

SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN EN MATERIALES COMPUESTOS

ANDRÉS FELIPE BENAVIDES SERRANO
CRISTIAN ESNEIDER PEÑUELA CRUZ
JORGE ARMANDO LÓPEZ RUEDA
JOAN MANUEL MOLINA ROMERO
VÍCTOR FABIÁN JAIMES GAITÁN

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA

2016

SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN EN MATERIALES COMPUESTOS

ANDRÉS FELIPE BENAVIDES SERRANO
CRISTIAN ESNEIDER PEÑUELA CRUZ
JORGE ARMANDO LÓPEZ RUEDA
JOAN MANUEL MOLINA ROMERO
VÍCTOR FABIÁN JAIMES GAITÁN

Trabajo de grado para optar el título de
Ingeniero Mecánico

Director

Dr. OCTAVIO ANDRÉS GONZÁLEZ ESTRADA Ph.D

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUSCARAMANGA

2016

Dedicatoria

A Dios por permitirme alcanzar este logro en mi vida.

A mis padres por su esfuerzo, su apoyo y su cariño a lo largo de todos estos años.

A mi hermano por ser el ejemplo a seguir en todos los aspectos de mi vida.

A mi abuela por su apoyo, comprensión y eterna compañía desde el cielo.

Por último, a mis amigos y compañeros por las alegrías y enseñanzas.

Andrés Felipe Benavides Serrano

Dedicatoria

A Dios por permitirme estar en este mundo, lleno de felicidad

A mi madre Luz Stella Cruz, quien siempre me ha apoyado, guiado y esforzado
para que pueda cumplir mis objetivos.

A mi tío Luis Ernesto Cruz y a toda mi familia por su apoyo.

A mis compañeros de proyecto y amigos que estuvieron durante el proceso
investigativo.

A Jessica Naranjo por su apoyo incondicional.

Cristian Esneider Peñuela Cruz

Dedicatoria

Dedico esta investigación a Dios, sin él y sin su voluntad a mi favor nada de esto hubiese sido posible.

A mis padres Luz Marina Rueda y Jorge López quienes fortalecieron mi alma y mi ser cada día, me brindaron el máximo de su apoyo para encontrar mi camino.

A mis hermanas quienes me apoyaron en momentos difíciles y me dieron buenos consejos para avanzar.

A mis amigos, porque luchábamos por sacar adelante esta tesis, gracias por estar presentes a pesar de las dificultades.

A Nelly Itsamar Suárez quien fue y es una amiga excepcional que me brindo cariño, apoyo, ánimos en mis estudios, gracias por esa buena vibra.

A Andrea Juliana Mendoza quien me enseñó a dar un poco más de mí, a ser mejor cada día y a mantenerme firme en mi camino y mis decisiones.

A todas aquellas personas que han tocado mi vida de alguna forma y han contribuido al desarrollo de esta tesis, un sincero agradecimiento a ellos.

Y por último esta investigación la dedico en la memoria de mis abuelos, Urbano Rueda y Leodegario Quintero, Dios los tenga en su gloria y ojalá puedan ver en que me he convertido gracias a sus enseñanzas.

Jorge Armando López Rueda

Dedicatoria

Le dedico este logro a mis padres Luis Ángel Molina y Doris Romero. Su amor, esfuerzo y dedicación, inculcaron en mí las bases necesarias para alcanzar mis metas.

A mis hermanos Diego, Gabriel, Pilar, Angélica y María Paula, por su apoyo incondicional.

A ti, Angie Paola Reyes Gómez, por ser esa fuente de inspiración infinita que me motiva a salir adelante y por el inmenso amor que siempre me has dado.

Al Ing. Andrés Gonzáles Estrada y mis compañeros del seminario que trabajaron arduamente para alcanzar este logro y me regalaron la experiencia de compartir con ellos el trabajo en equipo.

A mis compañeros de Universidad, aquellos con los que compartí momentos inolvidables y me brindaron su amistad.

Joan Manuel Molina Romero

Dedicatoria

A Dios por acompañarme, guiarme y darme salud para recorrer este camino
lleno de altibajos.

mis padres Víctor Jaimes Crispín y Olga Lucia Gaitán Parra quienes hicieron
todo lo que estuvo en sus manos para culminar con éxito esta etapa de mi vida.

A mi hermano Gerson Julián Jaimes Gaitán por su apoyo y compañía siempre.

Al resto de mi familia por brindarme su apoyo y confianza a lo largo de estos
años.

A mis compañeros de proyecto por las alegrías y tristezas durante la ejