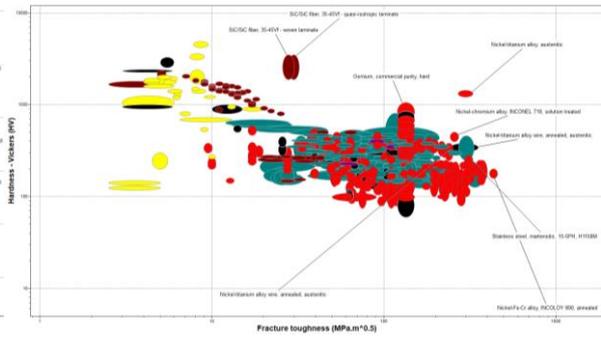
(Figura 3)

Durability	
Water (fresh)	Excellent

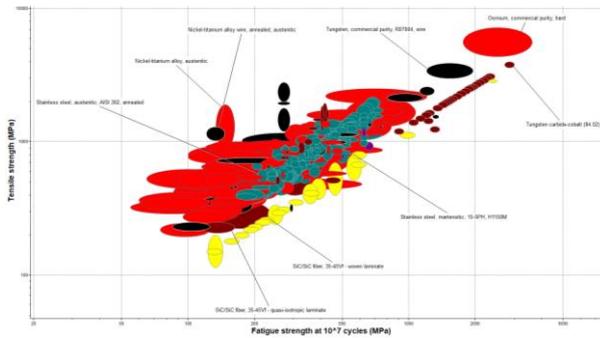
(Figura 6)



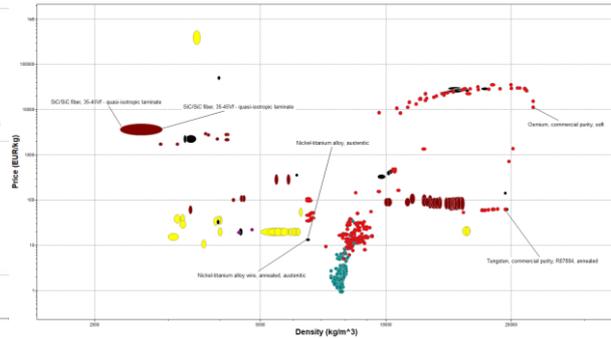
(Figura 2)



(Figura 4)



(Figura 5)



(Figura 7)

Nota: la resolución de las gráficas queda comprometida por su pequeño tamaño, debido a las limitaciones de espacio.

Mechanical properties

Young's modulus	①	41	-	83	GPa
Yield strength (elastic limit)	①	195	-	690	MPa
Tensile strength	①	895	-	1.9e3	MPa
Elongation	①	5	-	50	% strain
Compressive strength	①	* 410	-	478	MPa
Flexural modulus	①	* 59	-	65,1	GPa
Flexural strength (modulus of rupture)	①	195	-	690	MPa
Shear modulus	①	* 23,6	-	26	GPa
Bulk modulus	①	* 59	-	65,1	GPa
Poisson's ratio	①	0,32	-	0,34	
Shape factor	①	14			
Hardness - Vickers	①	* 1,23e3	-	1,43e3	HV
Fatigue strength at 10 ⁷ cycles	①	* 134	-	162	MPa
Fatigue strength model (stress range)	①	* 189	-	656	MPa

Parameters: Stress Ratio = -1, Number of Cycles = 2.5e4cycles

Price

Price	①	* 12,8	-	14,4	EUR/kg
Price per unit volume	①	* 8,21e4	-	9,4e4	EUR/m ³

Durability

Water (fresh)	①	Excellent
Water (salt)	①	Excellent
Weak acids	①	Excellent
Strong acids	①	Acceptable
Weak alkalis	①	Excellent
Strong alkalis	①	Excellent
Organic solvents	①	Excellent
Oxidation at 500C	①	Excellent
UV radiation (sunlight)	①	Excellent
Galling resistance (adhesive wear)	①	Limited use
Notes		Tendency to gall when formed but excellent self-mating resistance with minimal lubrication.
Flammability	①	Non-flammable

Corrosion resistance of metals

Stress corrosion cracking	①	Not susceptible
Note		Rated in chloride. Other susceptible environments: Hydroxide

Thermal properties

Melting point	①	1,28e3	-	1,33e3	°C
Maximum service temperature	①	* -50	-	100	°C
Minimum service temperature	①	-273			°C
Thermal conductivity	①	17,1	-	18,9	W/m.°C
Specific heat capacity	①	821	-	854	J/kg.°C
Thermal expansion coefficient	①	10,8	-	11,2	µstrain/°C
Latent heat of fusion	①	23,7	-	24,7	kJ/kg

(Figura 8)

Larga duración, la ingeniería del futuro

Universidad Pedagógica y Tecnológica de
Colombia,
Tunja, Colombia

Tutor:

Oscar Yesid Córdoba Angarita

Alumno/s:

Sergio Alejandro Duran Estupiñan

Jorge Andrés Hernández Ávila

Michael Romero Ramos

Resumen

Las cajas de protección para contadores de electricidad en Colombia se han venido fabricando principalmente en acero inoxidable AISI 304, de igual forma se han construido aunque en menor medida en Policarbonato (PC). Se observa que este acero aun siendo de tipo inoxidable es muy poco resistente a la corrosión especialmente en ambientes agresivos, así mismo el PC presenta ciertas debilidades o desventajas frente a otros materiales principalmente la huella de CO2 durante su proceso de fabricación. Con ayuda de las diferentes herramientas del programa CES EduPack de GRANTA Design se logró la selección de un material, el cual cumple con las diferentes propiedades que requiere la caja de protección durante su servicio.



Contenido

1. Objetivos	289
2. Planteamiento del problema	289
3. Solución propuesta	290
4. Resultados y Conclusiones	291
5. Bibliografía	292
6. Anexos.....	293

1. Objetivos

Objetivo general: sustituir los materiales con los que se fabrican actualmente las cajas de protección para medidores eléctricos por un material en el cual su relación costo beneficio sea mejor.

Objetivos específicos:

- Extender la vida útil de las cajas de protección para medidores de electricidad en Colombia.
- Reducir costos por causa de mantenimiento durante el servicio en cajas de protección para medidores de electricidad.
- Utilizar las diferentes herramientas de CES EduPack para encontrar un material que cumpla con los requerimientos exigidos en las cajas de protección y mejorando las falencias de los ya utilizados.
- Encontrar un material que genere un menor impacto ambiental

2. Planteamiento del problema

Las cajas de protección de medidores de electricidad se han usado en Colombia para brindar cierta seguridad a dichos contadores eléctricos en todo tipo de estructuras; sin embargo el acero AISI 304 del que se fabrican no poseen un buen comportamiento en atmósferas corrosivas, por lo que se requiere de recubrimientos para la protección en este tipo de ambiente, lo que generaría en el usuario gastos extras en su mantenimiento preventivo, además de su limitada duración en su servicio; por otro lado una alternativa en la fabricación de estas cajas son las construidas en Policarbonato (PC) sin embargo, entre las dificultades o problemas que presenta este material es la huella de CO₂ además de su alto costo de producción hace que se busque una alternativa más amigable con el ambiente y más eficiente en su vida útil.

3. Solución propuesta

Durante la selección del material para las cajas de medidores se tomaron en cuenta los siguientes factores: resistencia a la corrosión, costos, propiedades mecánicas del material y la huella de CO₂ durante la producción. De esta forma con la ayuda de CES EduPack, se descartaron algunas familias de materiales por no cumplir los factores anteriormente mencionados. Entre las familias que se descartaron tenemos los metales, los cuales, por su relación entre costos y resistencia a la corrosión no son aptos para la utilización en este tipo de cajas, ya que la familia de los metales presenta un mal comportamiento ante atmosferas corrosivas necesitando costos agregados de prevención y mantenimiento; las cerámicas técnicas presentan un elevado costo en la producción lo que nos limita la utilización de estas para las cajas de contadores y su fragilidad es un grave problema que también ocurre para su utilización, ya que tales cajas deben presentar una buena tenacidad a la fractura; la familia de los híbridos por su naturaleza tienen un alto costo en su producción aunque este depende del tipo de material a usar.

Nuestra solución propuesta es utilizar como material para las cajas de los contadores eléctricos el Tereftalato de Polietileno (35% de fibras de vidrio y mineral, contenido reciclado) , sustentándola primeramente de acuerdo a la relación de la huella de CO₂ respecto al costo relativo por la densidad del material; según la figura 1, se demuestra que tanto el policarbonato (PC) como el acero AISI 304 tiene una mayor huella de CO₂ y alto costo relativo por densidad respecto al PET (35% de fibras de vidrio y mineral, contenido reciclado) presenta. En la figura 2 nos muestra el tipo de material aprovechado por los diferentes municipios que reportaron toneladas en el año 2016 en Colombia, a excepción de Bogotá, quien fue el que reportó más toneladas según el sistema único de información, teniendo al Tereftalato de Polietileno con 5750 toneladas por año, siendo este un alto aprovechamiento de acuerdo a los distintos materiales. En la figura 3 se demuestra la relación de la máxima temperatura de servicio (°C) respecto al precio (COP/kg) teniendo al Tereftalato de Polietileno (35% de fibras de vidrio y mineral, contenido reciclado) con muy buenas propiedades respecto a los factores en relación ya referidos. La figura 4 presenta una clasificación de los materiales según la tenacidad a la fractura siendo el mayor valor el de acero AISI 304 seguido por el Tereftalato de Polietileno (35% de fibras de vidrio y mineral, contenido reciclado) pero como ya se ha mencionado, este tipo de acero tiene una limitación por su costo y su resistencia a la corrosión así que está totalmente descartado.

4. Resultados y Conclusiones

Teniendo en cuenta factores tales como la resistencia a la corrosión, costos, propiedades mecánicas del material y la huella de CO2 durante la producción, el mejor material a utilizar para la fabricación y uso de cajas de contadores o medidores eléctricos es el Tereftalato de Polietileno (35% de fibras de vidrio y mineral, contenido reciclado)

El acero AISI 304 del cual están contruidos comúnmente las cajas de contadores eléctricos tiene un alto costo por unidad de volumen y un mal comportamiento en atmosferas corrosivas; así como también el Policarbonato (PC) que se utiliza en ciertas ocasiones para la fabricación de estas cajas presentan valores inferiores en sus propiedades mecánicas y valores mayores en costos de acuerdo al Tereftalato de Polietileno (35% de fibras de vidrio y mineral, contenido reciclado)

El aprovechamiento y reciclaje del Tereftalato de Polietileno (PET) tienen un alto valor a nivel mundial, siendo la marca de reciclaje del número uno (1). La reutilización del material es de gran importancia para la reducción de costos en su producción.

5. Bibliografía

http://ikinormas.micodensa.com/Norma/acometidas_medidores/cajas_armarios_celdas/ae303_caja_medidor_trifasico_especificaciones_generales

<http://www.compac-sas.com/sectorelectrico.html>

<http://www.andi.com.co/Uploads/22.%20Informa%20de%20Aprovechamiento%20187302.pdf>

CES EduPack

6. Anexos

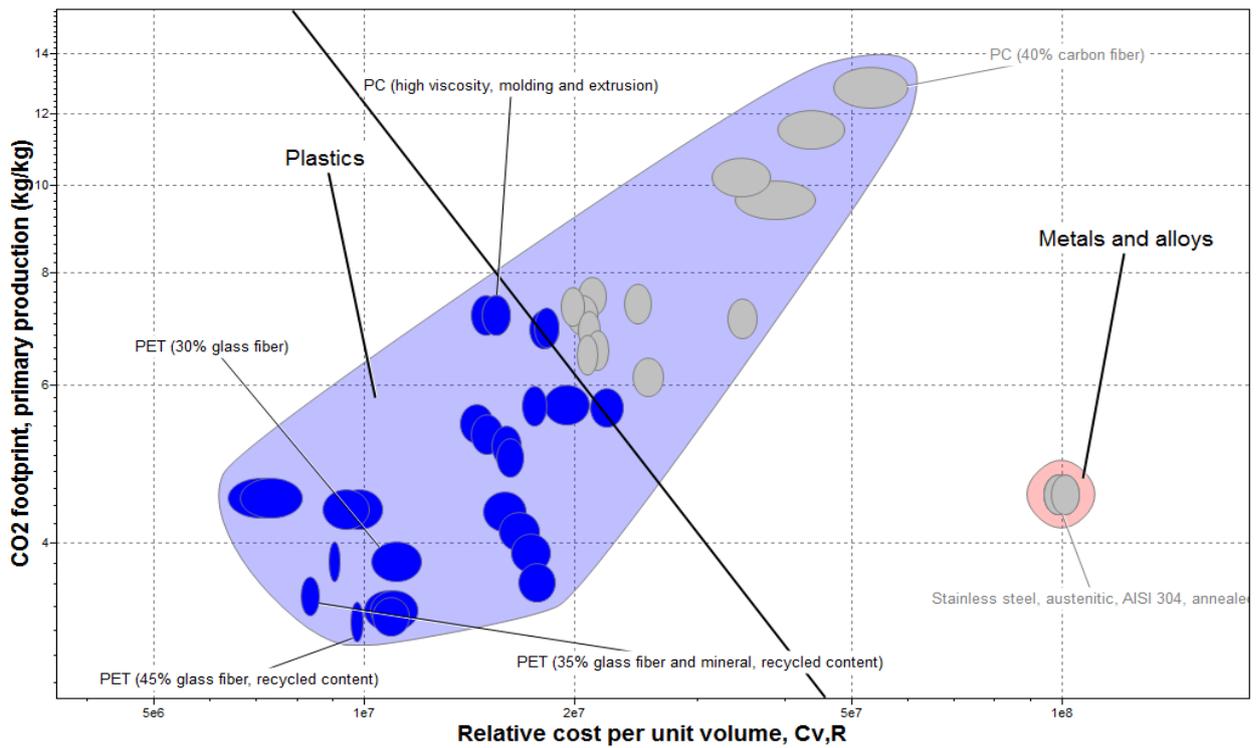


Figura 1. Relación huella de CO2 - Costo relativo por unidad de volumen

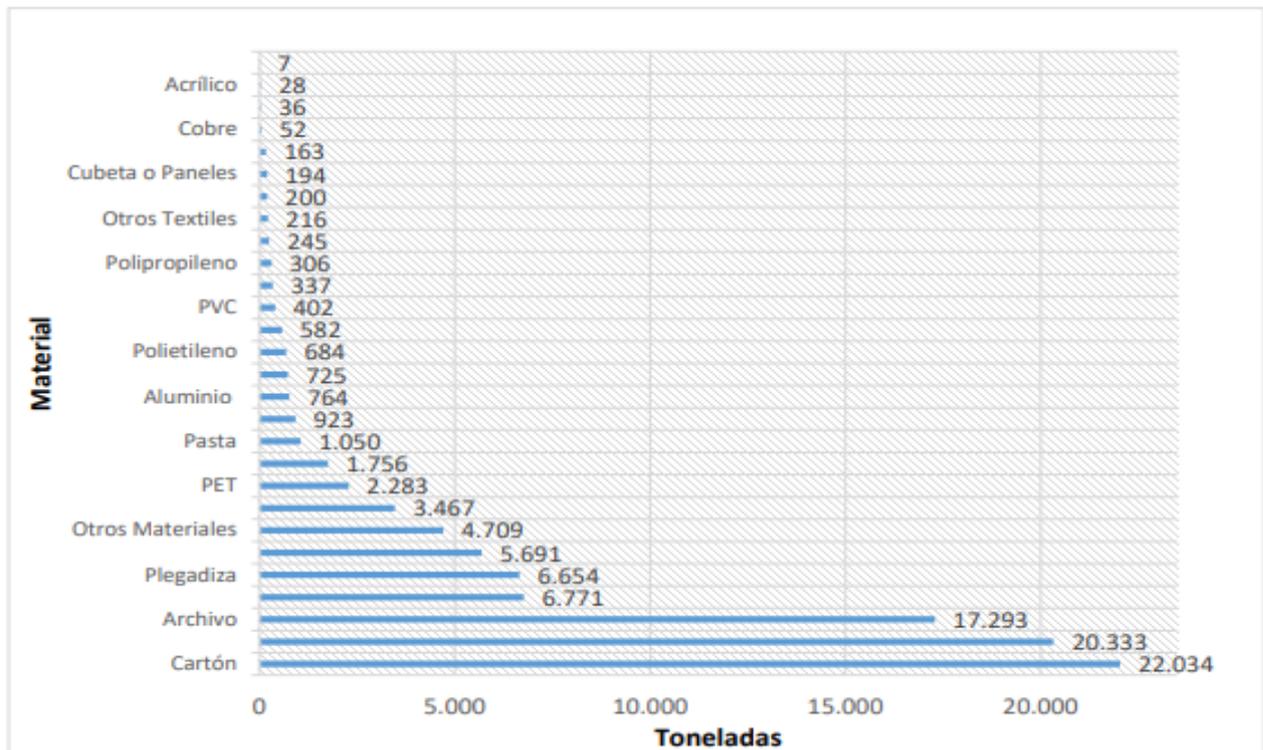


Figura 2. Tipo de material aprovechado por los diferentes municipios que reportaron toneladas en el año 2016 en Colombia, a excepción de Bogotá

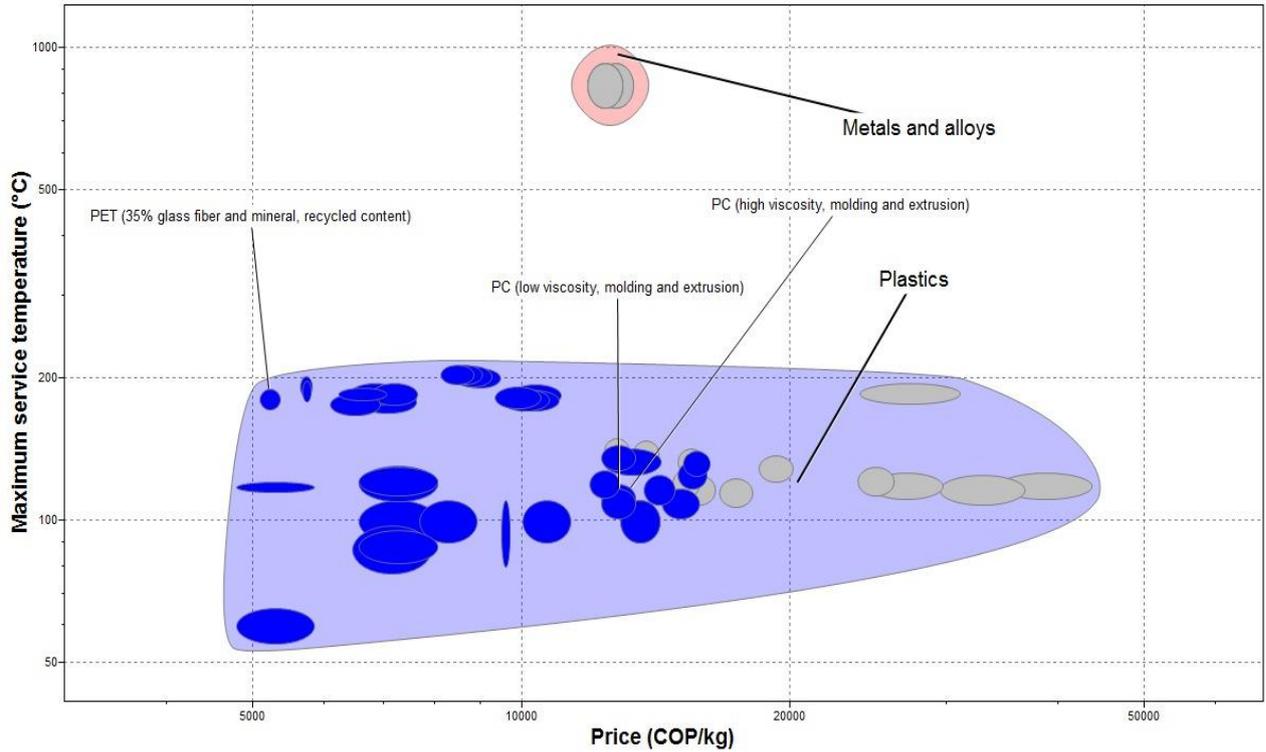


Figura 3. Relación máxima temperatura de servicio - Precio (COP/kg)

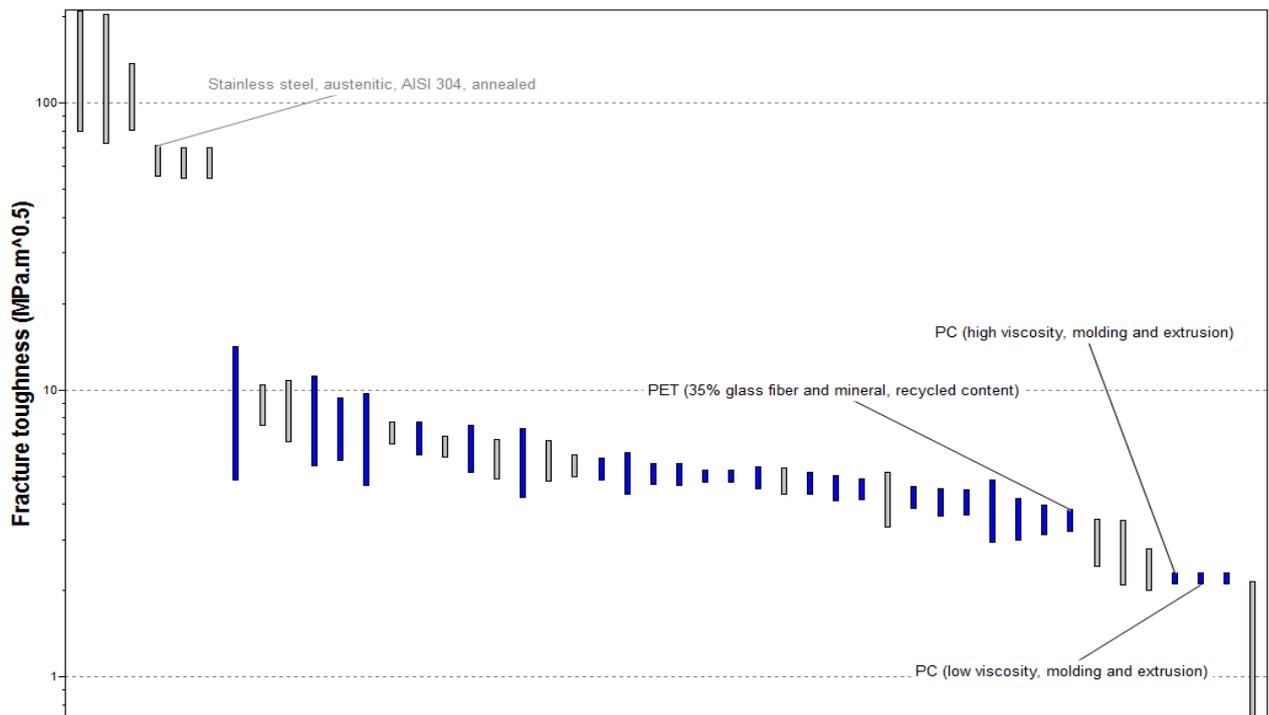


Figura 4. Clasificación de los materiales según la tenacidad a la fractura

Material para condensación de H2O autosustentable

Universidad Pedagógica y Tecnológica De Colombia,
Tunja, Colombia

Tutor:

Ing. Luis Arcesio Medrano

Alumno/s:

Carlos Yesid Domínguez Vargas

Miguel Antonio Hernández Cárdenas

Diego Leonardo Hernández Monzón

Resumen

Abordando la problemática ambiental que se presenta y que cada día está en continuo aumento, por lo tanto los recursos hídricos son los principales afectados y observando la escasez del agua en zonas desérticas o alejadas de fuentes hídricas, se propone realizar una mejora en la selección del material que compone a los condensadores de agua, los cuales funcionan mediante el fenómeno físico de condensación de la humedad presente en el ambiente. Con ayuda del software CES EduPack se busca la selección de un material que mejore propiedades como; conductividad térmica, resistencia media a la corrosión, densidad y costos del material, de esta manera se busca aumentar la eficiencia del condensador, obteniendo mayor cantidad de agua y por lo tanto suplir la escasez de la misma.

GRANTA
TEACHING RESOURCES



© Granta Design, 2018
For reproduction guidance, see back page

The Teaching Resources website aims to support teaching of materials-related courses in Design, Engineering and Science.
Resources come in various formats and are aimed primarily at undergraduate education.

Contenido

1. Objetivos	296
2. Planteamiento del Problema	296
3. Solución Propuesta	297
4. Resultados y Conclusiones	298
5. Bibliografía	299
6. Anexos.....	300

1. Objetivos

- Optimizar el fenómeno físico de condensación con la selección correcta de un material con ayuda del **CES EduPack**, principalmente con características de conductividad térmica, resistencia media a la corrosión, densidad y costos; teniendo en cuenta su función principal la condensación de la humedad presente en el ambiente.
- Identificar cada una de las familias y seleccionar cual de estos materiales brinda las mejores propiedades para este fin, teniendo en cuenta tiempo de uso y factores de alteración externas.
- Implementar el material en un sistema integrado donde la principal función de este, será, la captación de humedad del ambiente, para esto se utilizarán células fotovoltaicas o peltier con las cuales lograremos disminuir la temperatura del material para obtener agua.

2. Planteamiento del problema

A nivel mundial la contaminación industrial ha influenciado negativamente el cambio climático, siendo el agua uno de los principales afectados, debido a esto estamos en la obligación de adoptar alternativas amigables al medio ambiente, generando desarrollos de innovación especialmente en la extracción, uso y manejo de residuos, por ende cada año tenemos que tomar nuevas alternativas para buscar extraer o purificar este líquido vital.

3. Solución propuesta

Para el desarrollo y solución de este problema se planteó inicialmente analizar la extracción teniendo en cuenta la optimización del fenómeno físico de condensación de la humedad presente en el ambiente.

Lograr la selección del material, con las mejores características para esta función por medio de los Índices y propiedades como la conductividad térmica, resistencia media a la corrosión, densidad y costos que ofrece el software **CES EduPack**.

Con esto se logra identificar cada una de las familias y se dará la selección del mejor material dentro de los materiales encontrados al final de los filtros y límites realizados para este fin, teniendo en cuenta tiempo de uso y factores de alteración externos.

Brindar de manera efectiva un sistema integrado de captación, condensación y almacenaje de la humedad contenida en el aire, para obtener agua de manera autosustentable.

4. Resultados y Conclusiones

Partiendo de 3947 materiales al haber aplicado los filtros, límites e índice, terminados con un total de 31 materiales de los cuales por el tema de salubridad y toxicidad hemos escogido la aleación de cobre C10500 la cual nos brinda excelentes propiedades que se muestran a continuación:

Composition detail (metals, ceramics and glasses)			
Ag (silver)	0	-	0.02 %
Cu (copper)	99.9	-	100 %
Price			
Price	* 2.11e4	-	2.34e4 COP/kg
Physical properties			
Density	8.94e3	-	8.95e3 kg/m ³
Thermal properties			
Maximum service temperature	77	-	87 °C
Minimum service temperature	-273		°C
Thermal conductivity	387	-	392 W/m.°C
Durability			
Water (fresh)	Excellent		
Water (salt)	Excellent		
Weak acids	Acceptable		
Strong acids	Unacceptable		
Weak alkalis	Excellent		
Strong alkalis	Excellent		
Organic solvents	Excellent		

Conclusiones

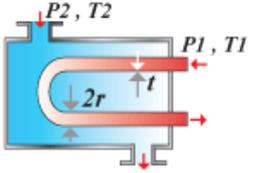
- Se logra optimizar el fenómeno físico de condensación con la aleación de cobre C10500 por sus excelentes propiedades de resistencia a la corrosión, su elevada conductividad térmica que poseen nos proporciona una mayor condensación de la humedad presente en el ambiente.
- Se identificó las diferentes familias de materiales e incluso materiales con mayor conductividad térmica que el seleccionado pero por problemas de precio, salubridad, toxicidad se descartaron.
- Por la elevada conductividad térmica de la aleación C10500 se puede implementar en un sistema integrado para la captación de humedad del medio ambiente para obtención de agua.

5. Bibliografía

- Elsevier materials selector / edited by Norman A. Waterman and Michael F. Ashby. London : Elsevier Applied Science, 1991.
- Profesor M. Ashby and D. Jones “Engineering Materials 1 :An introduction to their properties and applications”. New York. Pergamon Press, 1980.
- Profesor M. Ashby and D. Jones “Engineering Materials 2 :An introduction to Microstructure, processing and design”. New York . Pergamon Press, 1980.
- http://www.wipo.int/wipo_magazine/es/2010/04/article_0005.html
- <https://www.youtube.com/watch?v=GeDn3o4Geu8&feature=youtu.be>
- <https://www.mediatrends.es/a/68821/fontus-botella-crea-agua-a-partir-aire/>
- <http://dspace.ucbscz.edu.bo/dspace/bitstream/123456789/4442/1/1291.pdf>
- Software Ces EduPack

6. Anexos

Selección del índice

FUNCTION AND CONSTRAINTS		MAXIMIZE ¹	MINIMIZE ¹	
Heat exchanger tubes		maximum heat flux per unit area; no failure under Δp	$\lambda \sigma_y$	$1 / \lambda \sigma_y$
		optimize mass; maximum heat flux per unit mass; pressure and temperature difference, tube radius fixed; wall thickness free	$\sigma_y^2 \lambda / \rho$	$\rho / \sigma_y^2 \lambda$

El índice seleccionado es $\sigma_y^2 \lambda / \rho$ donde:

σ_y^2 : Limite de fluencia CREEP

λ : Conductividad térmica

ρ : Densidad

Índice

$$\sigma_y^2 \lambda / \rho$$

Reagrupando

$$\frac{\sigma_y^2 \lambda}{\rho} = M$$

Aplicación de Logaritmos

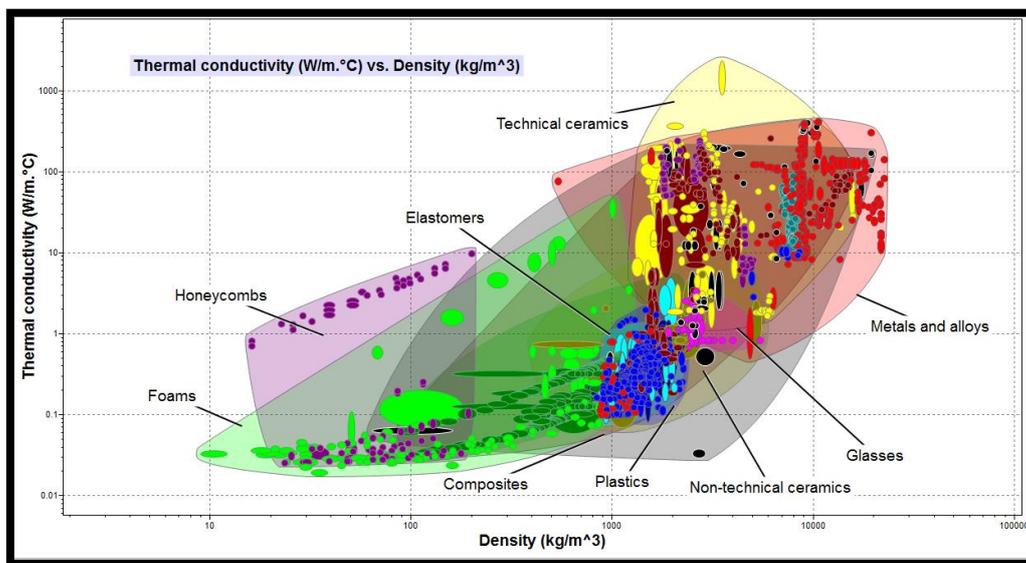
$$\log(\sigma_y^2 \lambda) - \log \rho = \log M$$

$$2 \log \sigma_y + \log \lambda = \log M + \log \rho$$

Como el material no estará sometido a esfuerzos de fluencia se tomara como constante junto con el LogM la cual se denominara K

$$\log \lambda = \log \rho + k$$

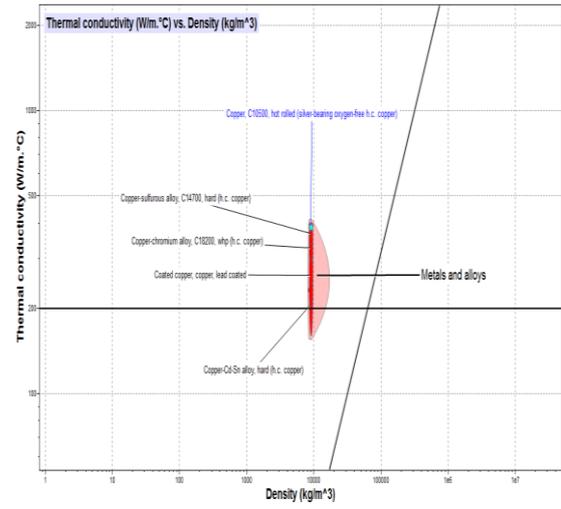
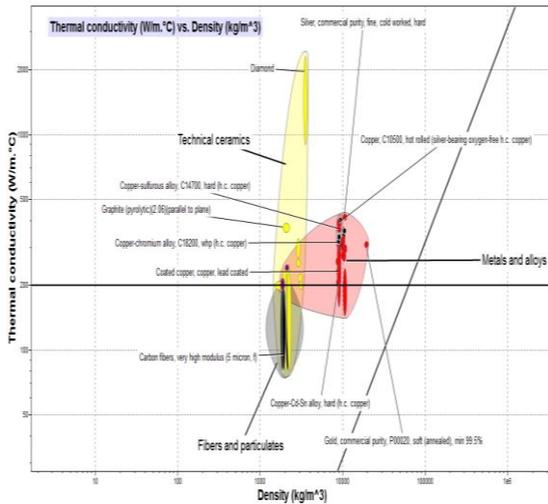
A partir de este índice graficamos Conductividad térmica vs Densidad



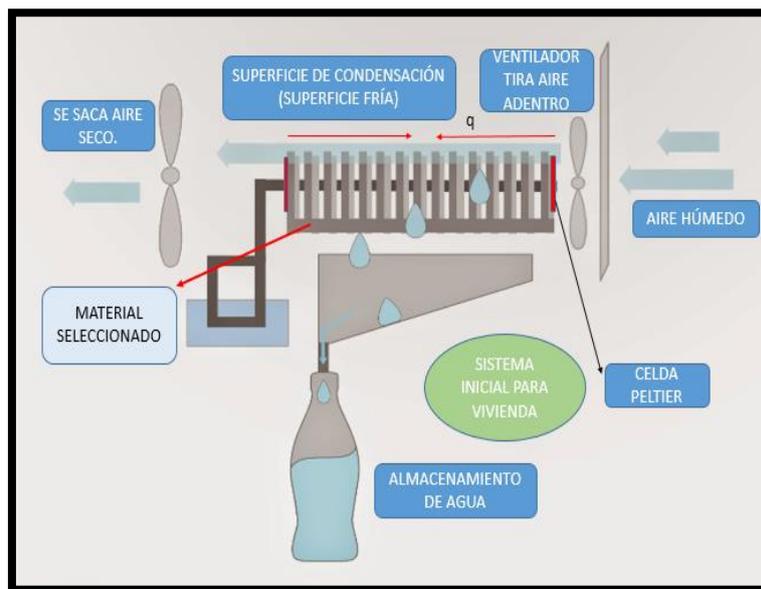
Después de aplicar los filtros de resistencia al agua y agua salada junto con la pendiente y el límite de conductividad térmica obtenemos la siguiente gráfica:

Después de aplicar los filtros de resistencia al agua y agua salada junto con la pendiente y el límite de conductividad térmica obtenemos la siguiente gráfica.

Al aplicar el filtro del precio se logró llegar a un total de 31 materiales que se muestran en la gráfica y de color azul se observa el material seleccionado.



Con el material seleccionado logramos optimizar el fenómeno físico de condensación de humedad presente en el ambiente al incorporarlo en un sistema integrado que se muestra en la siguiente imagen.



Optimización en la selección de materiales para aislantes térmicos en los techos de las casas

Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey Campus Puebla, Puebla, México

Tutor:

Luis Antonio Carrillo Martínez

Alumno/s:

Daniel Maximiliano Chavarría Uriarte

Cristian Miñón Barrientos

Resumen

Con la ayuda y el correcto manejo de CES EduPack, encontraremos el material con las propiedades más adecuadas para cumplir con nuestros objetivos de proyecto, usaremos un método de comparación de materiales con la finalidad de poder observar buenos aislantes térmicos de las casas, en específico de aquellas que se basan en un sólo diseño y que las constructoras utilizan para ahorrar materiales.

GRANTA
TEACHING RESOURCES



© Granta Design, 2018
For reproduction guidance, see back page

The Teaching Resources website aims to support teaching of materials-related courses in Design, Engineering and Science. Resources come in various formats and are aimed primarily at undergraduate education.

Contenido

1. Objetivos	303
2. Planteamiento del Problema	303
3. Solución Propuesta	304
4. Resultados y Conclusiones	305
5. Bibliografía	305
6. Anexos.....	307

1. Objetivos

Nuestro proyecto tiene como objetivo seleccionar un material específico que tenga las propiedades de un aislante térmico con la finalidad de evitar que casas de cualquier tipo se calienten tanto en las temporadas de calor.

De igual manera, buscamos que nuestro material que no sea altamente costosos comparados con los que se utilizan hoy en día en el mercado.

Encontrar algún candidato para sustituir a los productos que más se utilizan para la industria constructora de viviendas, además buscamos que sea un material innovador que cumpla con las características antes mencionadas y que sea amigable con el ambiente.

2. Planteamiento del problema

Actualmente algunos tipos de casas, por su diseño o por los materiales que se utilizan para su construcción, tienden a retener demasiado el calor, lo que hace que pases de tener una estancia agradable a convertirse en un problema para los que la habitan. En la mayoría de las ocasiones se resuelve este problema con la instalación de aire acondicionado, lo que conlleva a un mayor consumo de energía, cosa que se busca evitar, además, son instalaciones que requieren una mayor inversión y aunque la orientación de este proyecto es para cualquier casa, se busca la inversión mínima del capital. En la actualidad, el menos costoso y mejor aislante que se utiliza en la industria de construcción de viviendas es el Poliestireno Expandido (EPS, por sus siglas en inglés), comúnmente conocido como unicel. El problema con este material es que es contaminante y no es biodegradable, por lo que se buscará un material que tenga propiedades similares o casi exactas a las del EPS pero que sea amigable con el ambiente.

3. Solución propuesta

Proponemos como solución la investigación y selección de un material aislante para su uso construcción de cualquier tipo de casa que sea económico y que mediante sus propiedades evite que la casa se caliente tanto, haciendo uso de las herramientas de Browse, Search, Chart/Select (limits y charts), Eco Audit que se encuentran dentro del software CES EduPack. Cada una de las herramientas antes mencionadas se utilizarán para analizar gráficas comparativas sobre propiedades térmicas, precios, contaminación ambiental, huella de CO₂, entre otras para identificar el material más adecuado. Se colocan límites para ir descartando materiales desde un principio y obtener al final los mejores candidatos. Se simulará una Ecoauditoría que nos permitirá conocer, mediante una gráfica, la energía utilizada y la huella de CO₂ de los materiales a comparar.

Con la herramienta de Limits, se buscaron las propiedades más influyentes para la investigación de nuestro material y se analizaron sus correspondientes gráficas donde aparecen todos los materiales ordenados en su respectivo rango de valores. Dichas propiedades que se consideraron fueron:

- Precio.
- Conductividad térmica.
- Sumergimiento en agua.
- Radio de durabilidad a los rayos ultravioleta del Sol.
- Agua requerida para la producción de un kg de producto.
- Reciclabilidad, biodegradabilidad, vertedero.

Se identificó como mejor candidato al Ácido Poliláctico (PLA, por sus siglas en inglés), el cual tiene un rango de precios accesibles y similares al del EPS, su conductividad térmica es ligeramente mayor, tiene un rendimiento aceptable cuando se sumerge en agua, tiene buena durabilidad a los rayos UV, se usa una mayor cantidad de agua para producirlo, pero más adelante se explicará porqué aun así es un excelente candidato para sustituir al EPS.

Para la simulación de la Ecoauditoría se hizo la comparación entre los dos materiales (EPS y PLA), utilizando los siguientes supuestos: en el caso del PLA: importación del material virgen desde Nebraska, EU hasta Puebla, Puebla, México; material reciclable; 20 años de uso del material (durabilidad aproximada del aislante en una casa); uso de transportes aéreos y terrestre (camión de 32 toneladas) en un total de aproximadamente 3000 km y uso de combustible diesel. En el caso del EPS: Abastecimiento del material dentro de la República Mexicana (desde León, Guanajuato hasta Puebla, Puebla); material con necesidad de vertimiento en una fosa al final de su vida útil; 20 años de uso del material (durabilidad aproximada del aislante en una casa); transportación terrestre en un camión de 32 toneladas con un total de 400 km de distancia aproximadamente entre ambas ciudades.

Finalmente se obtendría la tabla comparativa entre los dos materiales donde se identificarían los puntos clave para la selección del material.

4. Resultados y Conclusiones

Los materiales porosos tienen las peores conductividades térmicas debido a que existe una cantidad considerable de espacio donde se ubica aire, mismo que tiene una conductividad térmica muy baja lo que ayuda a que el calor se propague de una manera más lenta entre los electrones del material original. Es por eso que las espumas de baja densidad son los mejores aislantes. El Poliestireno Expandido presenta una conductividad térmica de 0.033 W/m.°C lo que lo convierte como el principal candidato para el proyecto, lo que no se considera muchas veces es el impacto ambiental que éste tiene.

Se puede hablar muy bien del PLA (Ácido Poliláctico) porque a diferencia de nuestro candidato anterior, es un material reciclable y biodegradable el cual está hecho de fibras naturales y cuyo ácido es extraído de la dextrosa (glucosa) del maíz, trigo, caña de azúcar, etc. Es un material que comúnmente se utiliza para fabricar lapiceros, pañales, productos de cuidado personal, entre otros, pero para lo que no ha sido utilizado es para la industria constructora de viviendas, cuya rama de oportunidades es muy grande.

Con base a la base de datos del CES EduPack se realizó la siguiente tabla comparativa entre los dos materiales EPS y PLA:

	EPS	PLA
Precio (MXN/kg)	52,2 - 57,4	47,7 - 60,8
Conductividad térmica (W/m.°C)	0,033 - 0,036	0,146 - 0,153
Sumergimiento en agua	Excelente	Aceptable
Radiación UV	Favorable	Bueno
Agua para 1 kg de producto (lts)	433 - 479	1350 - 2120
Reciclable	No	Sí
Biodegradable	No	Sí
Vertedero	Sí	Sí

Si se analiza cada uno de los parámetros por separado se puede llegar a conclusiones concretas. El precio del PLA es menor que el del EPS, aun cuando el primero es fabricado en pocas partes del planeta a comparación con el EPS. La conductividad térmica llega a ser un poco mayor en el PLA pero la diferencia es despreciable pues para los fines del material, funcionan igual. El sumergimiento en agua nos indica que el PLA podría requerir de una cobertura extra para que no se degrade cuando se expone totalmente al agua (fresca o salada), a diferencia del EPS que no presenta degradación cuando se expone totalmente. Se tomó en consideración este dato porque muchas veces los impermeabilizantes de las casas resultan defectuosos lo que provoca fugas de agua; en este caso no se tiene una exposición total al agua por lo que la diferencia entre los parámetros de ambos materiales son despreciables también. La radiación UV es un factor muy importante puesto que la radiación es la principal forma de conducción del calor en una casa, lo que nos lleva a sumarle puntos a favor al PLA puesto que su durabilidad antes de la degradación puede ser de varios años, a diferencia del EPS que probablemente se tendría que sustituir a los pocos años o inclusive meses.

Nos encontramos con que para fabricar el PLA se necesita más agua que para el EPS, parámetro que a simple vista parece ser significativo pero en realidad la diferencia radica en que un material, al momento del final de su vida útil, pueda ser reciclado o que sea amigable con el medio ambiente; el EPS es un material que contamina mucho, no es biodegradable, no puede ser reciclado y que forzosamente tendría que llevarse a una fosa para su eliminación, y que a la larga, produciría un mayor impacto ambiental, pues la huella de CO₂ que provoca este material es mayor, tanto en el proceso de manufactura como la composición química del mismo, además de que más megajoules son utilizados a lo largo de la vida útil del material. Lo que nos lleva a la conclusión de que el PLA es el mejor material para utilizar.

5. Bibliografía

Arnabat, I. (2016). ¿Cuál es el mejor aislante térmico para una casa?. mayo 1, 2018, de caloryfrio

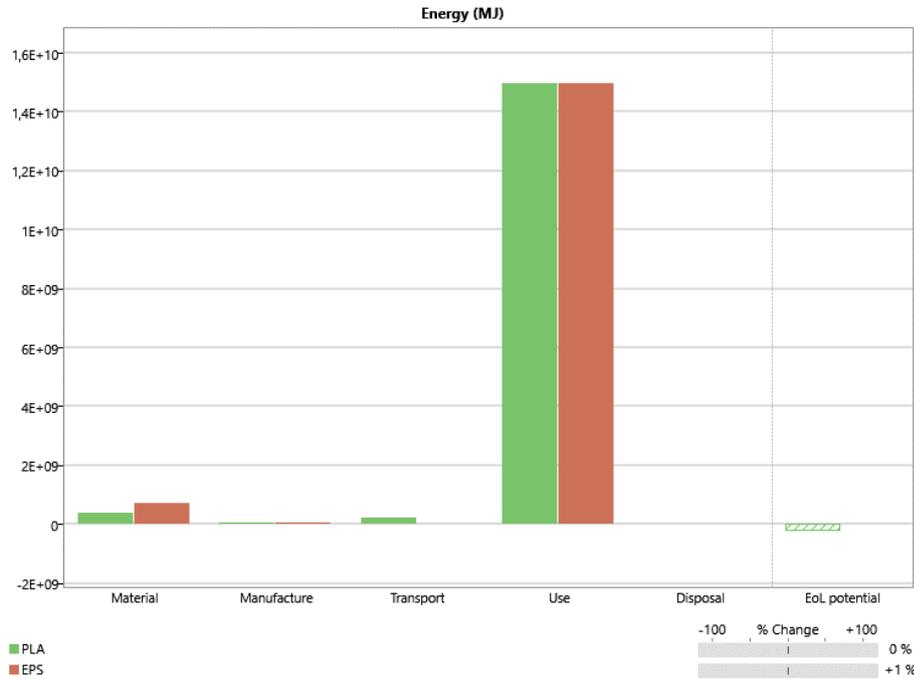
Sitio web: <https://blog.caloryfrio.com/mejor-aislante-termico-una-casa/>

Gomez, G. (2016). 7 materiales aislantes para proteger tu casa ¡AL MÁXIMO!. mayo 1, 2018, de homify Sitio web: https://www.homify.com.mx/libros_de_ideas/360563/7-materiales-aislantes-para-proteger-tu-casa-al-maximo

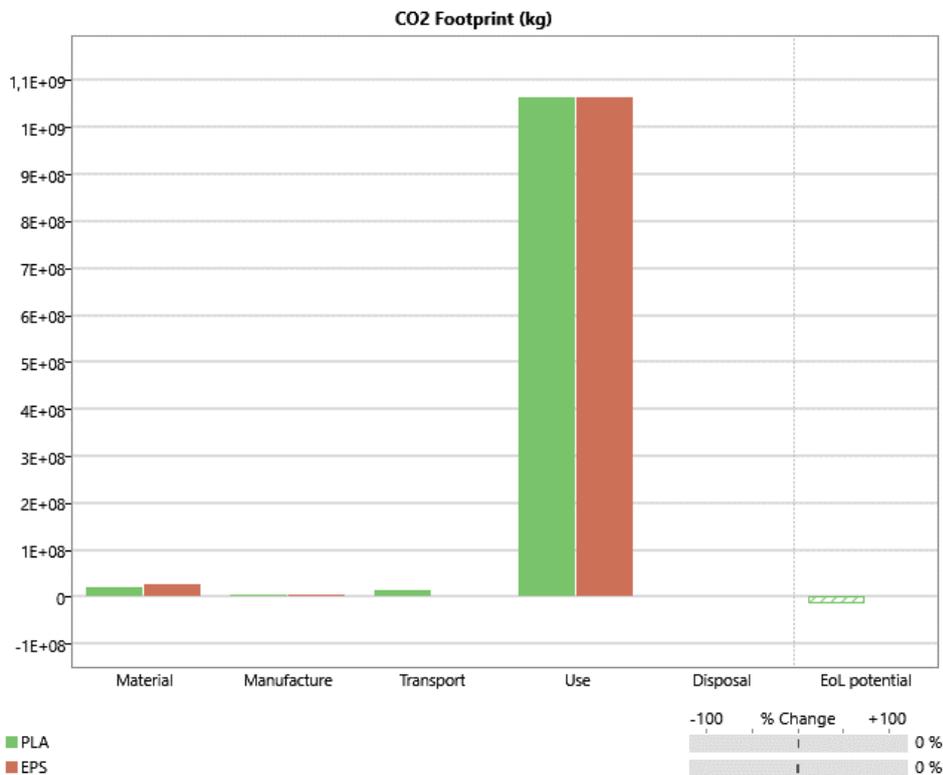
Herryman, M., & Blanco G. (2005). Ácido láctico y poliláctico: Situación actual y tendencias. abril 30, 2018, de Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar Sitio web: <http://www.redalyc.org/pdf/2231/223120659007.pdf>

6. Anexos

Aprovecha estas dos páginas para poner gráficos, ecuaciones, formulas, imágenes...



Gráfica 1 de Eco Audit que muestra la energía necesaria para cada una de las fases.



Gráfica 2 que muestra la huella de CO2 que se forma en cada una de las fases.

EL REGALO DE TANARIS

Energía y fuerza para el campo

Universidad pedagógica y tecnológica de
Colombia,
Tunja, Colombia

Tutor:

MAURICIO MUÑOZ BARAJAS

Alumno/s:

CAMILO MESA LAVERDE

DUMAR GONZALEZ MARTIN

MANUEL AVELLA RODRIGUEZ

Resumen

Colombia se caracteriza por tener una gran diversidad geográfica, abastecida con corrientes de viento persistentes, y superiores a 5m/s durante todo el año. En las áreas rurales de Colombia, se encuentran más de 2.5 millones de personas que están aisladas del sistema de redes eléctricas. Como solución a dicha problemática, se presenta el AEROGENERADOR FUNCIONAL A ESCALA, el cual será una fuente de energía limpia, eficiente y económica para dichas poblaciones. Mediante la elección de diferentes materiales, mediante la utilización e implementación del software CES EduPack 2017 se procederá a reemplazar los materiales que son utilizados convencionalmente en este tipo de generadores, para lograr construir e implementar una máquina con la eficiencia y características ingenieriles necesarias, para el abastecimiento de energía eléctrica de las poblaciones objetivo de estudio.

GRANTA
TEACHING RESOURCES



© Granta Design, 2018
For reproduction guidance, see back page

The Teaching Resources website aims to support teaching of materials-related courses in Design, Engineering and Science.
Resources come in various formats and are aimed primarily at undergraduate education.

Contenido

1. Objetivos	309
2. Planteamiento del Problema	309
3. Solución Propuesta	310
4. Resultados y Conclusiones	311
5. Bibliografía	312
6. Anexos.....	313

1. Objetivos

- Diseñar un aerogenerador, que sea una fuente de energía estable para áreas rurales y de difícil acceso.
- Realizar los cálculos y gráficos pertinentes para el diseño óptimo de un aerogenerador funcional a escala.
- Usando el programa CES EduPack 2017, seleccionar una serie de materiales que permitan optimizar y reemplazar los materiales usados convencionalmente en este tipo de máquinas.
- Contribuir al mejoramiento de la calidad de vida de las personas que habitan en las áreas rurales, esto con la implementación de energía eólica.

2. Planteamiento del problema

Colombia registra con un alto porcentaje de población que no cuenta actualmente con el servicio de energía eléctrica, esto debido principalmente a que son zonas rurales de difícil acceso, además de otros factores agravantes como es la precariedad económica de dichas poblaciones, lo cual impide el acceso a una fuente de energía eléctrica estable que pueda suplir las necesidades primordiales de dichas comunidades. Actualmente existen una variedad de diseños de aerogeneradores en el mercado, los cuales proveen de energía eléctrica a un pequeño porcentaje de hogares, debido a que sus diseños exigen la incorporación de materiales costosos, y en su gran mayoría inasequibles para su construcción, o por el contrario son diseños que emplean materiales reutilizables a costa de la disminución en su eficiencia operativa.

3. Solución propuesta

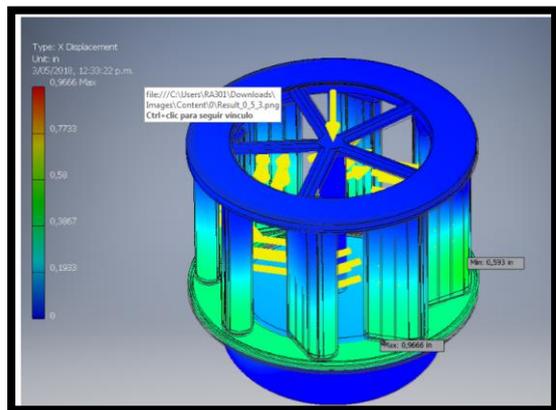
Como solución a la problemática anteriormente descrita se plantea la incorporación de un sistema que esté en capacidad de proveer energía eléctrica a cada familia, a partir del aprovechamiento del recurso eólico presente en el territorio colombiano. Dicho sistema será un aerogenerador, en el cual serán reemplazados los materiales que comúnmente se utilizan en la fabricación de dichos dispositivos, por materiales de fácil adquisición, bajo coste y con una huella de carbono menor en su fabricación y que al mismo tiempo que puedan ofrecer características ingenieriles superiores a los aerogeneradores actualmente comercializados.

Con el uso del software CES EduPack 2017, podremos identificar los materiales que cumplen los requisitos exigidos para el desarrollo del proyecto y su posterior implementación en el aerogenerador, subsiguientemente, Se procederá a incorporar de dichos materiales en diferentes partes del aerogenerador.

Con el fin de cumplir con el propósito del proyecto, es de suma importancia el poder diseñar y simular la estructura propuesta para el aerogenerador, ya que uno de los aspectos mas importantes a la hora de evaluar dichos materiales es la geometría en la que se implementan y fuerzas que interactúan en los procesos de uso en su función.

Los materiales seleccionados como reemplazo a los utilizados convencionalmente son el PE-LLD (Molding and extrusion) (Polietileno de baja densidad) y el PS (Poliestireno) de alto impacto, los cuales se caracterizan por ser de gran abundancia y relativamente económicos para su adquisición, además de sus excelentes propiedades físicas

4. Resultados y Conclusiones



[IMAGEN 2 ANALISIS DE ESTRÉS DEL AEROGENERADOR A ESCALA]

CONCLUSIONES

- La implementación de herramientas informáticas como CES EduPack 2017, proporcionan al estudiante un punto de apoyo para la construcción de conocimiento en el área de selección de materiales, guiándolo y proveyéndolo de las herramientas necesarias para el desarrollo de nuevos proyectos.
- Materiales como el PE-LLD (Poliétileno de baja densidad) y el PS (Poliestireno) de alto impacto, proveen de las características necesarias para la implementación de sistemas aerogeneradores que puedan competir con los materiales comúnmente utilizados.
- Se observó que el sistema cuenta con un peso relativamente ligero, que proporciona una relación de fuerza de arrastre- densidad adecuada para que el aerogenerador pueda entregar el máximo de eficiencia.
- Se realizó un estudio en donde se somete a la pieza a una presión de 17 psi con un punto fijo en su base y se encontró que el desplazamiento máximo que sufre es de 0,966 in en el eje x, este desplazamiento no pone en riesgo la estructura, lo que quiere decir que a condiciones reales como las que se presentan en campo, él aerogenerador no va a sufrir una falla por fatiga.

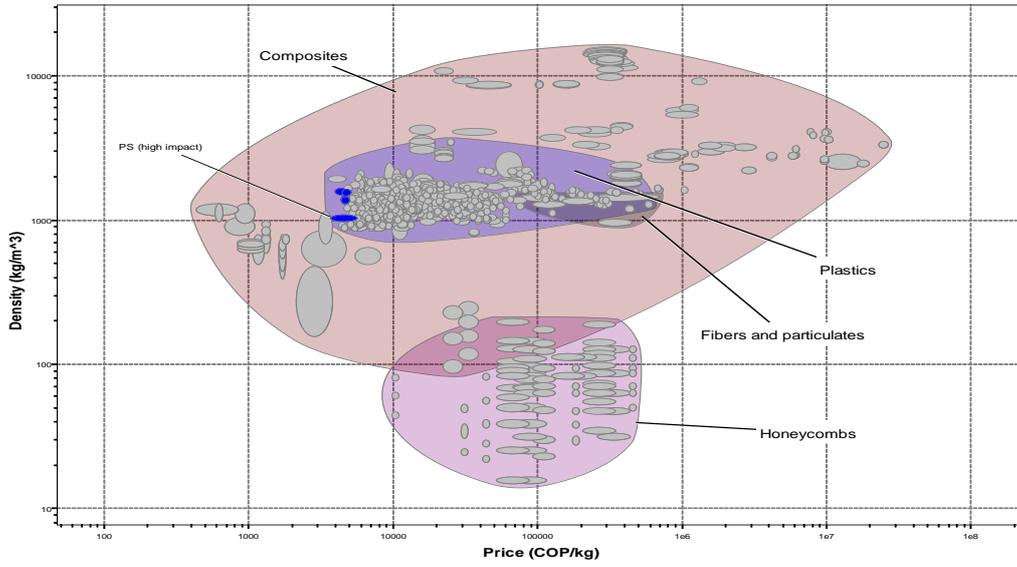
5. Bibliografía

Akdağ, S. A., & Güler, Ö. (2018). Alternative Moment Method for wind energy potential and turbine energy output estimation. *Renewable Energy*, 120, 69–77.
<https://doi.org/10.1016/j.renene.2017.12.072>

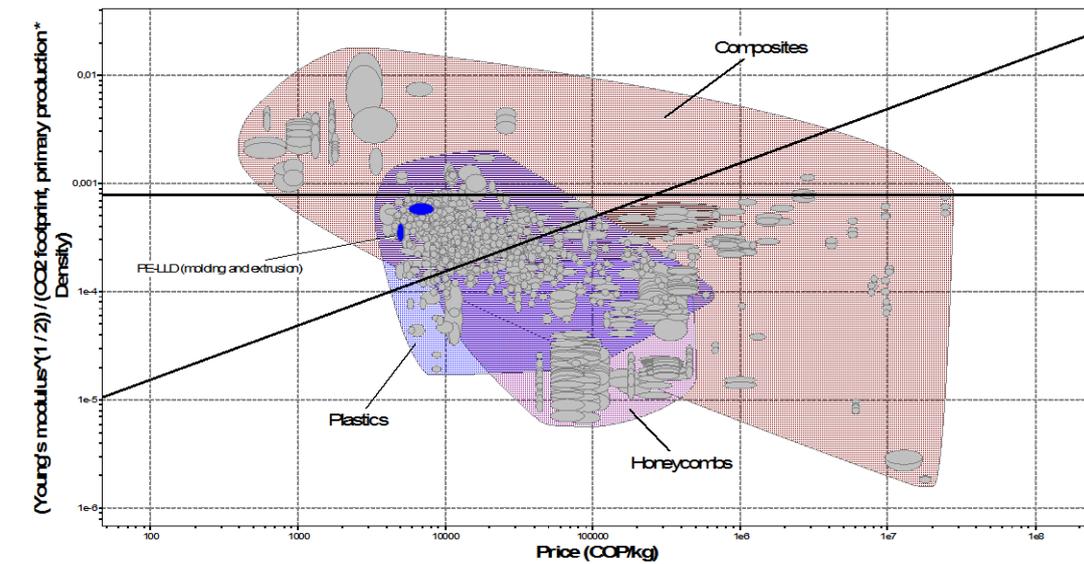
Escobar, A., & Barrero, L. E. (2009). Mathematical Model of a Wind Turbin. *Revista Visión Electronica*, 3(2), 48–60.

Rech, S., & Lazzaretto, A. (2018). Smart rules and thermal, electric and hydro storages for the optimum operation of a renewable energy system. *Energy*, 147, 742–756.
<https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.01.079>

6. Anexos

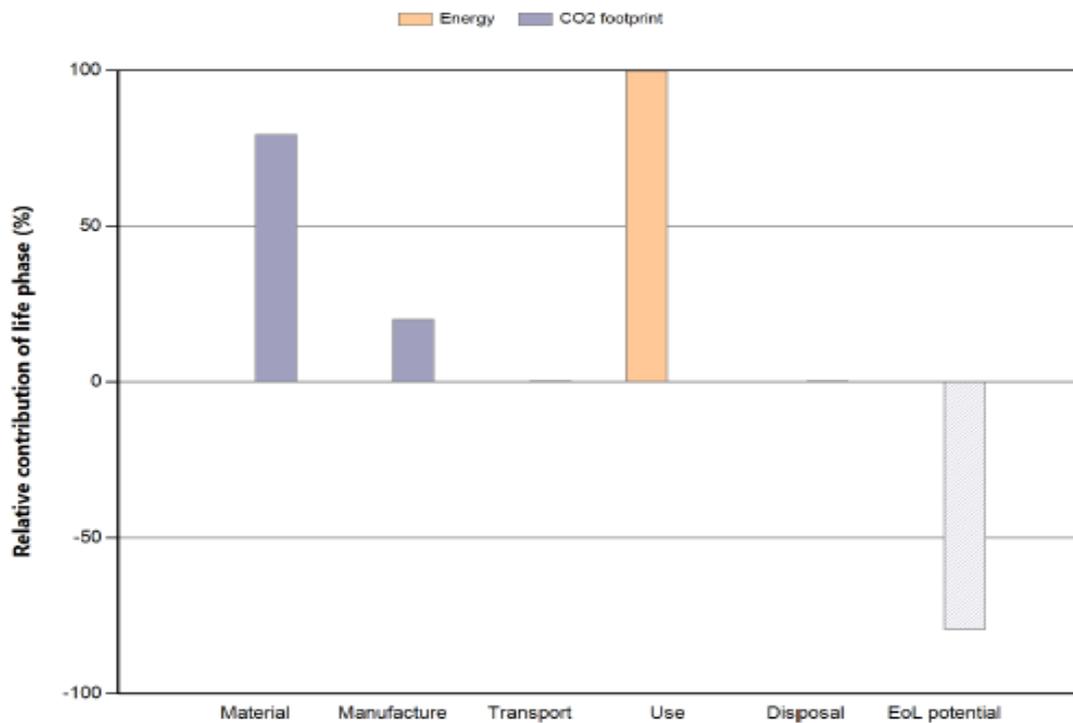


[GRAFICA 1: SELECCIÓN DE MATERIAL 1 PE-LLD (molding and extrusion)]



[GRAFICA 2: SELECCIÓN DE MATERIAL 2 PS (high impact)]

Eco Audit Report



[Energy details](#)

[CO2 footprint details](#)

Phase	Energy (MJ)	Energy (%)	CO2 footprint (kg)	CO2 footprint (%)
Material	408	0,1	19,8	79,4
Manufacture	70,1	0,0	5	20,1
Transport	1,05	0,0	0,0748	0,3
Use	3,48e+05	99,9	0	0,0
Disposal	0,827	0,0	0,0579	0,2
Total (for first life)	3,48e+05	100	24,9	100
End of life potential	-408		-19,8	

[FIGURA 1 Eco Audit Report]

PARÁMETRO	ENGRANE 1	ENGRANE 2
Numero de dientes	15	47
Velocidad(rpm)	1000	319.15
Torque(Lbf/ft)	5.252	16.127
Potencia(W)	753	750

[TABLA 1: datos tecnicos del sistema mecanico del aerogenerador a escala]

Aleación polimérica de POM y PVC para aumentar resistencia Al Impacto de aspersores de uso agrícola

Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia,
Tunja, Colombia

Tutor:

Ernesto Camargo Suarez

Alumno/s:

Miguel Ángel Cuervo Parra
Yuber Antonio Larrota Rodríguez

Resumen

Hace un par de siglos se han venido utilizando aspersores como herramienta para la irrigación en muchos sectores económicos e industriales con una diversidad de fines, entre estos en la agricultura para sistemas de enfriamiento en plantas.

Se abordará solo el sector agrícola como la principal actividad que los utiliza para irrigar los cultivos. Estos aspersores en sus inicios eran metálicos, hechos en latón o bronce pero con el pasar del tiempo y el desarrollo de materiales poliméricos ha ido reemplazando los aspersores metálicos por dichos materiales.

El uso actual de aspersores de material polimérico en el sector agrícola es bastante extenso, aumentando la demanda de los mismos. Estos aspersores ganaron aplicación debido al menor costo de producción, y por lo tanto se hace asequible su adquisición.



Contenido

1. Objetivos	316
2. Planteamiento del Problema	316
3. Solución Propuesta	317
4. Resultados y Conclusiones	318
5. Bibliografía	319
6. Anexos	320

1. Objetivos

- Aumentar la resistencia al impacto de los aspersores mediante una aleación polimérica entre POM y PVC.
- Lograr la selección del material, con las mejores características para esta función por medio de los **Índices** que ofrece el software **CES EduPack**.
- Innovar con un material que se desempeñe muy bien frente a las condiciones atmosféricas y de servicio.
- Experimentar en la mezcla de POM y PVC controlando las proporciones para obtener un resultado óptimo.
- Presentar soluciones ingenieriles a problemas que afectan el desarrollo del sector agrícola e industrial.

2. Planteamiento del problema

La agricultura ha sido una actividad que requiere de muchos factores tanto ambientales como humanos para su desarrollo. Ahora, mencionando la zona centro del departamento de Boyacá donde los tiempos de sequía que se presentan en algunas épocas del año, generan la necesidad de irrigar los cultivos con ayuda de motores y sistemas de riego adecuados para tal actividad. Un elemento utilizado en este sistema es el aspersor; encargado de esparcir el agua en forma de lluvia sobre los cultivos.

Los aspersores en la actualidad son hechos principalmente en POM; un polímero de excelente resistencia a la tracción y torque, pero debido a las condiciones del entorno, son muy frágiles al impacto o simplemente al poco cuidado que se tiene al momento de transportarlos, dejándolos inservibles después de una fractura, es necesario resaltar, la alta radiación que se presenta en la región debido a la altitud que también influye en la cristalización y fragilización de los polímeros.

Este problema está generando una mayor demanda de aspersores en el mercado Boyacense, generando mayores inversiones por parte de los agricultores, sin mencionar el impacto ambiental que se genera.

¿Es posible alargar la vida útil de los aspersores mejorando la resistencia al impacto y radiación UV, mediante una aleación de POM y PVC?

3. Solución propuesta

Las propiedades mecánicas que posee el POM son muy buenas pero tienen una baja tenacidad comparado con otros materiales de la misma naturaleza. Según el profesor Michel Asbhy de la universidad de Cambridge en su libro "Materials Selection in Mechanical Design" sugiere la aleación polimérica de un dado polímero con PVC puede aumentar la tenacidad de este. La realización de diferentes aleaciones de POM y PVC en una mezcla controlada y proporcionada de estos dos polímeros con posteriores ensayos de impacto Charpy es posible encontrar la aleación con mayor absorción energética y por lo tanto con mayor tenacidad. El **CES EduPack** permitió comparar y seleccionar el PVC como el material más idóneo gracias a sus propiedades y el aporte que generan ampliando la gama de propiedades de otros materiales.

4. Resultados y Conclusiones

Al realizar la pertinente consulta bibliográfica sobre propiedades, costos y características de distintos materiales, podemos concluir que el poliuretano confiere buena tenacidad al POM pero es costoso en comparación a otros polímeros, a partir del CES EduPack se analizaron los materiales posibles que confirieran mejoras en las propiedades del POM, todo con ayuda del CES EduPack.

Con el CES EduPack se estableció un índice que relaciona la resistencia a la tracción y la tenacidad a la fractura, permitiendo obtener una pendiente, con el fin de filtrar de acuerdo a estas propiedades, además de tener en cuenta algunas restricciones como: la Radiación UV, los costos del material y la respuesta en presencia de diferentes medios acuosos. A partir de los parámetros tenidos en cuenta para la selección del material, se encontró que el material que mejor cumple la exigencia a dichas características es el PVC.

Ahora bien, es importante resaltar, que los polímeros en general son susceptibles a la Radiación UV, pero, el grado de resistencia varía de un polímero a otro. Tomando como referencia el POM y el PVC, por medio del software anteriormente mencionado, se comparó la respuesta que presentan los termoplásticos mencionados ante la radiación, por lo que se pudo concluir que el PVC presenta una mejor resistencia a la Radiación, aumentando así la resistencia a la fractura por efectos de la cristalización.

- Con el POM como material base de aleación, el PVC es el polímero que mejor se adecua para mejorar la tenacidad permitiendo un mejor desempeño en servicio del polímero mezclado.
- El PVC en aleación con el POM, mejoraría la resistencia a la radiación gracias a una buena respuesta del primero frente a este fenómeno físico.
- El CES EduPack permitió la selección de este material gracias a todas las herramientas y contenido bibliográfico que presenta haciendo más fácil el estudio de materiales que respondan a condiciones de servicio frente a diferentes entornos de trabajo
- Presentar soluciones innovadoras que beneficien a la comunidad es un objetivo que se cumple con la ayuda de herramientas como el CES EduPack, ya que permite dar solución a problemáticas en general.

5. Bibliografía

- Elsevier materials selector / edited by Norman A. Waterman and Michael f. Ashby
London: Elsevier Applied Science 1991.
- Professor M. Ashby and D Jones “Engineering Materials 1: An introduction to their properties and applications”. New York. Pergamon Press, 1980
- Professor M. Ashby and D Jones “Engineering Materials 2: An introduction to microstructure, processing and design”. New York, Pergamon Press, 1980
- Software CES EduPack
- <http://www.lorkindustrias.com/downloads/fichastecnicas/FichaTecnicaPVCFlexibleSTD.pdf>
- <http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com.co/2011/06/pvc.html>
- <http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com.co/2011/07/poliacetal-pom.html>
- <https://ingenierosenapuros.files.wordpress.com/2012/02/2012-t2-capitulo-8materiales-polimericos.pdf>

6. Anexos

6.1. RESTRICCIONES APLICADAS: PARA EL POM

- Tenacidad a fractura

Dureza-Vickers		<input type="text"/>	<input type="text"/>	HV
Resistencia a fatiga para 10^7 ciclos		<input type="text"/>	<input type="text"/>	MPa
Tenacidad a fractura		1,71	4,2	MPa.m ^{0.5}
Coefficiente de pérdida mecánica (tan delta)		<input type="text"/>	<input type="text"/>	

FUENTE: CES EduPack

- Radiación UV.

▼ Durabilidad: entornos construidos

Atmósfera industrial

Atmósfera rural

Atmósfera marina

Radiación UV (luz solar)

FUENTE: CES EduPack

6.2. RESTRICCIONES APLICADAS: PARA EL PVC

- Tenacidad a fractura

Elongación		<input type="text"/>	<input type="text"/>	% strain
Dureza-Vickers		<input type="text"/>	<input type="text"/>	HV
Resistencia a fatiga para 10^7 ciclos		<input type="text"/>	<input type="text"/>	MPa
Tenacidad a fractura		1,46	5,12	MPa.m ^{0.5}
Coefficiente de pérdida mecánica (tan delta)		<input type="text"/>	<input type="text"/>	

FUENTE: CES EduPack

- Radiación UV.

▼ Durabilidad: entornos construidos

Atmósfera industrial

Atmósfera rural

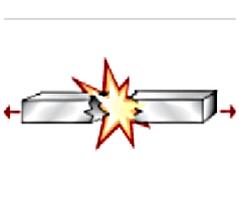
Atmósfera marina

Radiación UV (luz solar)

FUENTE: CES EduPack

6.3. IDENTIFICACIÓN DEL ÍNDICE Y DE LA PENDIENTE

Damage-tolerant design

FUNCTION AND CONSTRAINTS		MAXIMIZE ¹	MINIMIZE ¹	
Damage tolerance (for ties, columns, shafts, beams, panels, springs e.t.c.)		Maximize flaw tolerance and strength; load limited design	K_{Ic} / ρ and σ_y / ρ	ρ / K_{Ic} and ρ / σ_y
		Maximize flaw tolerance and strength; displacement limited design	$E \rho / K_{Ic}$ and σ_y / ρ	$E \rho / K_{Ic}$ and ρ / σ_y
		Maximize flaw tolerance and strength; energy limited design	K_{Ic}^2 / E and σ_y / ρ	E / K_{Ic}^2 and ρ / σ_y

FUENTE: CES EduPack

- Índice

$$M = \frac{K_{Ic}^2}{E}$$

- Reagrupando

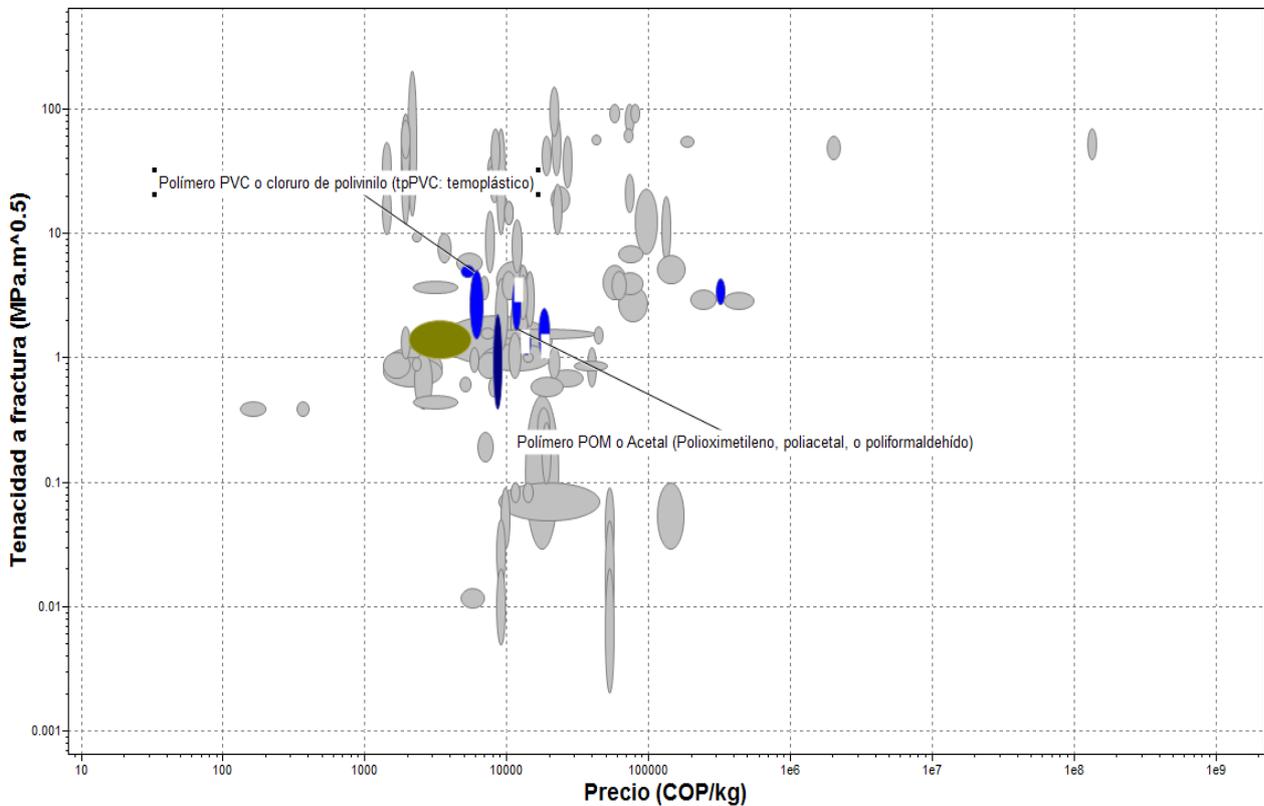
$$K_{Ic} = E^2 M^2$$

- Tomando logaritmos

$$\text{Log } K_{Ic} = 2 \text{ Log } E + 2 \text{ Log } M$$

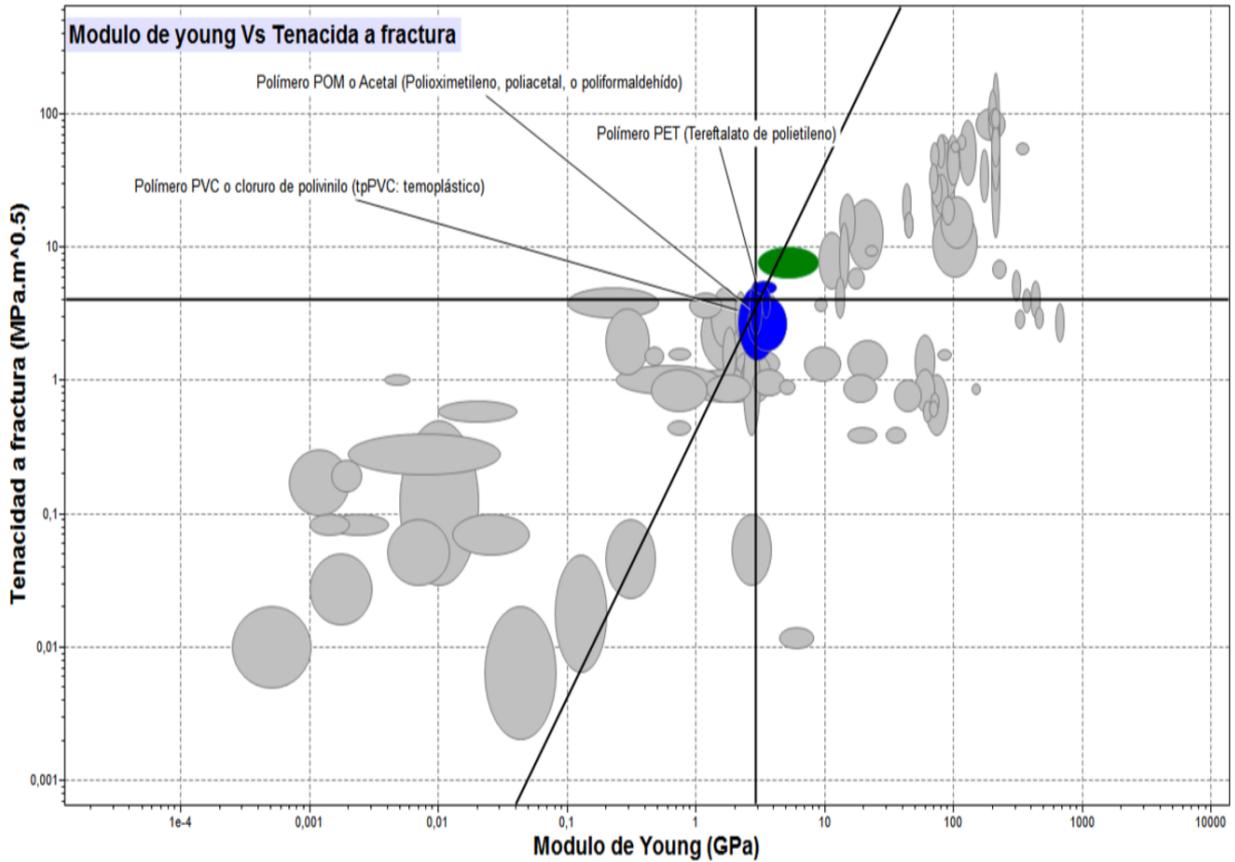
A partir de lo anterior se determina que la pendiente es 2.

6.4. Tenacidad a la Fractura Vs Precio



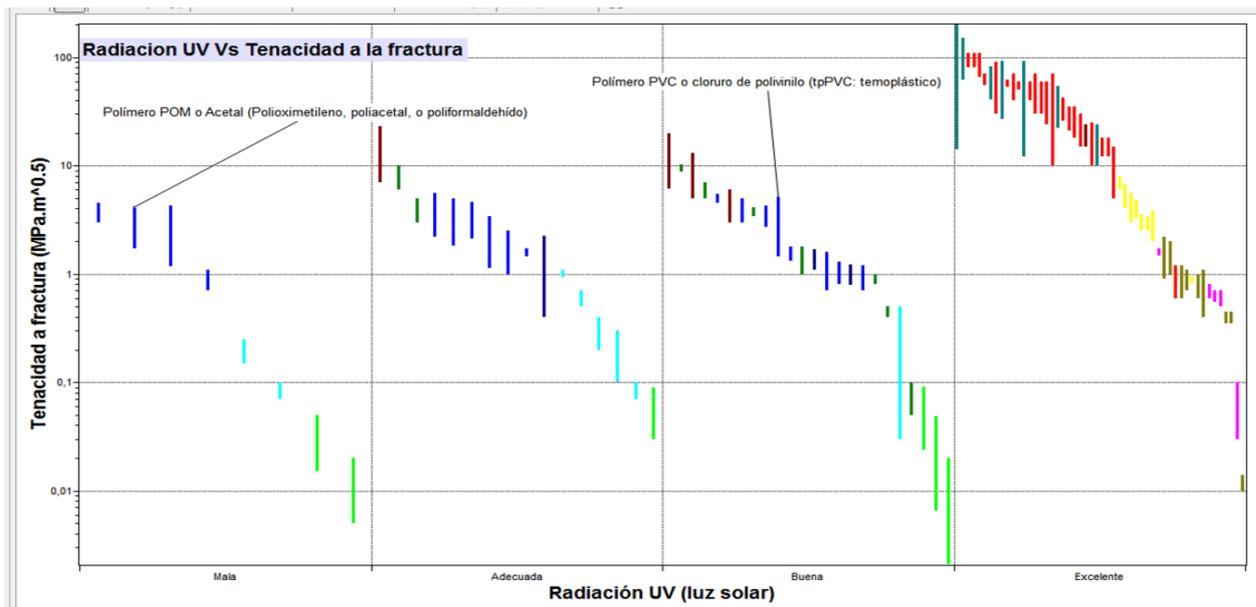
FUENTE: CES EduPack

6.5. Modulo a fractura Vs Radiación UV.



FUENTE: CES EduPack

6.6. Modulo a fractura Vs Radiación UV.



FUENTE: CES EduPack

Búsqueda de un escudo térmico para prevenir el calentamiento aerodinámico de las aeronaves

Universitat Politècnica de València,
Valencia, España

Tutor:

José María Desantes Fernández

Alumno/s:

Joan Javier Ferrer García

Jorge Miret Marco

Cristina Nadal Pastor

Resumen

El proyecto está centrado en la investigación sobre materiales de aislamiento térmico. En el sector aeroespacial, el campo del vuelo supersónico está muy limitado por el sobrecalentamiento de las aeronaves provocado por la fricción aerodinámica. Por tanto, encontrar un material que mejore las prestaciones ofrecidas por los componentes utilizados actualmente en cuanto al aislamiento térmico en aeronaves permitirá una mejora notable en, no solo la velocidad, sino también la estabilidad de futuros diseños.



Contenido

1. Objetivos	324
2. Planteamiento del Problema	324
3. Solución Propuesta	325
4. Resultados y Conclusiones	326
5. Bibliografía	326
6. Anexos.....	328

1. Objetivos

Nuestro objetivo principal es el de encontrar un material que consiga mejorar las prestaciones ofrecidas por los componentes utilizados actualmente en lo relacionado al aislamiento térmico de aeronaves supersónicas. Para ello es necesario realizar una exhaustiva selección entre los diferentes tipos de materiales que puedan proporcionar una correcta y segura protección térmica entre el interior y exterior del vehículo. Con la ayuda del software en cuestión, debemos ser capaces de descartar aquellos elementos que no sean útiles para la elaboración del material, así como procurar ser lo más precisos posible a la hora de especificar las condiciones límite a las que se va a exponer la aeronave que lleve la protección incorporada.

Es importante tener en cuenta la relación calidad-precio del producto final, además de características como su peso, dilatación, flexibilidad o temperatura máxima a alcanzar. Con todo, podremos conseguir encontrar el material que desempeñe su función de manera óptima según los parámetros especificados en dicho software.

2. Planteamiento del problema

En la actualidad del sector aeroespacial, uno de los objetivos prioritarios a la hora de diseñar una aeronave de alta velocidad es maximizar su eficiencia. Para ello, es vital la capacidad del vehículo de alcanzar grandes velocidades manteniendo la mayor estabilidad posible. Aquí aparece una de las mayores limitaciones del diseño aeronáutico actual, el calentamiento aerodinámico.

Este fenómeno se define como el calentamiento de un cuerpo sólido a causa de un desplazamiento a grandes velocidades a través del aire, donde la energía cinética de las partículas del medio se transforma en calor debido a la fricción con la superficie del cuerpo. Así, esto produce, no solo el sobrecalentamiento de diversas partes del vehículo, sino también cambios en su estructura, siendo, ninguno de estos efectos, deseables para la aeronave.

3. Solución propuesta

Para seleccionar los distintos materiales que puedan resolver el problema planteado, utilizaremos la base de datos *Level 3 Aerospace* del programa CES EduPack 2017. Haremos una selección de entre todos los materiales que se encuentran en la lista *MaterialUniverse*.

Para empezar nuestra selección, debemos establecer los requerimientos básicos que debe cumplir dicho material. Para ello, nos fijaremos en las propiedades de los materiales utilizados en el avión supersónico de uso comercial, el Aérospatiale-BAC Concorde, el cual estaba construido principalmente a base de aleaciones de aluminio. Por tanto, estableceremos sus propiedades como los valores mínimos que debe cumplir nuestro material, excepto la densidad, que aceptaremos que sea hasta un 10% mayor. Además, buscamos que no sea inflamable. Todos estos requerimientos (véase Anexo: 6.1. Requerimientos) los aplicamos mediante la herramienta *Limit*, la cual nos devuelve un total de 175 materiales.

Ahora, debemos estudiar cuales de estos materiales funcionan mejor en la situación planteada. Para ello, utilizaremos la tabla de índices de rendimiento dada en el apartado *CES Help*.

A través del desarrollo de los diferentes coeficientes (véase Anexo: 6.2. Desarrollo de coeficientes), obtenemos que debemos maximizar las ecuaciones E1 y E5, o lo que es lo mismo, minimizar sus inversas. Estos dos objetivos pueden ser ahora representados en un gráfico (véase Anexo: 6.3. Figuras - Figura 1).

Para minimizar el calor absorbido por el material seleccionado, le añadiremos otro material muy emisivo adherido a este, a modo de capa exterior. El material emisivo exterior actuará como un reflector térmico, ocasionando una menor absorción de calor por parte del material aislante.

El material emisivo seleccionado es el aluminio anodizado. Esta selección ha sido llevada a cabo a través de otras bases de datos (véase 5. Bibliografía). Finalmente, el material aislante y el emisivo se combinan mediante un proceso de proyección térmica con llama (*Flame spraying process* hallado mediante la herramienta *Tree*), el cual se basa en calentar partículas en polvo del material a depositar hasta un estado fundido o semifundido para ser proyectadas a gran velocidad en el material de destino.

Para aplicar este proceso de una forma óptima el sustrato ha de ser un material con una temperatura de fusión alta, como por ejemplo las cerámicas. Por tanto, añadimos al gráfico anterior (véase Anexo: 6.3. Figuras - Figura 1) una restricción para que solo nos muestre los materiales cerámicos (véase Anexo: 6.3. Figuras - Figura 2). Analizaremos los resultados de este gráfico en el siguiente apartado.

4. Resultados y Conclusiones

Tras realizar los pasos ya nombrados, y como se muestra en la Figura 2 (véase Anexo: 6.3. Figuras - Figura 2), elegiremos el material cerámico más conveniente. De entre estos hemos optado por el *Silicon nitride*, ya que es el que mejor cumple con los requisitos pedidos, como podemos observar debido a su posición en la gráfica; ya que esta es la más próxima al origen, lo cual minimiza los coeficientes nombrados (véase Anexo: 6.2. Desarrollo de coeficientes). Otras opciones a barajar serían *Mullite alloy*, *Silicon carbide* o *Mullite dense*, pero en comparación no ofrecen ninguna ventaja significativa respecto al *Silicon nitride*, excepto el coste. Sin embargo, el precio por kilo del material ofrecido (31,6-48,2 €/kg) nos parece asumible teniendo en cuenta las cantidades manejadas por el sector aeroespacial.

Para recubrir la capa de *Silicon nitride* se ha propuesto el uso de la proyección térmica con llama, con partículas de aluminio anodizado. Gracias a este procedimiento se conseguirá una mejora en cuanto a protección frente a la corrosión, dureza, resistencia al desgaste o control de fricción, así como un rápido enfriamiento del vehículo, entre otras características importantes para solucionar el problema propuesto. De este modo, contaremos con una capa interna aislante y una externa emisiva, consiguiendo así que no haya un sobrecalentamiento excesivo que pondría en peligro la integridad de la aeronave durante el vuelo.

Las ventajas obtenidas a partir del desarrollo de este material, pueden ser muy positivas para la industria aeroespacial, tanto en el sector civil como el militar. Los aviones desarrollados con uso militar tendrán una alternativa al titanio y sus aleaciones, materiales recurridos más frecuentemente en este sector. De esta manera, se podría reducir notablemente el coste total de fabricación, obteniendo unas prestaciones térmicas similares. Por otro lado, en el sector civil, al reducir el tiempo de vuelo, se puede aumentar la frecuencia de vuelos, lo que se traduce en un aumento en los beneficios para las compañías aéreas y una mayor disponibilidad de vuelos para los pasajeros.

En síntesis, gracias a las herramientas ofrecidas por el programa CES EduPack, así como a los datos recabados durante la realización del proyecto, se ha conseguido encontrar una solución factible y razonable al problema descrito. De esta manera, contando con una capa de *Silicon nitride* recubierta de aluminio, se pueden alcanzar temperaturas de 1200 °C. Al poder resistir temperaturas mayores, la estructura del avión no se ve tan afectada por choques térmicos, dilatación y otros efectos no deseados. De esta forma, se aumenta la velocidad y se reduce el tiempo de vuelo, entre otras mejoras, sin comprometer la seguridad de la aeronave y sus tripulantes.

Para realizar este proyecto, se han consultado las siguientes fuentes de información:

Carlos Sánchez Tarifa (1963). *El avión supersónico de transporte*. [online] Disponible en: <http://aerobib.aero.upm.es/cst/bibliografia/A15.pdf> [Consultado el 26 04 2018]

Concorde SST. *Concorde*. [online] Disponible en: <http://www.concordesst.com/home.html> [Consultado el 25 04 2018]

Curtis-Wright. *Proyecciones térmicas*. [online] Disponible en: <https://www.cwst.es/proyeccion-termica-hvof-plasma-spray/> [Consultado el 03 05 2018]

CESEduPackTutorials. [online] Disponible en: <https://www.youtube.com/user/CESEduPackTutorials/> [Consultado el 01 05 2018]

Engineering ToolBox, (2003). *Emissivity Coefficients of some common Materials*. [online] Disponible en: https://www.engineeringtoolbox.com/emissivity-coefficients-d_447.html [Consultado el 30 04 2018].

Engineering ToolBox, (2003). *Young's Modulus - Tensile and Yield Strength for common Materials*. [online] Disponible en: https://www.engineeringtoolbox.com/young-modulus-d_417.html [Consultado el 29 04 2018].

Engineering ToolBox, (2004). *Metals and Alloys - Densities*. [online] Disponible en: https://www.engineeringtoolbox.com/metal-alloys-densities-d_50.html [Consultado el 29 04 2018].

Susan K. Lewis (2005). *Anatomy of Concorde*. [online] Disponible en: <http://www.pbs.org/wgbh/nova/concorde/anat-nf.html> [Consultado el 03 05 2018]

6. Anexos

6.1. Requerimientos

Los requerimientos que hemos introducido en la herramienta *Limit* son:

- *Young's modulus* = min. 70,34 GPa
- *Yield strength* = min. 95 MPa
- *Maximum service temperature* = min. 180 °C
- *Flammability*: Non-flammable
- *Density* = max. 3110 kg/m³

6.2. Desarrollo de coeficientes

El objetivo principal del material que estamos buscando es ofrecer un gran aislamiento térmico. Este material debe ser capaz de, dado un flujo de calor producido por el rozamiento con el aire a altas velocidades, conseguir una gran diferencia de temperaturas entre el exterior y el interior de la aeronave, protegiendo a los pasajeros y a los sensibles sistemas electrónicos de las altas temperaturas alcanzadas en el exterior.

Por tanto, nuestro objetivo será maximizar el aislamiento térmico en un estado transicional:

$$M_1 = \rho C_p / \lambda \quad (\text{E1})$$

donde λ es la conductividad térmica, ρ es la densidad y C_p es el calor específico.

El material en cuestión también debe cumplir con otros objetivos importantes. En nuestro caso, dado un flujo de calor, lo que tratamos de maximizar es la estabilidad térmica del material, para minimizar la dilatación y las tensiones generadas por esta expansión:

$$m_1 = \lambda / \alpha \quad (\text{E2})$$

Además, también es importante maximizar la resistencia a golpes de calor:

$$m_2 = \sigma_y / E \alpha \quad (\text{E3})$$

donde λ es la conductividad térmica, α es el coeficiente de expansión térmica, σ_y es el límite elástico y E es el módulo de Young.

Por otra parte, un avión actúa como un recipiente a presión, el cual debe soportar la diferencia presiones entre el interior (p_{atm}) y el exterior ($p \leq p_{atm}$). Así, también buscamos maximizar la tolerancia a daños y roturas de un recipiente a presión.

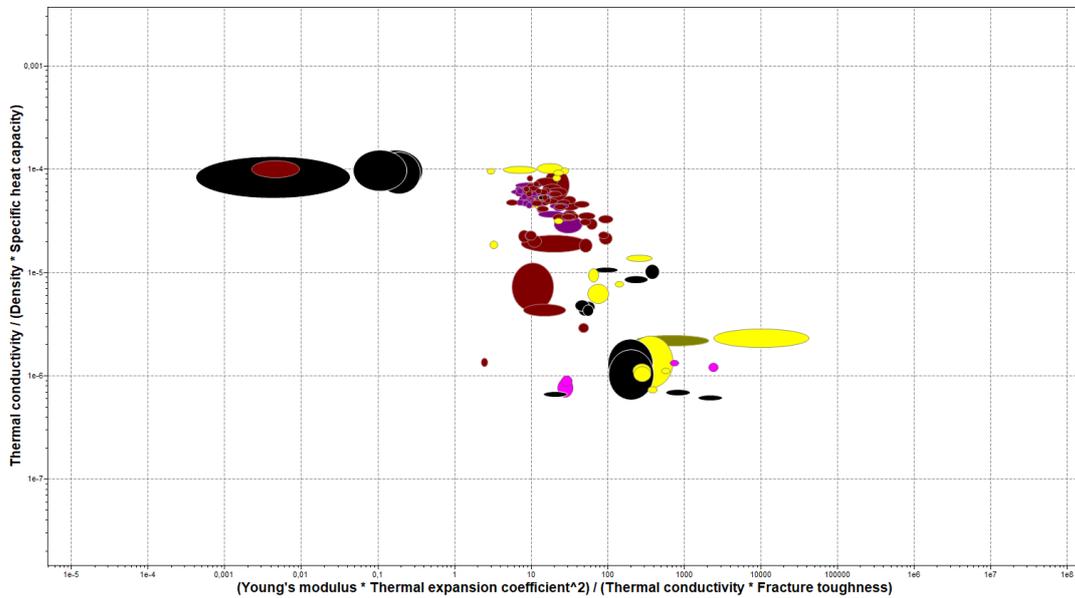
$$m_3 = K_{1c} / \sigma_y \quad (\text{E4})$$

donde K_{1c} es la tenacidad a la fractura y σ_y es el límite elástico.

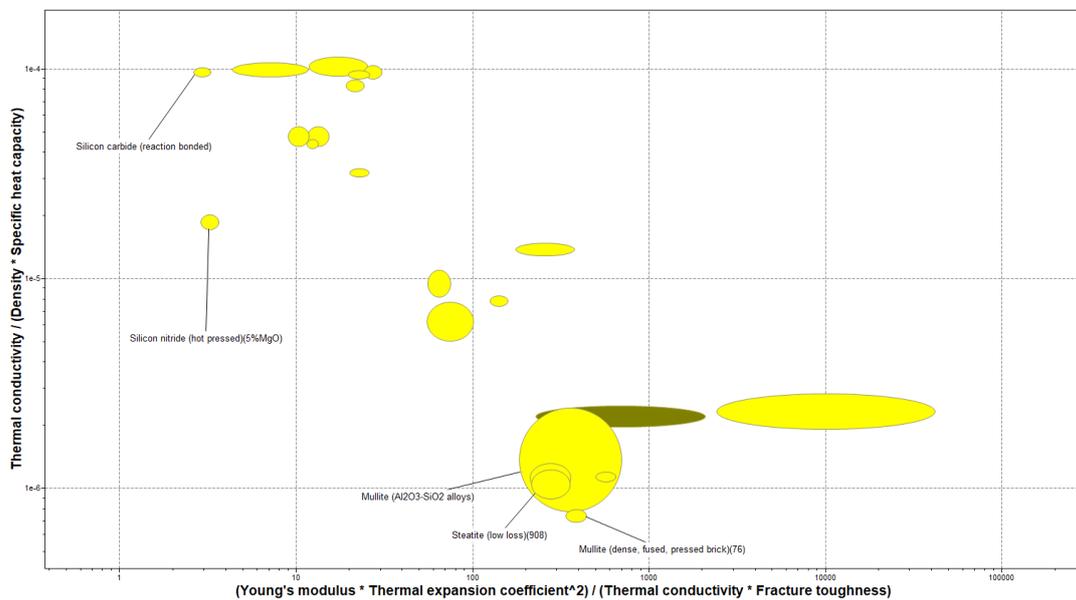
Combinando estas tres últimas ecuaciones, obtenemos que debemos maximizar:

$$M_2 = m_1 \cdot m_2 \cdot m_3 = \frac{\lambda K_{1c}}{E \alpha^2} \quad (E5)$$

6.3. Figuras



(Figura 1)



(Figura 2)

Tecnología para la visión

Universidad pedagógica y tecnológica de Colombia,
Tunja , Colombia

Tutor:

Julián Steven Gutiérrez Saavedra

Alumno/s:

Diego Humberto Rojas flechas

Mario Cesar Piracoca Piracoca

Resumen

Este proyecto está enfocado en buscar un material con excelentes propiedades ópticas y mecánicas para reemplazar el material del cual se encuentran hechos los lentes oftálmicos haciéndolos mucho más cómodos de excelente calidad y menos costosos



Contenido

1. Objetivos	331
2. Planteamiento del Problema	331
3. Solución Propuesta	332
4. Resultados y Conclusiones	333
5. Bibliografía	333
6. Anexos.....	335

1. Objetivos

- Mejorar las propiedades mecánicas y ópticas de los lentes oftálmicos.
- Hacer uso de la herramienta CES EDUPACK para encontrar el material que cumpla con las características necesarias para desarrollar este proyecto.

2. Planteamiento del problema

La idea de este proyecto nace de ver la problemática que existe con los lentes oftálmicos hechos con policarbonato ya que son pesados y se rayan con gran facilidad lo cual hace que se afecte la transparencia y a la vez una buena visibilidad.

3. Solución propuesta

Como solución a este problema con los lentes se plantea la opción de cambiar el material del cual están hechos como lo es el policarbonato. Que tenga mejores propiedades mecánicas como una mayor dureza, resistencia a la abrasión, baja densidad y menor costo del material y alto índice de refracción.

Al hacer uso de la herramienta CES EDUPACK encontramos que el material que cumple con las características que necesitamos es el PMMA el cual cubre gran cantidad de características mecánicas, ópticas y de costos de fabricación

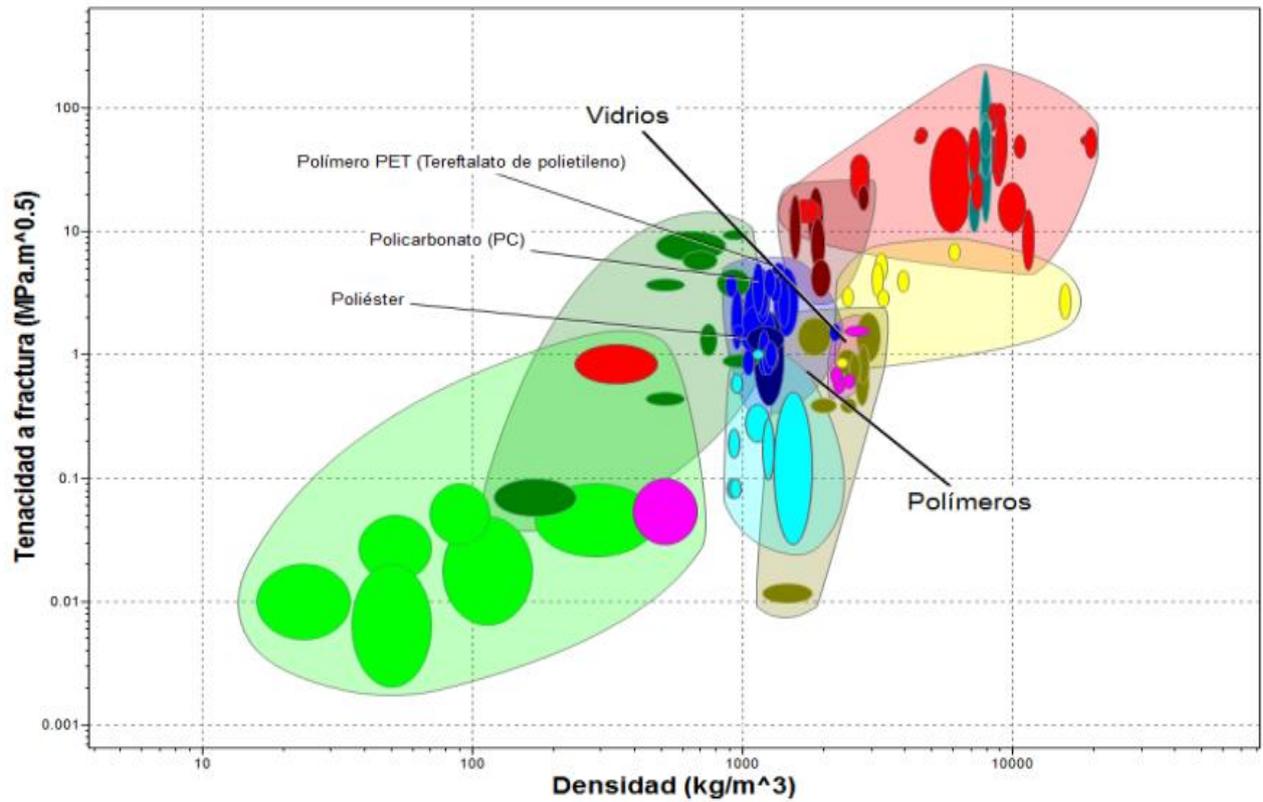
4. Resultados y Conclusiones

- El PMMA es el material que hasta el momento más se adapta a las propiedades que necesitamos ya que es un material amorfo de alto peso molecular, además que tiene muy baja densidad lo que hace que su peso en los lentes sea para las personas muy cómodo, también es duro transparente, con buenas propiedades ópticas, mínima absorción de agua y buena estabilidad dimensional.
- Un material con un alto índice tiene una capacidad alta de desviar los rayos de luz para ofrecer nitidez de visión y a su vez utilizar menor cantidad de material en los lentes lo que hace que esto se reduzca considerable el precio a la hora de fabricarlos.
- Para mejorar considerablemente el problema de visión del material con que actualmente están fabricados (policarbonato), necesitamos seleccionar un material con un alto índice de refracción además de que tenga buenas propiedades ópticas

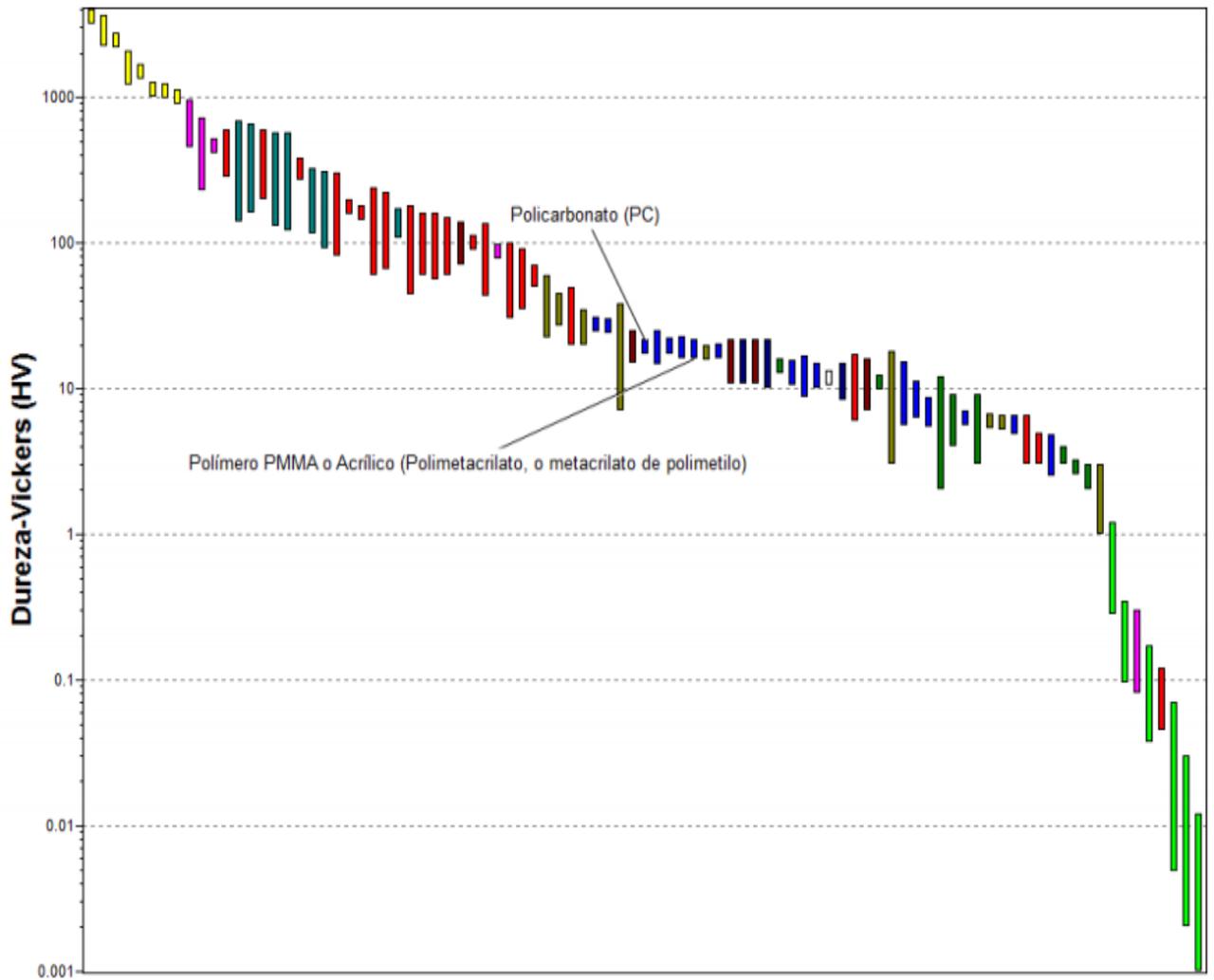
- C. Charitidis, A. L. (Julio-septiembre de 2004). Estudio óptico y nanomecánico de capas antiarañazos sobre lentes de policarbonato. Superredes y microestructuras.
- Hamid R. Hakimelahi, L. H. (28 de mayo de 2010). Síntesis y caracterización del nanocompuesto de policarbonato reforzado con alúmina transparente.
- Polímero. N. Tadokoro, K. J. (2 de abril de 2012). Investigación de la contracción y agrietamiento del revestimiento de la lente oftálmica mediante una prueba de ciclo de radiación UV y alta humedad. Elsevier. wikipedia. (s.f.).
- <https://es.wikipedia.org/wiki/Policarbonato>.

6. Anexos

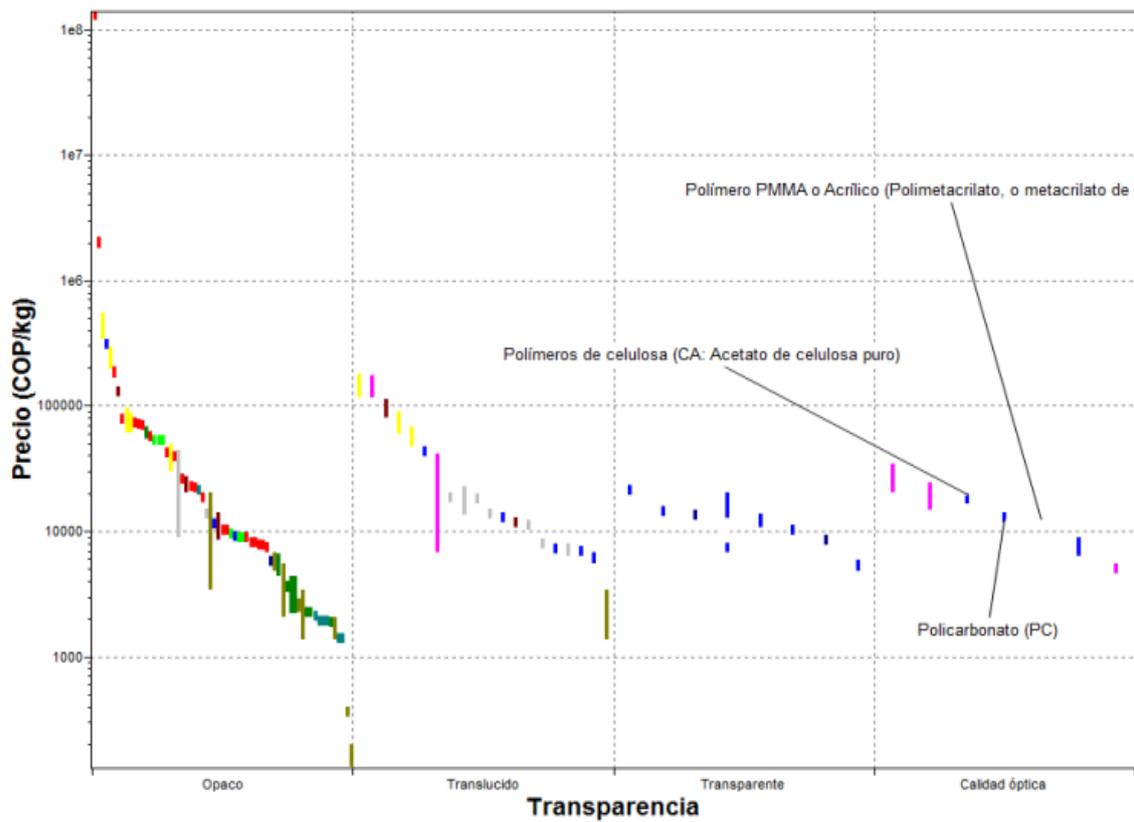
1. GRAFICA DE TENACIDAD A LA FRACTURA VS DENSIDAD



2. GRAFICA DE DUREZA VICKERS (HV)



3. GRAFICA DE PRECIO (COP/Kg) VS TRANSPARENCIA



Uso del software CES EduPack para la determinación de las propiedades mecánicas y térmicas de diseños multicapas que podrían permitir la activación superficial de titanio usado en prótesis médicas

Universidad Autónoma de Occidente,
Santiago de Cali, Colombia

Tutor:

Clara Eugenia Goyes López. Dra. Ing.

Alumno/s:

Juan Daniel Artunduaga Urbano

Isabella Gutierrez Burgos

Resumen

En este trabajo se presenta la simulación y el estudio de las propiedades mecánicas y térmicas de sistemas multicapas (2 y 3 capas) usando materiales cerámicos y vitrocerámicos, basados en Zirconia y Bioglass, todos depositados sobre un substrato de Titanio grado V (Ti6Al4V). Las capas cerámicas se usan con el propósito de buscar activación superficial del titanio. Para los sistemas de 3 capas se usó una capa intermedia de Al_2O_3 . La simulación de los sistemas multicapas se realizó mediante el software CES EduPack, usando la herramienta "Synthesizer" y posteriormente la opción "Multilayer". Las propiedades que se estudiaron fueron específicamente el módulo de Young y el coeficiente de expansión térmica, comparando los resultados para 2 y 3 capas, así como con el substrato.

GRANTA
TEACHING RESOURCES



© Granta Design, 2018

For reproduction guidance, see back page

The Teaching Resources website aims to support teaching of materials-related courses in Design, Engineering and Science. Resources come in various formats and are aimed primarily at undergraduate education.

Contenido

1. Objetivos	339
2. Planteamiento del Problema	339
3. Solución Propuesta	340
4. Resultados y Conclusiones	341
5. Bibliografía	341
6. Anexos.....	342

1. Objetivos

- Diseñar sistemas multicapas compuestos de 2 capas usando como sustrato Titanio grado 5 (Ti6Al4V), y como capa superior materiales vitro cerámicos, materiales cerámicos basados en Zirconia y Bioglass.
- Diseñar sistemas multicapas compuestos de 3 capas usando como sustrato Titanio grado 5 (Ti6Al4V), como capa intermedia Alúmina y como capa superior materiales vitro cerámicos, materiales cerámicos basados en Zirconia y Bioglass.
- Determinar para cada sistema de 2 y 3 capas las propiedades mecánicas y térmicas.
- Realizar gráficos comparativos de las propiedades mecánicas y térmicas entre los diferentes sistemas diseñados con y sin la capa intermedia de Alúmina.
- Seleccionar de los sistemas diseñados aquellos que tengan propiedades mecánicas y térmicas similares a las propiedades presentadas por el Titanio grado 5 (Ti6Al4V) sin capas superficiales, con el fin de considerar su aplicación como componente metálico bioactivo.

2 Planteamiento del problema

Las prótesis quirúrgicas son de gran demanda en el mundo debido a que proporcionan una esperanza de mejorar la calidad de vida de quien las necesite, mejorando así su capacidad funcional. Estas prótesis generalmente, se fabrican de aleaciones de titanio, entre ellos grado V (Ti6Al4V). Este material cuenta con las propiedades mecánicas adecuadas para uso biomédico pero no muestra respuesta de bioactividad en contacto con tejidos vivos. Esta bioactividad mejoraría significativamente la interacción con tejidos circundantes, generando una mayor fijación y aceptación de la prótesis metálica en contacto con el tejido duro. La activación superficial puede lograrse mediante el uso de recubrimientos cerámicos depositados sobre el metal, los cuales son diseñados para soportar las cargas mecánicas requeridas. Estos recubrimientos pueden ser obtenidos a partir de la elaboración de multicapas, en donde el anclaje sustrato-película tiene una atención especial para evitar la delaminación. Para evitar esto se usan en muchos casos capas intermedias, p.e. Al_2O_3 , sin embargo esto depende del coeficiente de expansión térmica de los materiales. En este estudio, la pregunta de investigación es: ¿el CES Edupack permite obtener valores aproximados de características mecánicas y térmicas para sistemas multicapas, permitiendo estudiar el efecto del uso de intercapas en estas propiedades?

3. Solución propuesta

Para la bioactivación del titanio, el material más usado es la hidroxiapatita (HA), la cual es altamente bioactiva pero presenta características de fragilidad. Entre otros materiales reportados están las cerámicas basadas en óxido de zirconio o zirconia, vitrocerámicas y el Bioglass. Este último hace parte de materiales conocidos como vidrios bioactivos, los cuales disminuyen los procesos de corrosión rápida de las aleaciones debido a que presentan menor velocidad de degradación, y junto a ella una liberación beneficiosa de oligoelementos, que hacen parte de ciclos bioquímicos fisiológicos. Por lo anterior expuesto, los vidrios bioactivos y vitrocerámicas ofrecen mayor flexibilidad en su composición permitiendo adaptar sus propiedades estructurales y microestructurales después de la cristalización. Las vitrocerámicas tienden a formar una capa de apatita de hidroxycarbonato biológicamente activo que actúa como una interface permitiendo una buena adhesión con el hueso. Por otro lado, la zirconia tiene varias ventajas sobre otros materiales cerámicos, debido a los mecanismos de transformación de endurecimiento que operan en su microestructura. Como materiales para capas intermedias se usan recubrimientos cerámicos como es el óxido de aluminio o alúmina, el cual es un material bioinerte que permite mejorar las propiedades mecánicas de los materiales cerámicos bioactivos y metales. Como características de la alúmina se reportan su alta resistencia mecánica, excelente corrosión, resistencia al desgaste y estabilidad térmica. La alúmina se ha convertido en un buen candidato para mejorar las propiedades mecánicas de los recubrimientos como la microdureza, tenacidad a la fractura y el módulo de Young. Todos estos materiales proporcionan características importantes para el campo biomédico sin embargo, la experimentación con ellos es un tema costoso y tomaría mucho tiempo en analizar todas las opciones comerciales que existen. Es por ello que este proyecto presenta una propuesta de simular varios sistemas multicapas para obtener valores cercanos de propiedades mecánicas y térmicas que permitan anticipadamente a la experimentación, tomar decisiones de sistemas de materiales favorables para activación del sustrato de titanio.

Por medio de las herramientas "Synthesizer" y "Multilayer" del CES Edupack se crearon diferentes sistemas multicapas de 2 y 3 capas, utilizando como sustrato el titanio grado V (Ti6Al4V) con un espesor de 5mm. Para la capa cerámica superior de los sistemas se usó 23 tipos diferentes de cerámicas, entre ellas: Bioglass, cerámicas basadas en Zirconia y vitrocerámicas, todas con un espesor de 400nm. En los sistemas de 3 capas se utilizó además de la capa cerámica y el metal, una capa intermedia de alúmina con un espesor de 1mm para todas las muestras. Después de realizar el diseño de las multicapas, usando la herramienta "Chart" del software CES Edupack, se procedió a determinar las propiedades mecánicas y térmicas de los sistemas diseñados, escogiendo las propiedades de módulo de Young y coeficiente de expansión térmica respectivamente. Las propiedades se presentan en los gráficos para los sistemas de 2 y 3 capas independientemente, así como la comparación entre ellos para todos los sistemas, incluyendo el sustrato.

4. Resultados y Conclusiones

En este trabajo se realizaron diferentes gráficos que proporcionaron información de las propiedades mecánicas y térmicas de los sistemas multicapa diseñados. Antes de presentar los resultados obtenidos de los sistemas, en la Figura 1 se presenta los valores de módulo de Young vs coeficiente de expansión térmica para todos los materiales usados en este estudio: vitrocerámicos, Bioglass, cerámicos basados en Zirconia, Titanio grado V (Ti6Al4V) y Alúmina. En la Figura 2 se presenta los resultados del módulo de Young para sistemas de 2 y 3 capas, incluyendo para comparación, el valor del sustrato Titanio grado V (Ti6Al4V). Estos resultados muestran que los valores de módulo de Young para los sistemas de 3 capas son muy similares entre todos los sistemas estudiados (aproximadamente 160 GPa), pero comparándolos con los valores encontrados para sistemas de 2 capas (entre 110 y 120 GPa), son mucho mayores. El valor del módulo de Young para el sustrato se encuentra entre 110 y 119 GPa, lo cual permitiría concluir que en términos de propiedades mecánicas, los sistemas de 2 capas resultan con propiedades similares al sustrato metálico. En la Figura 3 se presenta el coeficiente de expansión térmica para sistemas de 2 y 3 capas, así como y el valor para el sustrato Titanio grado V (Ti6Al4V). En esta gráfica el coeficiente de expansión térmica es aproximadamente $8.90 \mu\text{strain}/^\circ\text{C}$ y entre 8.45 y $8.50 \mu\text{strain}/^\circ\text{C}$ para 2 y 3 capas respectivamente. El bajo coeficiente de expansión térmica de los sistemas de 3 capas se debe a la adición de alúmina como capa intermedia, la cual tiene un valor entre 6.2 y $6.4 \mu\text{strain}/^\circ\text{C}$, incrementando el carácter cerámico del sistema multicapa comportándose como un material compuesto. En la Figura 4 se presenta una comparación de las propiedades mecánicas y térmicas para todos los sistemas analizados.

5. Bibliografía

1. Choy, M., Yeung, K., Chen, L., Tang, C., Tsui, G. C., & Law, W. (2017). In situ synthesis of osteoconductive biphasic ceramic coatings on Ti6Al4V substrate by laser-microwave hybridization. *Surface & Coatings Technology*, 33092-101. doi:10.1016/j.surfcoat.2017.09.081
2. Khalid, M., Mujahid, M., Khan, A. N., Rawat, R., & Mehmood, K. (2013). Effect of arc current on microstructure, texturing and wear behavior of plasma sprayed CaZrO₃ coatings. *Ceramics International*, 392293-2302. doi:10.1016/j.ceramint.2012.08.076
3. Lieblich, M., Barriuso, S., Multigner, M., González-Doncel, G., & González-Carrasco, J. (2016). Thermal oxidation of medical Ti6Al4V blasted with ceramic particles: Effects on the microstructure, residual stresses and mechanical properties. *Journal Of The Mechanical Behavior Of Biomedical Materials*, 54173. doi:10.1016/j.jmbbm.2015.09.032
4. Saleem, S., Ahmad, R., Ayub, R., Ikhtlaq, U., Jin, W., & Chu, P. K. (2017). Full Length Article: Investigation of nano-structured Zirconium oxide film on Ti6Al4V substrate to improve tribological properties prepared by PIII&D. *Applied Surface Science*, 394586-597. doi:10.1016/j.apsusc.2016.09.091

6. Anexos

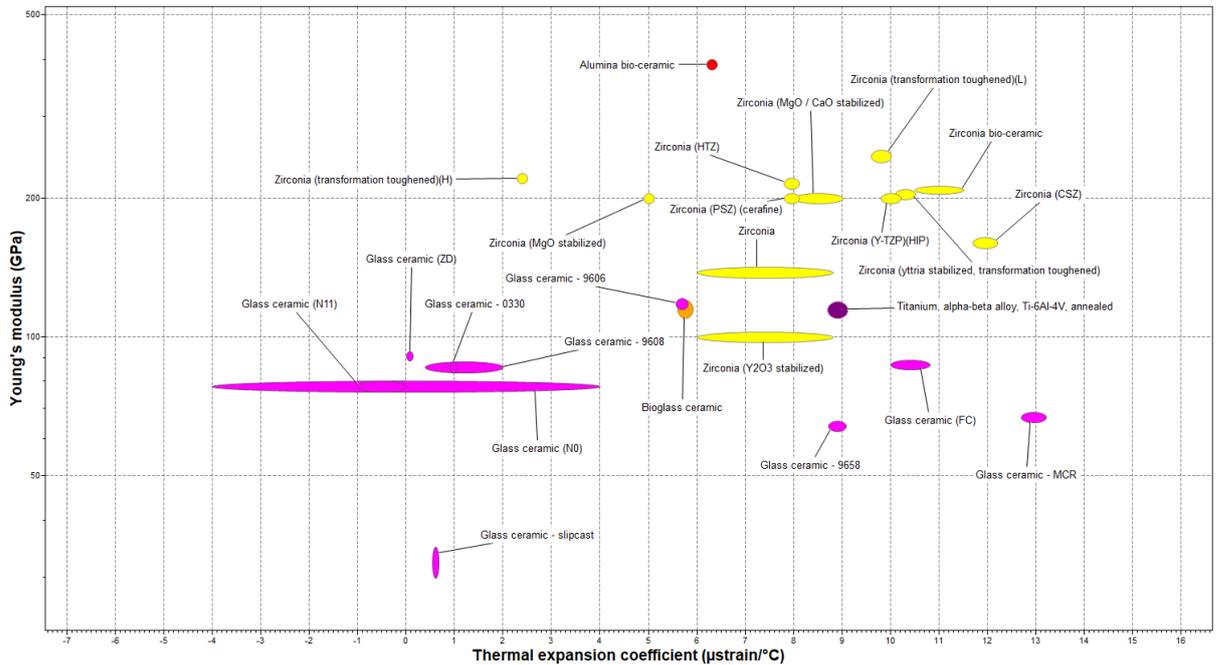


Fig.1. Gráfica de CES EduPack 2018 del módulo de Young vs coeficiente de expansión térmica de todos los materiales usados para el diseño de las multicapas. Se presentan: vitrocerámicos, Bioglass, cerámicos basados en zirconia, titanio grado V (Ti6Al4V) y alúmina.

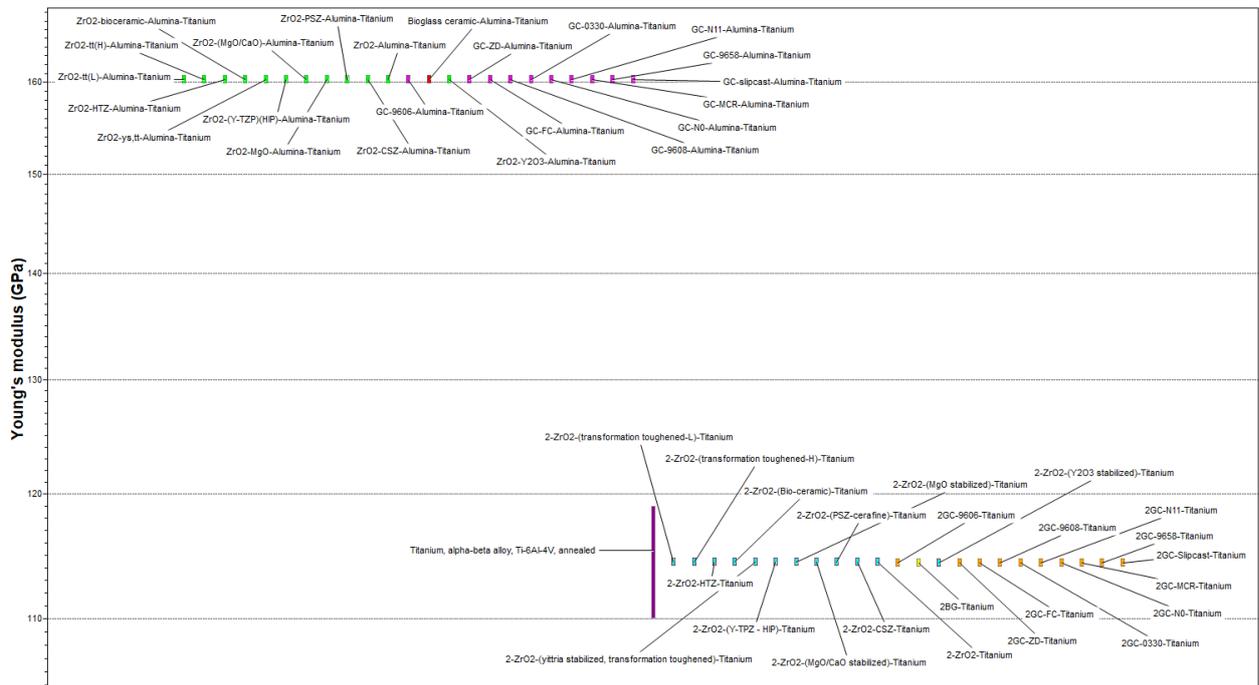


Fig.2. Gráfica de CES EduPack 2018 del módulo de Young para sistemas de 2 y 3 capas. Se incluye para comparación el valor del sustrato de Titanio grado V (Ti6Al4V).

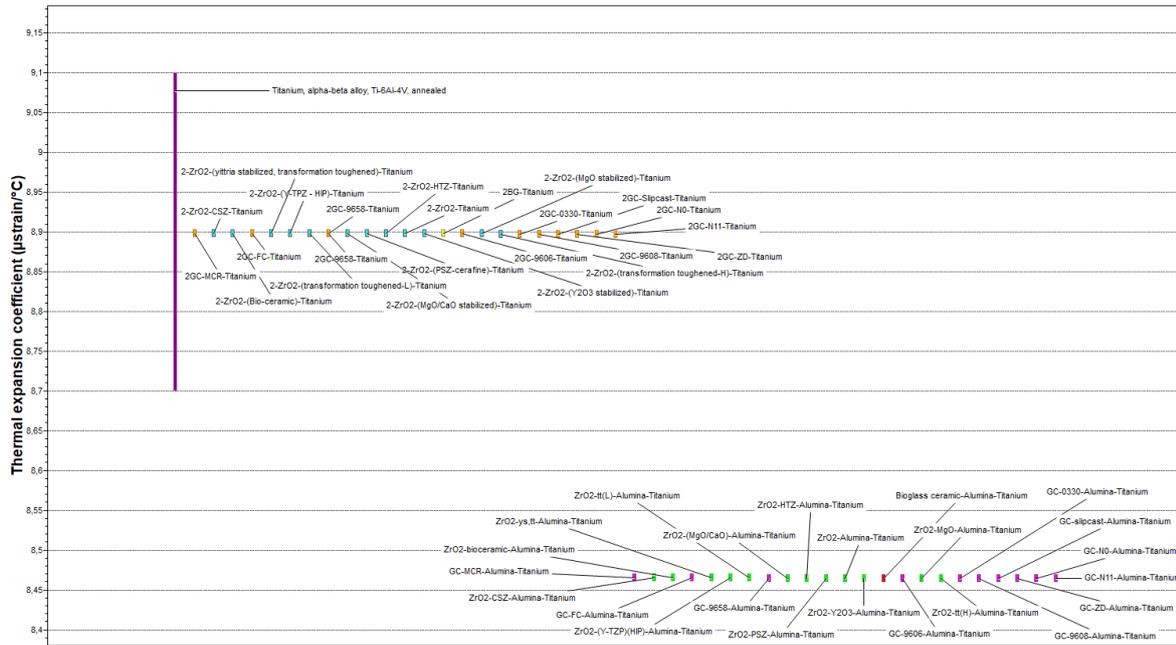


Fig.3. Gráfica de CES EduPack 2018 del coeficiente de expansión térmica para sistemas de 2 y 3 capas. Se incluye para comparación el valor del sustrato de Titanio grado V (Ti6Al4V).

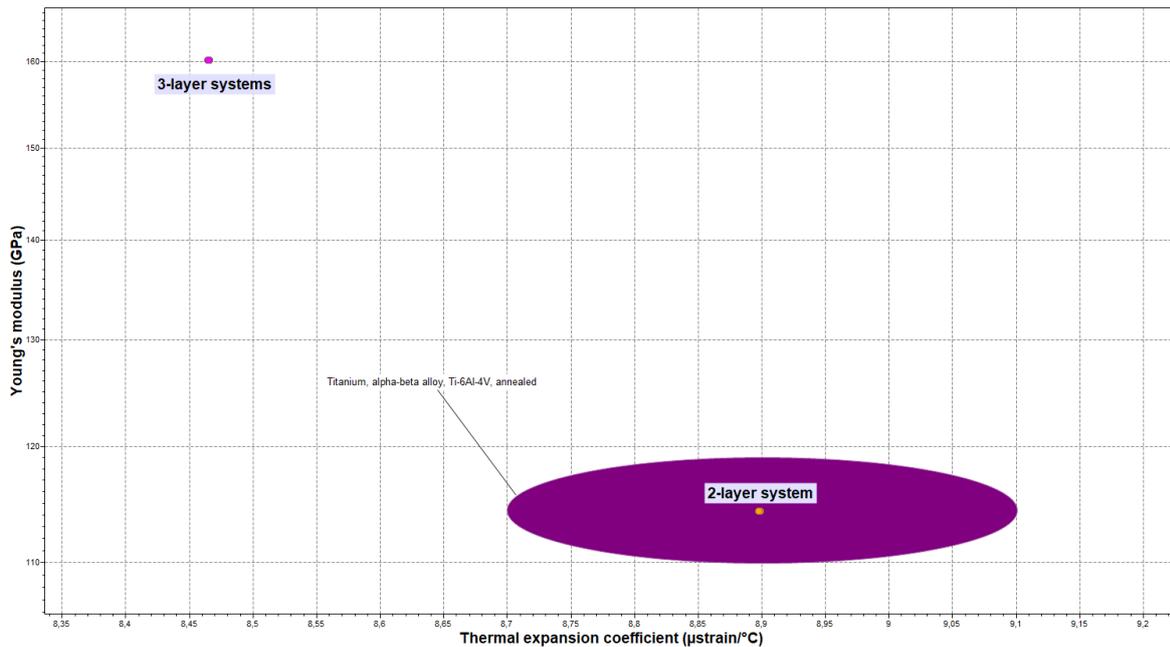


Fig.4. Gráfica de CES EduPack 2018 del módulo de Young vs coeficiente de expansión térmica para sistemas de 2 y 3 capas. Se incluye para comparación el valor del sustrato de Titanio grado V (Ti6Al4V).

Material compuesto a partir de residuos de pseudo tallo de plátano

Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia
Duitama, Colombia

Tutor:

Jorge Torres Pemberti

Alumno/s:

Giselle Pedraza Abril

Andrés Cely Báez

Rubén Darío Fonseca

Resumen

Se propone aprovechar la fibra del pseudo tallo del árbol de plátano como material de refuerzo para producir material compuesto utilizando una matriz polimérica sintética y así desarrollar tejas artesanales que permitan reemplazar a las de arcilla utilizadas en las construcciones rurales y que actualmente se producen utilizando hornos de cocción para ladrillos. Gracias a la herramienta de CES EduPack permitirá evidenciar que un material compuesto podrá reemplazar el material usado actualmente (arcilla) generando ventajas competitivas tales como: disminución de peso, volumen de material y costo, mayor durabilidad y resistencia, generando un impacto ambiental positivo disminuyendo las emisiones de CO₂ debido al uso de carbón usado como combustible en la producción de tejas artesanales.



Contenido

1. Objetivos	345
2. Planteamiento del Problema	345
3. Solución Propuesta	346
4. Resultados y Conclusiones	347
5. Bibliografía	347
6. Anexos	349

1. Objetivos

OBJETIVO GENERAL

Determinar mediante el software Ces EduPack las ventajas que tiene la implementación de un material compuesto (matriz polimérica y refuerzo con fibras de pseudo tallo del plátano) como alternativa al material usado actualmente (arcilla) en la producción de tejas para uso en viviendas en áreas rurales.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Revisar las características generales de los materiales mediante el uso de Ces EduPack y establecer con criterios técnicos cuales podrían ser los materiales sustitutos.
- Determinar los diferentes factores (densidad, tenacidad a la fractura, comportamiento a la atmosfera rural, conductividad térmica, impermeabilidad, entre otros) que se deben tener en cuenta a la hora de seleccionar el material para fabricar el mismo tipo de tejas
- Definir las características de las fibras de pseudo tallo de plátano mediante comprobaciones prácticas y establecer sus propiedades mecánicas para ser utilizado como material de refuerzo.

2. Planteamiento del problema

El sector Alfarero se utilizan hornos de cocción de productos de arcilla (ladrillo y teja), en donde el empleo de sistemas productivos ineficientes y altamente contaminantes debido al atraso tecnológico, en donde el valle de Sogamoso ha sido clasificado como el cuarto corredor industrial nacional de mayor polución atmosférica, debido a que el sector artesanal aportaba el 56% del total de emisiones de la zona y la gran industria, generadora del 44% restante. Por otra parte, de la planta del plátano solo el 12% se considera comerciable, que es el fruto y el 88% restante es dejado en la zona de cultivo generando problemas fitosanitarios. Por esto se propone aprovechar la fibra del pseudo tallo de la planta como material de refuerzo en la producción de un material compuesto con una matriz polimérica para la elaboración de tejas que permita reemplazar las tejas artesanales utilizadas en las construcciones rurales y que actualmente se producen mediante la utilización de hornos en donde se usa el coque y el carbón como combustible generando alta contaminación debido a las emisiones de CO₂.

3. Solución propuesta

Actualmente en las zonas rurales son utilizados productos de arcilla para la elaboración de las cubiertas de viviendas (tejas), las cuales generan problemas tales como: rotura debido a su fragilidad, absorción de agua debido a su porosidad, elementos estructurales de soporte sobre dimensionados, generando altos costos debido a su peso y volumen, además de un elevado gasto de material en la unión para el montaje.

A pesar de que se han tecnificado los procesos de alfarería, los niveles de material particulado son altísimos ya que el Valle de Sogamoso, se encuentra como el cuarto corredor con mayor generación de emisiones atmosféricas de material particulado (PM-10), después de Bogotá, Medellín y la ciudadela industrial de Norte de Santander. Esto quiere decir que las emisiones alcanzan los 180 microgramos por día, superando la norma nacional de calidad de aire, contemplada en la resolución 610 de 2010, que es 100 microgramos por metro cubico y anualmente se genera 40.000 toneladas de material particulado a la atmósfera.

Basados en las desventajas detectadas y evaluadas tanto en el proceso productivo como del material con que están hechas las tejas artesanales (arcilla cocida) tales como fragilidad, peso, volumen, permeabilidad, aislamiento térmico, se decidió utilizar el software Ces EduPack como herramienta tecnológica y fundamental con el fin de comparar las propiedades del material con las cuales esta elaborado el producto (tejas) con otros materiales, lo cual genero la posibilidad de seleccionar un material sustituto con similares o mejores propiedades.

Mediante la consulta realizada en las bases que posee el software Ces EduPack y las gráficas generadas por este, se determinaron cuáles son los materiales más convenientes y que otorgan mejores prestaciones.

Se selecciono un material compuesto en matriz de poliéster SMC el cual se reforzará con fibras extraídas del pseudo tallo del plátano ya que con estudios que se han hecho en el país estas fibras poseen propiedades mecánicas favorables, permitiendo remplazar las fibras artificiales que comúnmente se utilizan (fibra de vidrio), disminuyendo el uso de estas y generando una opción de aprovechamiento para este nuevo material de refuerzo (pseudo tallo del plátano) y que actualmente se considera como residuo.

Con el nuevo material compuesto se podrán elaborar estos productos (tejas artesanales) generando un ahorro sustancial de tiempo, dinero y sobre todo impactando positivamente en el medio ambiente aprovechando recursos que ofrece la naturaleza

4. Resultados y Conclusiones

RESULTADOS:

Teniendo en cuenta las gráficas de Ces EduPack (el material usado en la elaboración del ladrillo es el mismo usado para la elaboración de las tejas. Arcilla) se evidencia que:

- El material compuesto SMC con chapas de matriz de poliéster tiene mayor resistencia a la tenacidad de fractura que el ladrillo
- El material compuesto SMC con chapas de matriz de poliéster se presenta como buen aislante térmico según los valores de la gráfica, estando por encima del ladrillo.
- El ladrillo conserva mayor humedad, mientras que el material compuesto SMC con chapas de matriz de poliéster presenta mayor resistencia a la misma y además es más liviano.
- El material compuesto SMC con chapas en matriz de poliéster es un excelente material capaz de soportar las inclemencias del tiempo (atmosfera Rural) además no posee riesgos de material altamente critico
- Se evidencia una mayor tenacidad a fractura junto con una densidad menor y una resistencia a tracción mayor del material compuesto SMC con chapas de fibras en matriz de poliéster
- Se evidencian la características de tenacidad a la fractura / densidad vs conductor térmico o aislante y sigue generando resultados en los que se evidencian las bondades de reemplazar el material de las tejas hechas con cerámicas no técnicas (ladrillos) por un material compuesto SMC

CONCLUSIONES:

- Gracias al software Ces EduPack con sus herramientas de selección de materiales y procesos, permite evidenciar las ventajas que tiene implementar un material compuesto para la elaboración de las tejas sobre el material usado actualmente
- Con el material compuesto se presentará una disminución de peso en la estructura que soporta las tejas conllevando a un ahorro sustancial en el costo de la edificación
- A partir del uso de un material residual (fibras naturales del pseudo tallo del plátano) se creara un nuevo producto con mejores características
- Disminución del costo en el transporte ya que se puede cargar mas tejas debido a la disminución en el volumen
- Disminución en el material de unión usado para para el montaje
- Mayor durabilidad al usar un material compuesto (Fibra de pseudo tallo de plátano, resina poliéster) comparado con los materiales usados actualmente
- Se pueden elaborar con variación de color, textura y forma según molde.
- Menor absorción de agua.

CORPOBOYACA. (2016). calidad del aire en Boyacá. Gestión de la calidad del aire, 1, pp. 29-32.

Benazco, L. . (2015). PREPARACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE FIBRAS NATURALES. 2018, de Universidad de la Laguna Sitio web: <http://riull.ull.es/xmlui/handle/915/1034>

CORPOBOYACA. (2016). CALIDAD DEL AIRE EN BOYACÁ. Gestión de la Calidad del Aire, 1, pp. 31-34..

DANE. (2014). El cultivo del plátano (Musa paradisiaca), un importante alimento para el mundo. 2018, de DANE Sitio web: https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuaria/sipsa/insumos_factores_de_produccion_abr_2014.pdf

MinAgricultura. (2015). MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL CADENA DE PLÁTANO. 2018, de Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural Sitio web: <https://sioc.minagricultura.gov.co/Platano/Documentos/004%20%20Documentos%20Competitividad%20Cadena/D.C.%202014%20Octubre%20-%20Indicadores%20platano.pdf>

ONU. (2016). Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible Una oportunidad para América Latina y el Caribe. 2018, de Organización de las Naciones Unidas Sitio web: https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40155/15/S1700334_es.pdf

Gañan,P. . (2014). UPB construye muros con fibra de plátano. 2018, de Universidad Pontificia Bolivariana Sitio web: http://virtual.upb.edu.co/pls/portal/PORTAL.www_media.show?p_id=38135459&p_settingssetid=4&p_settingssiteid=0&p_siteid=234&p_type=basetext&p_textid=38135460

López, S., Pérez, I., Pedraza, C.. (2016).¿QUÉ IMPACTO AMBIENTAL GENERAN LOS HORNOS DE ALFARERÍA UBICADOS EN LA CIUDAD DE SOGAMOSO-BOYACÁ?. 2018, de Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia Sitio web: <https://www.dropbox.com/s/7ezaculkdsncj7/MEMORIAS%20SID8%20%202016.pdf?dl=0#pageContainer125>

López, G., Gómez, F.. (2014). Propiedades funcionales del plátano (Musa sp). 2018, de Universidad Veracruzana Sitio web: https://www.uv.mx/rm/num_anteriores/revmedica_vol14_num2/articulos/propiedades.pdf

DANE. (2014). CENSO NACIONAL AGROPECUARIO DÉCIMA ENTREGA RESULTADOS - 2014. 2018, de DANE Sitio web: <https://www.dane.gov.co/files/images/foros/foro-de-entrega-de-resultados-y-cierre-3-censo-nacional-agropecuaria/CNATomo2-Resultados.pdf>

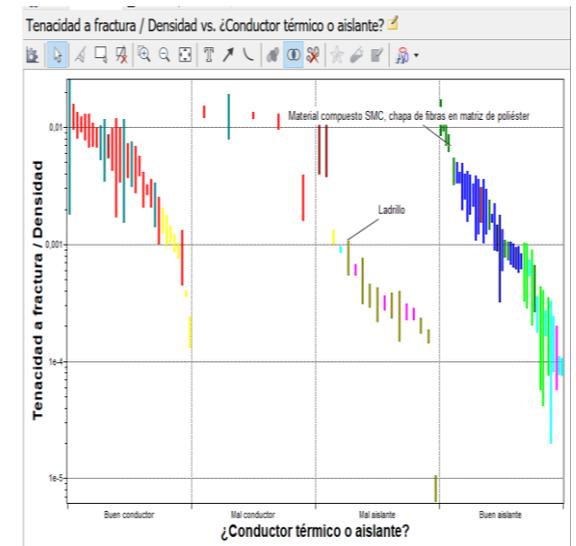
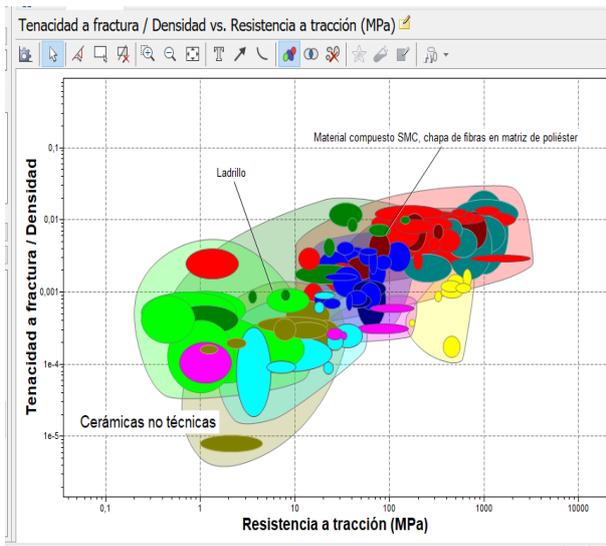
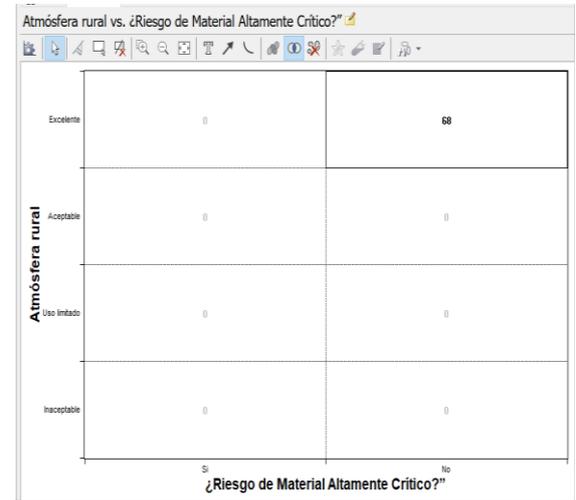
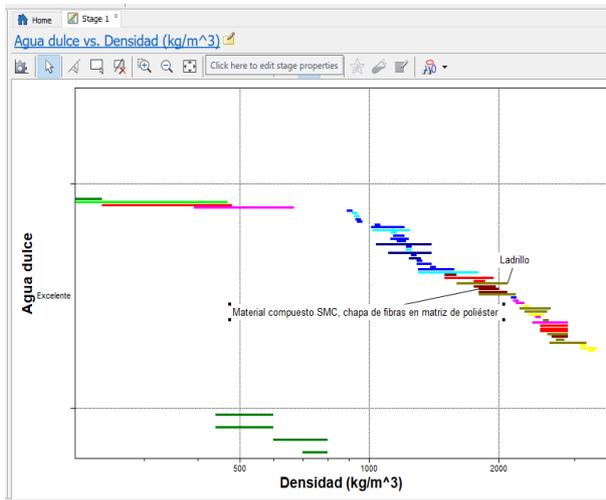
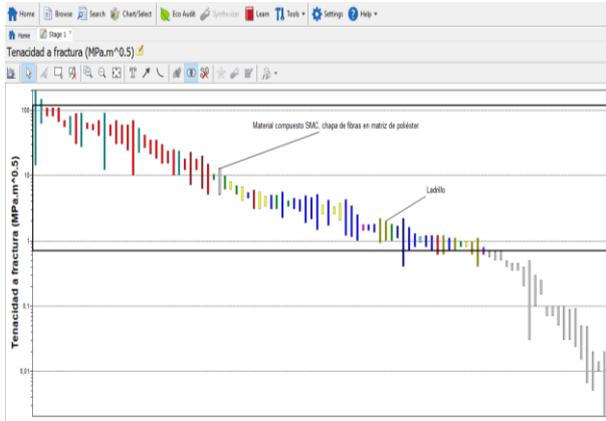
Gobernación de Boyacá. (2016). ANUARIO ESTADÍSTICO GOBERNACIÓN DE BOYACÁ AÑO 2015. 2018, de Gobernación de Boyacá Sitio web: http://www.dapboyaca.gov.co/descargas/anuarios/2015/ANUARIO_ESTADISTICO_2015.pdf

Dávila, J., Galeas, S., Guerrero, H.,. (2011). NUEVOS MATERIALES: APLICACIONES ESTRUCTURALES E INDUSTRIALES. Quito, Ecuador: Víctor Hugo Guerrero, Ph.D. .

ONU. (2012). Liberando el potencial comercial de las fibras naturales. 2018, de Organización de las Naciones Unidas Sitio web: <http://www.fao.org/economic/futurefibres/resources2/es>

6. Anexos

Aprovecha estas dos páginas para poner gráficos, ecuaciones, formulas, imágenes...



Hornos de cocción



Moldes para elaboración



Teja de arcilla



Tejas de arcilla con el paso de los años



Planta de plátano



Pseudo Tallo



Vainas foliares



Tallo interno



Fibra de Pseudo Tallo



Evaluación y efecto de polímeros en el módulo de elasticidad y porosidad de concretos

Universidad Pedagógica y Tecnológico de Colombia,
Tunja, Colombia

Tutor:

Carlos Gabriel Hernández

Alumno/s:

Nahomy Alejandra Fonseca Peralta

Richard Andrés Castro Rodríguez

César Felipe Burbano Mariño

Resumen

En la actualidad, los materiales de construcción más utilizados en el mundo son los cementos calcáreos, utilizado de una forma u otra desde la época romana; muchas de sus propiedades se conciben en función de sus componentes, proporcionando características mecánicas y durabilidad apetecidas en industrias relacionadas al sector de la construcción; sin embargo, algunas de sus principales deficiencias son una alta permeabilidad, resistencia a tracción, capacidad de desgaste, susceptibilidad a agrietarse y astillarse. Para superar estas deficiencias, la antigua tecnología de concreto se combina con nuevas tecnologías de polímeros para producir un material único, conjuntamente el uso de estos aditivos presentes en el sector la construcción son unas de las alternativas más relevantes para mejorar las propiedades físicas, especialmente cuando contribuyen a la mitigación de los efectos contaminantes causados por las emisiones de CO₂. Por lo tanto el presente trabajo se centra en la selección, obtención e incorporación de polímeros en concreto con el fin de mejorar propiedades mecánicas, especialmente el módulo de elasticidad y porosidad, escogiendo el material idóneo partir del software CES EduPack®, evaluando atributos generales, físicos, económicos, ambientales y disponibilidad; confirmando y validando la elección de polímeros a través de ensayos mecánicos.

GRANTA
TEACHING RESOURCES



© Granta Design, 2018
For reproduction guidance, see back page

The Teaching Resources website aims to support teaching of materials-related courses in Design, Engineering and Science. Resources come in various formats and are aimed primarily at undergraduate education.

Contenido

1. Objetivos	352
2. Planteamiento del Problema	352
3. Solución Propuesta	353
4. Resultados y Conclusiones	354
5. Bibliografía	354
6. Anexos.....	355

1. Objetivos

1.1. Objetivo General

Escoger mediante el software CES EduPack el polímero de mayor idoneidad para el mejoramiento del módulo de Young reducción de porosidad de concretos hidráulicos.

1.2. Objetivos Específicos

- Seleccionar el polímero adecuado teniendo en cuenta la capacidad de ser reciclado y el precio en el mercado.
- Establecer el polímero adecuando teniendo en cuenta el módulo de elasticidad en función de impermeabilidad de los polímeros
- Determinar la capacidad de procesamiento de los polímeros a partir de partir del punto de fusión y energía de procesamientos.

2. Solución propuesta

La metodología propuesta fue la siguiente:

1. Debido al bajo módulo de Young que los concretos poseen, se busca adicionar un polímero reciclado con el fin de mejorar esta propiedad y reducir la capacidad de absorción de agua gracias a la alta porosidad que intrínsecamente poseen los concretos; para esto se seleccionó un polímero económicamente asequible y reciclable.
2. Teniendo toda la base de datos disponible en el software CES EduPack 2017, se delimitó la selección de materiales poliméricos debido su alto módulo de young y disponibilidad como material de desecho.
3. Posteriormente se discriminó la utilización de materiales poliméricos que pudiesen ser reciclados.
4. Teniendo solo los polímeros reciclables, se compararon entre sí a partir de la asequibilidad en función del precio por unidad de volumen y su módulo de Young, determinado que la familia de los plásticos es el más idóneo para determinar el material coadyuvante al módulo de Young de concretos.
5. Se estableció la energía requerida para fundir los plásticos y la variación del módulo de Young con el fin de establecer la capacidad de ser moldeado para agregarlo al concreto.
6. Teniendo en cuenta la baja permeabilidad del material saturado, debido a las condiciones de los elementos del concreto en el proceso de fraguado y curado, se comparó la variación de la permeabilidad en medio saturado de agua con el módulo de Young de los polímeros.
7. Teniendo en cuenta las anteriores variables, se escogió un material con un alto módulo de Young y baja permeabilidad reciclado.
8. Posteriormente se evaluó un solo polímero mediante la capacidad de ser derretido en función del precio, se evaluó la capacidad del material a ser moldeado de manera económica

3. Resultados y Conclusiones

Teniendo en cuenta la relación que existe entre precio y módulo de elasticidad de los materiales poliméricos, se determinó que la mayoría de polímeros tienen bajo precio y alto módulo de Young, permitiendo desde un punto de vista económico su uso en concretos.

Seleccionando los polímeros reciclables, se denota que las espumas (foams) y polímeros compuestos (composites) son no reciclables, eliminándolos de los materiales seleccionables.

A partir de la selección de polímeros reciclables, la mayor cantidad de ellos tienen un precio entre 2000 y 20000 COP.

Al observar la relación que existe entre módulo de Young de los materiales reciclables, diferenciándolos entre familias (elastómeros y plásticos), se observa que los plásticos tienen mayor varianza de precios aunque los mayores módulo de Young tienen bajos precios.

Las propiedades con mayores módulos de estabilidad y menores absorciones de agua son los polímeros, destacando los polyester liquid crystal (LCP), los cuales evaluando precios (40000 COP/Kg -50000 COP/Kg) ameritan ser utilizados para mejorar estas propiedades en concretos.

J. Wang, B. Yuan, and R. P. S. Han, "Modulus of elasticity of randomly and aligned polymeric scaffolds with fiber size dependency," *J. Mech. Behav. Biomed. Mater.*, vol. 77, no. September 2017, pp. 314–320, 2018.

G. Sosoj, M. Barbuta, A. A. Serbanoiu, D. Babor, and A. Burlacu, "Wastes as aggregate substitution in polymer concrete," *Procedia Manuf.*, vol. 22, pp. 347–351, 2018.

A. Baričević, M. J. Rukavina, M. Pezer, and N. Štirmer, "Influence of recycled tire polymer fibers on concrete properties," *Cem. Concr. Compos.*, vol. 91, no. April, pp. 29–41, 2018.

M. J. Hashemi, M. Jamshidi, and J. H. Aghdam, "Investigating fracture mechanics and flexural properties of unsaturated polyester polymer concrete (UP-PC)," *Constr. Build. Mater.*, vol. 163, pp. 767–775, 2018.

S. A. S. M. Homam, "Durability of Fibre Reinforced Polymers Used in Concrete Structures S.," *National Res. Counc. Canada) Ottawa*.

H. Ş. Arel, "The effect of lignosulfonates on concretes produced with cements of variable fineness and calcium aluminate content," *Constr. Build. Mater.*, vol. 131, pp. 347–360, 2017.

5. Anexos

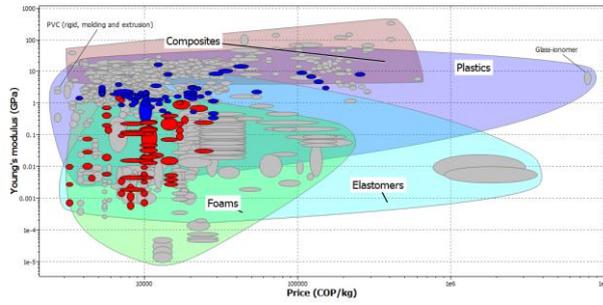


Figura 1. Módulo de Young de todos los polímeros de la base de datos CES EduPack.

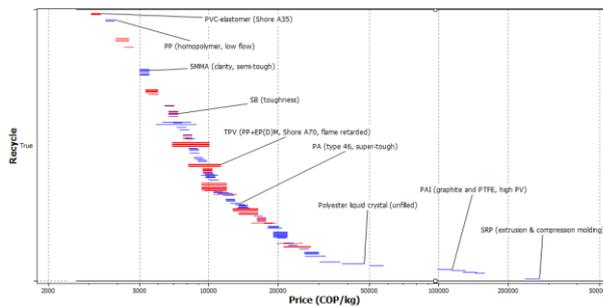


Figura 2. Polímeros reciclables.

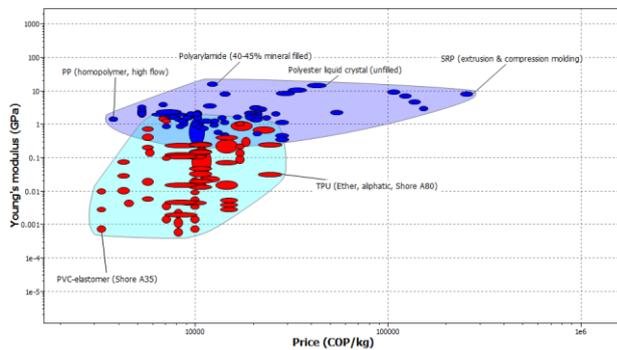


Figura 3. Precio de los polímeros reciclables (elastómeros y plásticos) y su comparación con el módulo de Young.

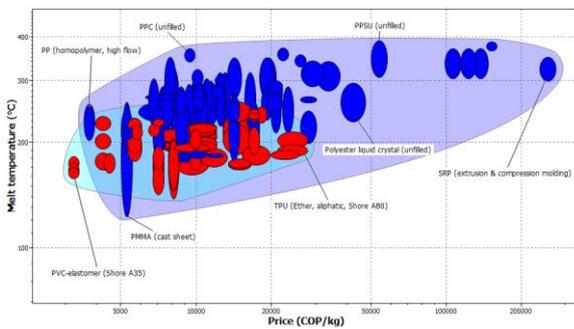


Figura 3. Precio de los polímeros reciclables (elastómeros y plásticos) y su comparación con las temperaturas de fusión.

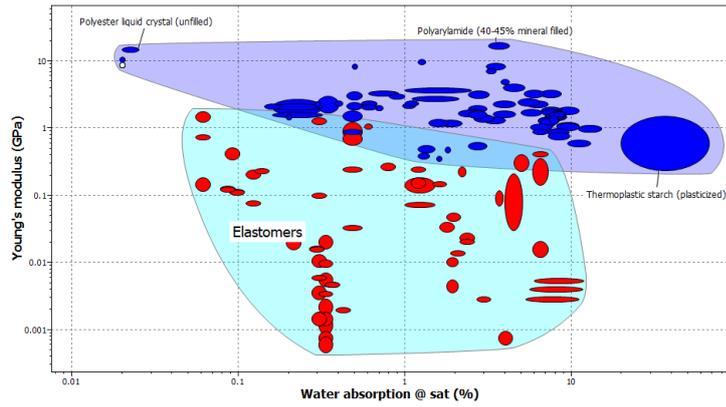
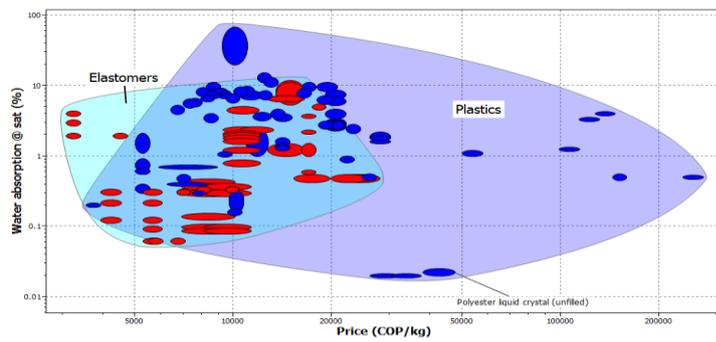


Figura 4. Comparación de plásticos y elastómeros entre el módulo de Young y absorción de aguas saturados.



Precios de los polímeros reciclados y su absorción de agua en medio saturado.

Diseño de Aguja para Jeringa Desechable

Universidad Politécnica de Madrid,
Madrid, España

Tutor:

Pedro Armisen Bobo

Alumno/s:

Laura de la Peña

D' Emilton Alcántara

Jacobo Mosquera

Resumen

Diseño de aguja para jeringa desechable mediante la selección de un material alternativo al acero que resulte más apropiado para un uso puntual, en gran número de unidades, con bajo coste y especialmente adecuado para el uso clínico.



Contenido

1. Objetivos	55
2. Planteamiento del Problema	55
3. Solución Propuesta	56
4. Resultados y Conclusiones	57
5. Bibliografía	57
6. Anexos	58

1. Objetivos

El objetivo principal de este proyecto es reducir las ineficiencias actuales de los desechos médicos producidos por las agujas desechables utilizadas en la actualidad, cuya problemática incide en gran medida en la gestión de residuos, tanto hospitalarios como de particulares. Este proyecto busca la selección de un material de aguja que solucione o mejore este problema, además de un proceso de fabricación que reduzca las ineficiencias actuales.

En esta primera fase del diseño tendremos en cuenta distintos requerimientos, como son los funcionales anteriormente expuestos, los factores mecánicos y fisicoquímicos, además de las características geométricas de la aguja, basándonos principalmente en su sección.

Finalmente, se realizó un estudio tanto económico como de los materiales existentes a gran escala para comprobar la eficacia que produciría este tipo de material en el mercado actual, así como para poder ofrecer alternativas más sostenibles a países desarrollados y más económicas y accesibles para países en vías de desarrollo.

2. Planteamiento del problema

Partimos de una generación de jeringuillas totalmente desechables y poco aprovechables tanto en reutilización como en reciclaje. También se parte de una serie de requisitos registrados por la norma UNE-EN ISO 7864 y UNE-EN ISO 9626, además de aquellos que redujeran su impacto en el ecosistema, como son:

- Eficiencia económica de los procedimientos de fabricación
- Estudio de la huella ecológica.

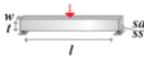
3. Solución propuesta

Se parte de la base de datos Nivel 3 Bioingeniería, Universo de Materiales.

Primera fase A: Se realiza una etapa límite para el filtrado de los materiales que cumplen tanto con los requerimientos físicos químicos como con las exigencias derivadas del uso clínico.

Segunda fase B: Se realizan dos etapas tipo gráfico con uso de índices de material para estudio de la optimización de la jeringuilla en función de su límite elástico a resistencia limitada. Primero sobre su resistencia a presión interior y posteriormente a la flexión/ pandeo.

Strength-limited design at minimum mass

FUNCTION AND CONSTRAINTS ¹		MAXIMIZE ²	MINIMIZE ²	
Beam in bending		length, section shape fixed; section area free	$\sigma_f^{2/3} / \rho$	$\rho / \sigma_f^{2/3}$
		length fixed; section area and section shape free	$(\phi^{1/2} \sigma_f^{2/3}) / \rho$	$\rho / (\phi^{1/2} \sigma_f^{2/3})$
		length, thickness, section shape fixed; width free	σ_f / ρ	ρ / σ_f
		length, thickness fixed; width, section shape free	$(\phi^{1/2} \sigma_f) / \rho$	$\rho / (\phi^{1/2} \sigma_f)$
		length, width, section shape fixed; thickness free	$\sigma_f^{1/2} / \rho$	$\rho / \sigma_f^{1/2}$
		length, width fixed; thickness, section shape free	$(\phi \sigma_f^{1/2}) / \rho$	$\rho / (\phi \sigma_f^{1/2})$
Cylinder with internal pressure		radius fixed; wall-thickness free	σ_y / ρ	ρ / σ_y

Tercera fase C: Se realiza una etapa tipo árbol para enlazar con el Universo de Procesos, filtrando los materiales capaces de ser conformados por técnicas basadas en polvo, buscando una alternativa a los materiales basados en aleaciones de acero.

Cuarta fase D: Utilizando la herramienta *Part Cost Estimator* se realiza un estudio de los costes de producción por pieza.

Cuarta fase E: Mediante la aplicación ECO Audit se analiza la huella ecológica de la producción, considerando tanto la fabricación como el transporte y tratamiento del producto al final de su ciclo de vida.

4. Resultados y Conclusiones

Se parte de la base de datos Nivel 3 Bioingeniería, Universo de Materiales.

Primera fase A: Tras esta primera fase pasamos de los 4028 materiales originales presentes en el Nivel 3 Bioingeniería a 69 materiales, entre los que encontramos **principalmente materiales metálicos y cerámicos**.

Segunda fase B: Tras realizar el **primer gráfico, presión interior** (ver anexo), enfrentando límite elástico en el eje de ordenadas con la densidad en el eje de abscisas, y desplazando la correspondiente recta de índice de material (pendiente 1), obtenemos un total de 42 materiales, entre los que se encuentran **aleaciones de acero, así como aleaciones basadas en oro**. Claramente separadas por su mayor peso de los **materiales basados en alúmina**. Tras realizar el **segundo gráfico, resistencia a flexión y pandeo** (ver anexo), enfrentando las mismas variables y deslizando la recta de índice de material (pendiente 2), obtenemos un **total de 21** materiales, habiendo descartado las variantes de alúmina y aleaciones con peores propiedades mecánicas.

Tercera fase C: Como se aprecia en las anteriores gráficas, resulta interesante analizar las posibilidades de las **alúminas**, pues resulta mucho **más ligera** (la mitad del peso) con un menor gasto de material. Por ello mediante la etapa árbol se enlaza a los procesos de **conformado mediante polvos**. Resultando los dos métodos más interesantes por su adecuación a las alúminas el **Moldeo por Inyección de Polvo y Moldeo por Presión y Sinterizado**.

Cuarta fase D: Mediante la funcionalidad *Part Cost Estimator* se obtiene que el **procedimiento más eficiente en términos económicos es el Moldeo por Presión y Sinterizado**, con un coste previsto por kg de material de entre 179 y 193 euros para la Alúmina 99,5 de grano fino, la alúmina con mejores propiedades mecánicas de entre los materiales que cumplen con los requisitos previos.

Cuarta fase E: Como se puede apreciar en los gráficos de la auditoría ecológica (ver anexo), tanto el **gasto** energético como la huella del CO2 son mucho **mayores en la fase de fabricación que en la de distribución**, considerando una distribución a diferentes puntos de España desde la capital (aproximadamente 500 km a la redonda).

El material utilizado actualmente para la fabricación de las agujas es el acero inoxidable, y visto que la alúmina posee propiedades equivalentes o mejores creemos que la sustitución del material sería una buena alternativa.

5. Bibliografía

Dash, A., Kumar, S., & Singh, R. K. (2015). Thermolysis of medical waste (Waste syringe) to liquid fuel using semi batch reactor. *Waste and Biomass Valorization*, 6(4), 507–514. <https://doi.org/10.1007/s12649-015-9382-3>

Iso, U. (2017a). Norma Española Agujas hipodérmicas estériles de un solo uso Requisitos y métodos de ensayo.

Iso, U. (2017b). Norma Española fabricación de productos sanitarios Requisitos y métodos de ensayo.

Tamplin, S. A., Davidson, D., Powis, B., & O'Leary, Z. (2005). Issues and options for the safe destruction and disposal of used injection materials. *Waste Management*, 25(6), 655–665. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2004.07.007>

6. Anexos

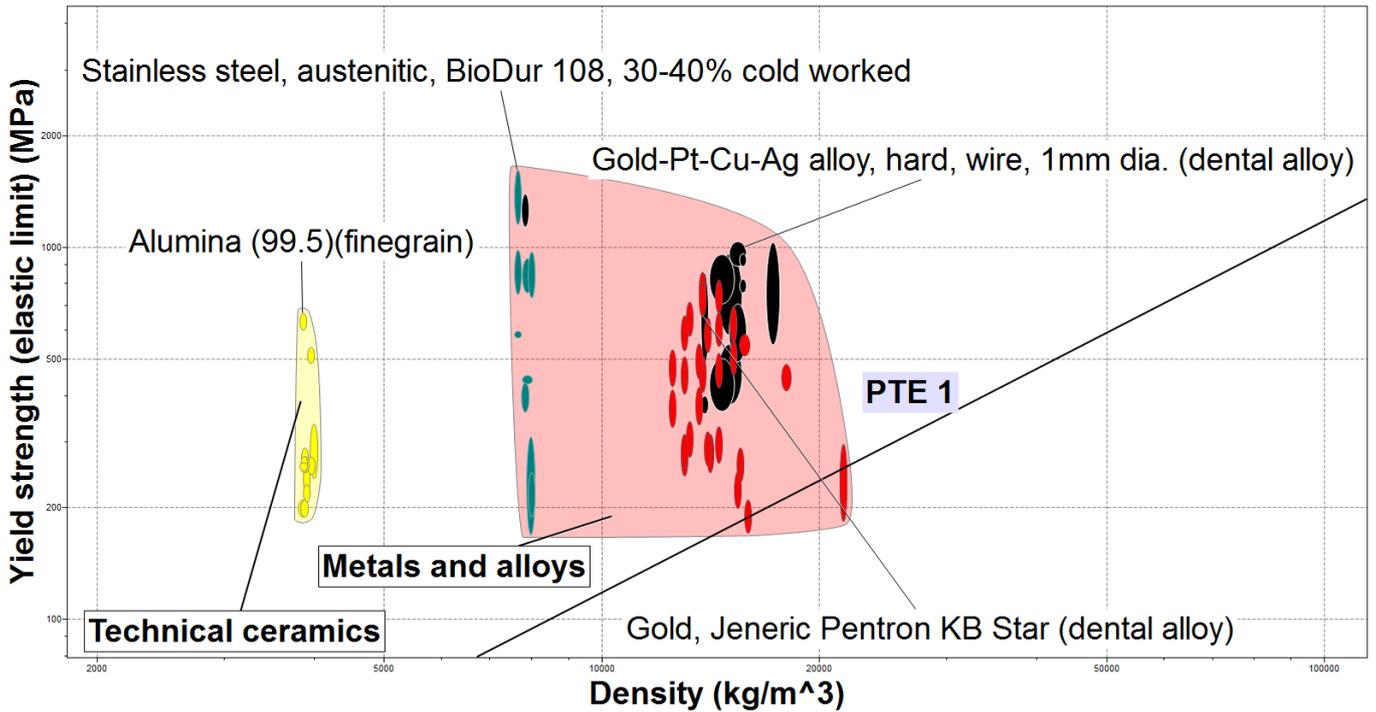


Ilustración 1. Presión interior.

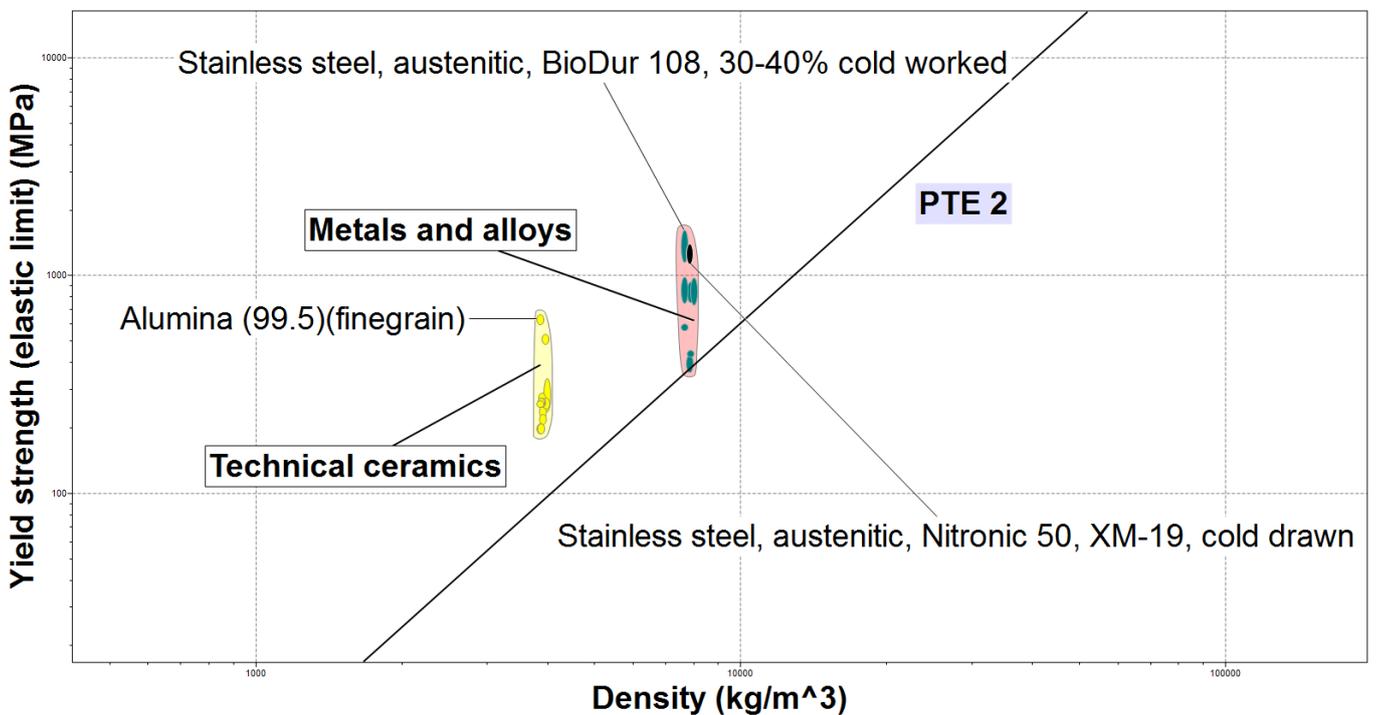


Ilustración 2. Flexión/pandeo.

Source records
 Material = Alumina (99.5)(finegrain)
 Primary Process = Die pressing and sintering

Component details
 Value of scrap material = 0 % of virgin price
 Part mass = 0,001 kg
 Part length = 0,05 m

Primary shaping process
 Load factor = 50 %
 Overhead rate = 134 EUR/hr
 Capital write-off time = 5 years
 Availability = Custom form
 Part complexity = Simple

Additional attributes
 Tool life (units) - Primary process = 6,737e4
 Capital cost - Primary process = 4,569e5 EUR
 Production rate (units) - Primary process = 1838 /hr
 Material utilization fraction - Primary process = 0,99
 Part cost = 0,1795 - 0,193 EUR
 Material price per part = 0,02737 - 0,04088 EUR
 Material price % = 17,97 - 17,97 %
 Primary process cost per part = 0,1521 - 0,1521 EUR
 Primary process cost % = 81,73 - 81,73 %
 Secondary process cost per part = 0 - 0 EUR
 Secondary process cost % = 0 - 0 %
 Tooling cost per part - Primary process = 0,06788 EUR
 Overhead cost per part - Primary process = 0,08423 EUR
 Batch size = 1e5
 Part mass = 0,001 kg

Model: Cost, Part cost estimator
 Date of analysis: miércoles, 2 de mayo de 2018

Ilustración 3. Part cost abstract.

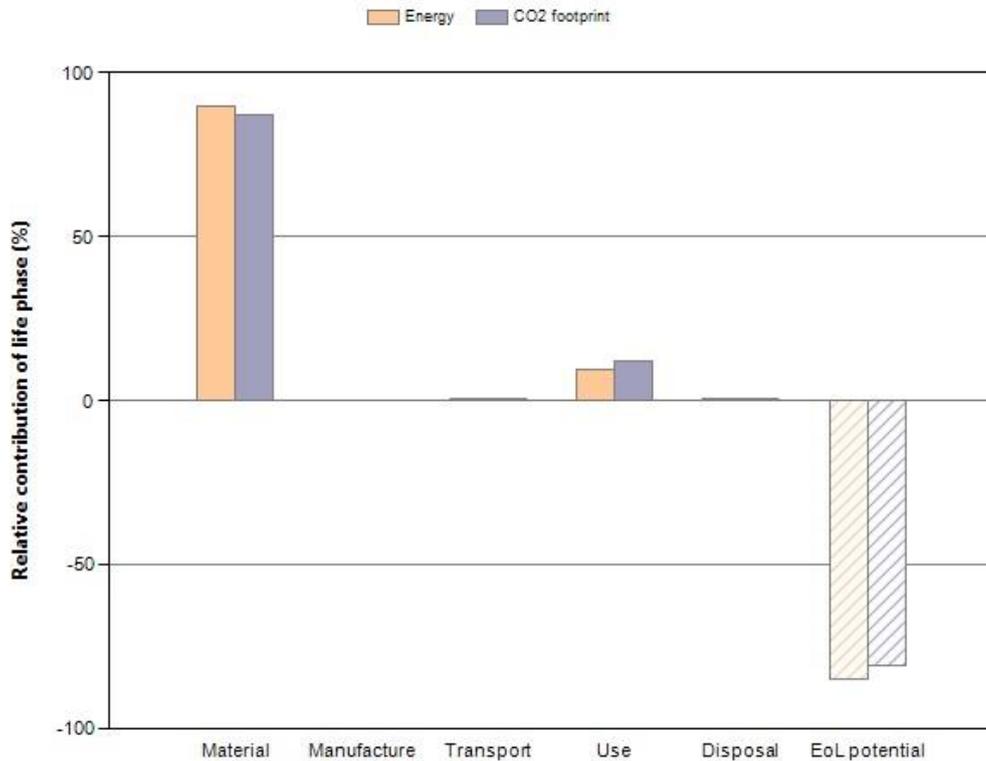


Ilustración 4. Eco Audit.

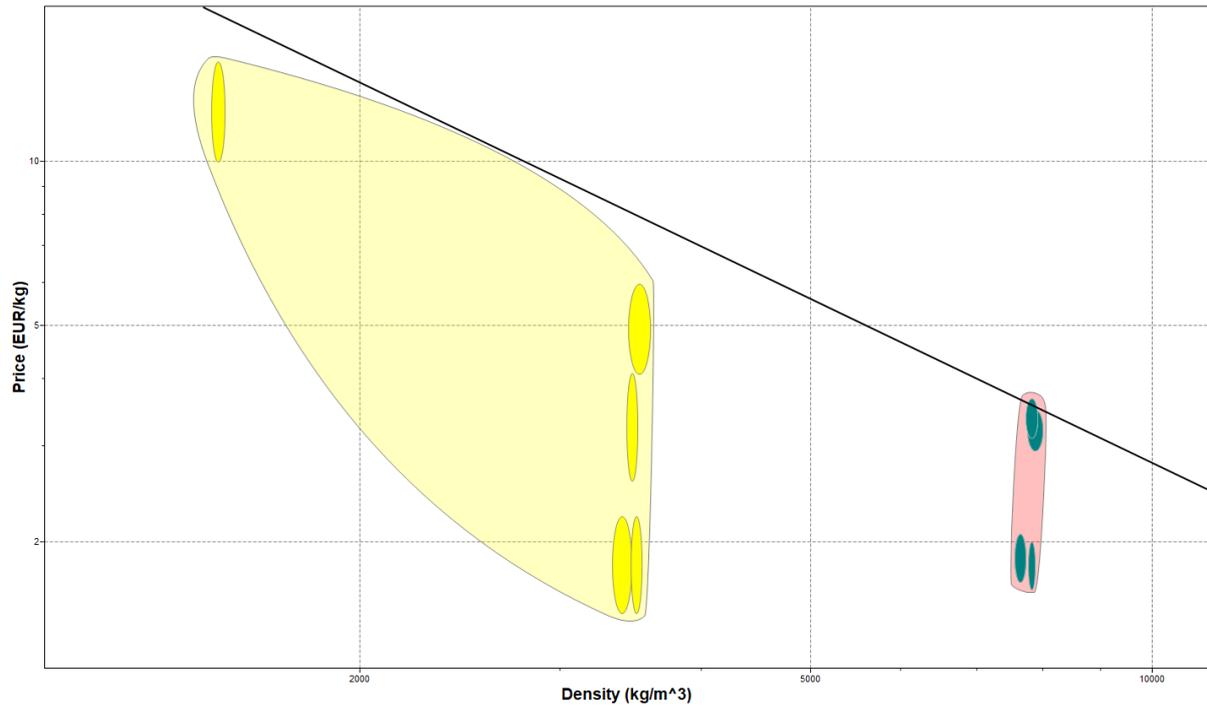


Ilustración 5. Precio por densidad

INNOVANDO EL CAMPO BOYACENSE COLOMBIANO

Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia
Tunja, Colombia

Tutor:

Ing: Alejandro Muñoz Zapata

Alumno/s:

Gustavo Alberto Borda Rojas

Elkin Yesid Niño Orjuela

Jesús David Daza Roa

Resumen

En el municipio de Nuevo Colon Boyacá, su economía se basa principalmente en el cultivo de pera. Ante la necesidad de mejorar el sistema de cosechar la fruta se plantea el mejoramiento de dicho sistema mediante el desarrollo de un dispositivo de recolección basado en el principio de la gravedad. Este se divide en tres partes fundamentales de las cuales cada una exige una propiedad clave para garantizar la eficiencia del proceso.



Contenido

1. Objetivos	358
2. Planteamiento del Problema.....	358
3. Solución Propuesta.....	359
4. Resultados y Conclusiones.....	360
5. Bibliografía.....	360
6. Anexos	362

1. Objetivos

- Maximizar el rendimiento y mejorar la salud ocupacional reduciendo los riesgos laborales de los cosechadores de pera.
- Explorar y aplicar las herramientas ofrecidas por el software CES EduPack para encontrar y seleccionar los mejores materiales.

Debido a que el desarrollo del dispositivo comprende cuatro partes que demandan diferentes características y propiedades en los materiales, es necesario estudiarlos independientemente para así detallar de manera más clara sus propiedades.

- Minimizar la densidad y costo. (**Recipiente de almacenamiento**)
- Minimizar la rigidez, aumentando la textura suave y flexible. (**Ducto de caída**)
- Maximizar la rigidez minimizando su peso. (**Copa de recolección**)
- Minimizar riesgo eléctrico garantizando la seguridad al recolector (**vara**)

2. Planteamiento del problema

En el municipio de Nuevo Colon Boyacá, su economía se basa principalmente en el cultivo de pera, recolectando dicho frutal con equipos y métodos artesanales originando poca eficiencia y alto riesgo de los cosechadores durante la actividad agrícola. ¿Cómo mejorar el sistema de cosechar la fruta minimizando los riesgos laborales de los cosechadores garantizando una recolección más eficiente?

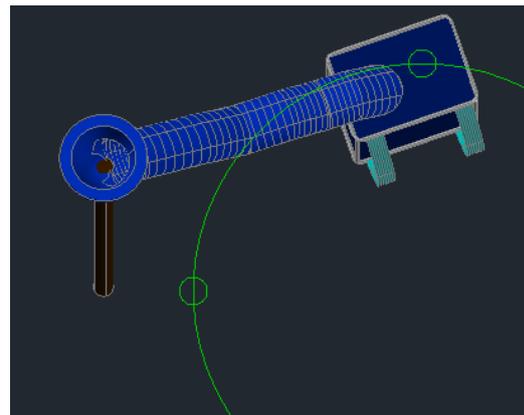
3. Solución propuesta

Mejorar el sistema empleado actualmente por los pequeños productores mediante el desarrollo de un dispositivo de recolección basado en el principio de la gravedad. El ya mencionado dispositivo, cuenta de 4 partes fundamentales como lo son el contenedor de geometría rectangular, una copa de recolección, un ducto, el cual transporta la pera de la copa al contenedor y una vara que va unida a la copa, necesaria para dirigirla a la fruta. En primer lugar, para el contenedor, se buscó un material que se caracterizara por tener principalmente baja densidad y bajo costo; con el bajo peso, lo que se deseó fue garantizar la ergonomía del trabajador, sabiendo que el máximo peso a cargar por una persona en la espalda es de 25 kilogramos. Para el caso del ducto, el proceso de selección se basó en que el material debía ser flexible, tener alta durabilidad, buena resistencia al desgaste y abrasión; El estado de la pera fue un factor importante a tener cuenta a la hora de escoger el material, ya que se tuvo que garantizar que esta llegara al contenedor de manera que no se dañara. Por otro lado, para la copa, se tomó como referencia el material del contenedor ya que requerían propiedades similares (baja densidad y bajo precio). Finalmente para la vara, se seleccionó un material que fuera rígido y aislante para la seguridad del cosechador, a lo que se refiere en casos de riesgo eléctrico por rayos. Con las herramientas ofrecidas por el software CES EduPack y limitando índices de maximización y minimización se seleccionaron los materiales que cumplen las exigencias de dicho equipo, Esto se realizó de una forma rigurosa y lo más precisa posible para llegar a los materiales con las propiedades más óptimas y deseadas.

A continuación se muestra el esquema del dispositivo descrito anteriormente:



Fuente: Autores



Fuente: Autores

4. Resultados y Conclusiones

Con ayuda del software EduPack se seleccionaron los materiales que cumplieran las especificaciones requeridas para el desarrollo del dispositivo. Inicialmente, para el **CONTENEDOR** se eligió el **PE/LD (polietileno de baja densidad)**, el cual es un polímero de la familia de plásticos termoplásticos que se caracteriza por tener una densidad entre $917-932 \text{ Kg/m}^3$, y un precio bajo (entre 6500-8000 pesos colombianos por kilogramo). Además, este material aporta buenas propiedades como alta durabilidad si se somete a medios básicos o ácidos, buena resistencia al impacto (aproximadamente 600 KJ/m^2), poca conductividad térmica para mantener la pera a temperatura pertinente y alta resistividad eléctrica. De mismo modo, para la **COPA DE RECOLECCIÓN** se eligió el mismo material (**PE/LD**) ya que se requerían propiedades muy similares (bajo costo y baja densidad); también se tuvo en cuenta que la función de esta copa es poder bajar la pera del árbol por medio de la agitación, por lo que no requería características muy específicas. Esta selección se hizo en base al diagrama Precio vs densidad (ver Anexos (1)), el cual proporcionó información suficiente para dicha elección.

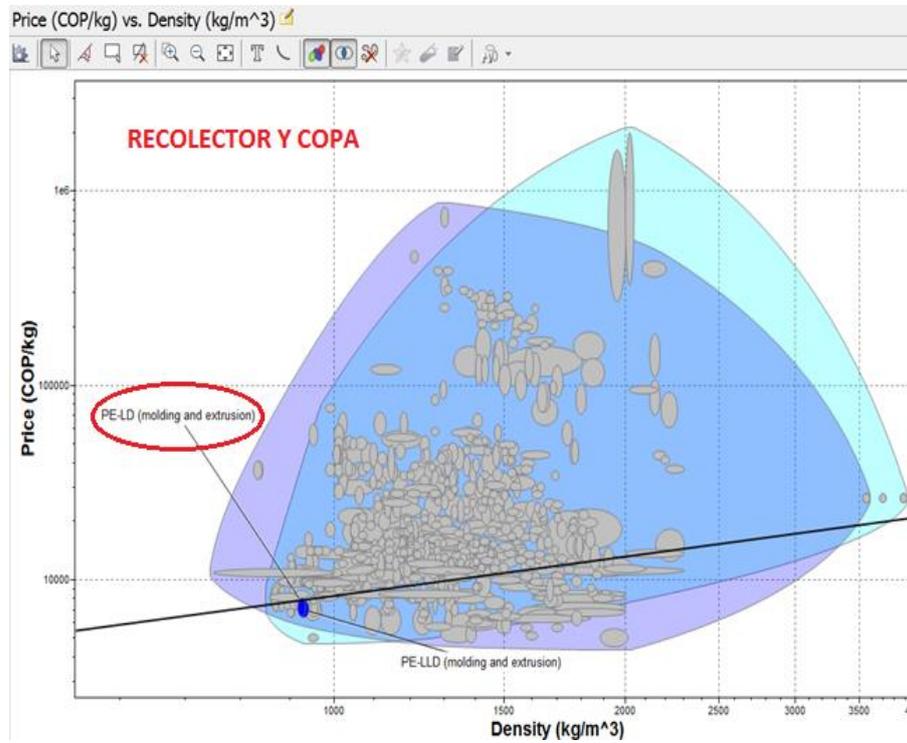
Para el caso del **DUCTO**, se utilizó la ayuda del diagrama de módulo de Young vs densidad (ver Anexos (2)) proporcionado por el software; con este se buscó un material con bajo módulo de Young, es decir, que fuera flexible y poco denso. Esto iba ligado a que el material debía tener una textura relativamente suave, para que así no se afectara la integridad de la pera al momento de ser conducida al recipiente. Aquel que cumplió estos tres factores importantes, fue el **EPDM/EPM** (etileno-polipropileno) el cual es un polímero geo textil, con unión de enlaces dobles de carbono, que puede ser utilizado como tela, lo que ayudó a la elección de este. El módulo de Young de este material oscila entre $0,0007-0,0017 \text{ GPa}$, lo que garantiza que este sea suficientemente flexible; su densidad tiene un valor entre $850-880 \text{ Kg/m}^3$ lo que lo hace poco denso. Por otro lado, teniendo en cuenta que se desea en conjunto, un dispositivo barato, se realizó una gráfica comparando el módulo de Young/densidad vs precio (ver Anexos (3)) para corroborar que tan económico podía resultar este material. Efectivamente se observó que el EPDM/EPM cuesta entre 5600- 6400 pesos colombianos por kilogramo, lo que resulta económico. Para beneficio de lo que se desea, se observaron y destacaron más propiedades de este polímero como lo son un alto porcentaje de elongación (aproximadamente de 700% de elongación) y tiene excelente durabilidad frente a medios ácidos y básicos.

En cuanto a la **VARA** se seleccionó el material **MANBARKLAK I**, que presenta características de un material natural (madera) con alta resistividad eléctrica garantizando seguridad a descargas eléctricas y alto módulo de Young lo que conlleva una rigidez que soporte movimientos oscilatorios transversales. Ver anexos y (4) módulo de Young, resistividad eléctrica en función del precio por kilogramo.

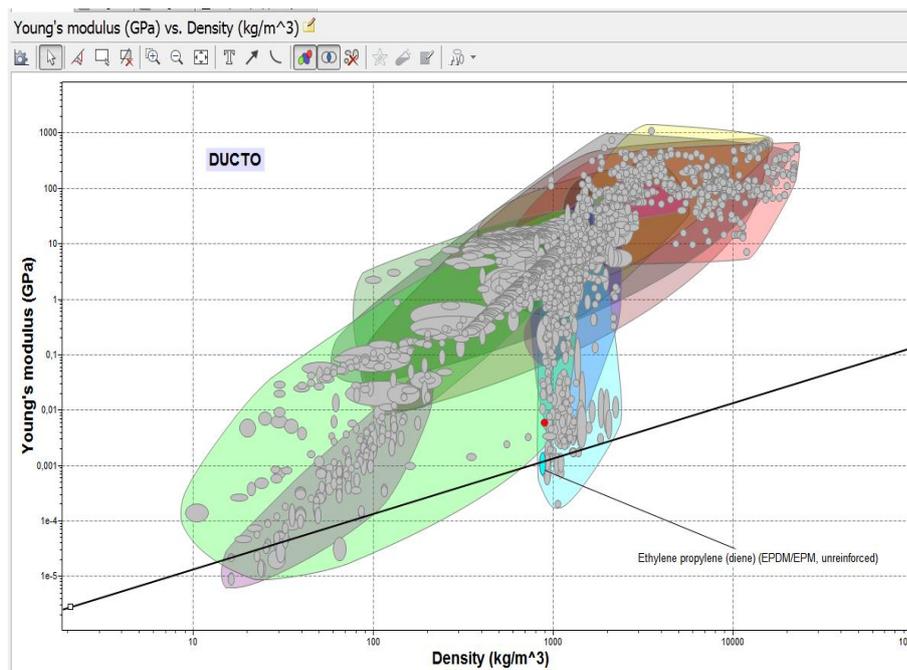
Con los materiales seleccionados y conociendo las propiedades clave; se calcula el precio total del dispositivo. El peso máximo recomendado a cargar por una persona es de 25 Kg, se tendrá en cuenta que el peso total a cargar (dispositivo más peras) sea de 22 Kg. Así el recipiente recolector tendrá un peso de 6 kilos para un costo 42000 pesos teniendo en cuenta que el precio por kilo de **PE/LD** es de 7000 pesos, para el ducto se proyecta un peso de 0,5 Kg en material **EPDM/EPM (8000 pesos/Kg)** con un precio de 4000 pesos; la vara en material **MANBARKLAK I** con un precio de 7000 pesos/ Kg tendrá un peso de 0,5 Kg con un valor de 3500 pesos, la copa recolectora en material **PE/LD** con un peso de 0,25 Kg tendrá un valor de 1750 pesos. Así el precio total del de los materiales del dispositivo será de 51250 pesos, este precio es sin contemplar los el costo de los procesos de fabricación del dispositivo; el peso total del dispositivo será de 7, 25 Kg por lo que el peso de fruta recolectada en cada llenado del recipiente será de 14,75 Kg.

6. Anexos

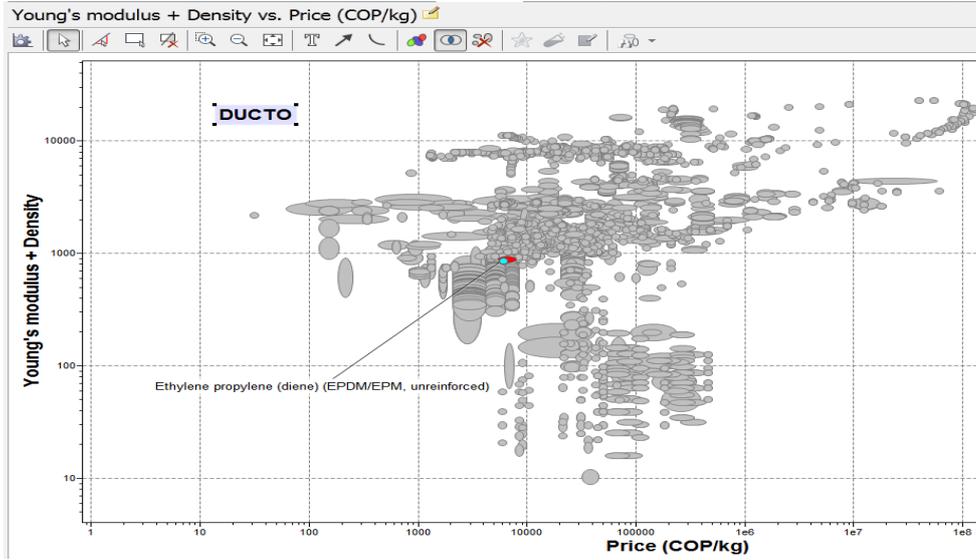
(1) PRECIO (COP/Kg) VS DENSIDAD (Kg/m³)



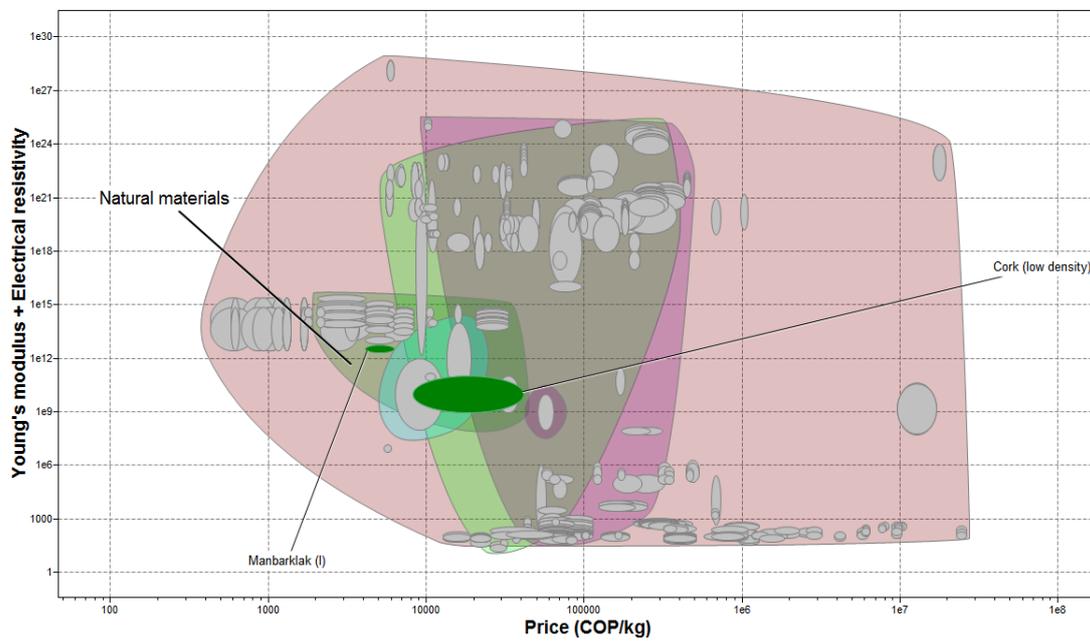
(2) MODULO DE YOUNG (GPa) vs DENSIDAD (Kg/m³)



(3) MODULO DE YOUNG (GPa) / DENSIDAD (Kg/m³) VS PRECIO (COP/Kg)



(4) MÓDULO DE YOUNG, RESISTIVIDAD ELÉCTRICA VS PRECIO POR KILOGRAMO.



Copyright Notes

Granta Design Ltd.
www.grantadesign.com

Reproduction

These reports can be reproduced in order to use with students. However, they remain copyright Granta Design. Please make sure that Granta Design is credited on any reproductions. You cannot use these for any commercial purpose.

Accuracy

It is very hard to make sure these resources are of a high quality. If you have any suggestions for improvements, please contact us by email at teachingresources@grantadesign.com.

Open Educational Resources include:

- Interactive Case Studies
- Getting Started Guides
- Materials Property Charts
- Engineering Data Booklets

You can register for a user name and password for these resources here:
<http://teachingresources.grantadesign.com>

Other Resources Available:

- 25 PowerPoint lecture units
- Exercises with worked solutions
- Recorded webinars
- Posters
- White Papers
- Solution Manuals



Granta's Teaching Resources website aims to support teaching of materials-related courses in Engineering, Science and Design.

The resources come in various formats and are aimed at different levels of student. This resource is part of a set of resources created by Professor Mike Ashby and Granta Design to help introduce materials and materials selection to students.

The Teaching Resources website also contains other resources donated by faculty at the ~1000 universities and colleges worldwide using Granta's CES EduPack, and includes both resources that require the use of CES EduPack and those that don't.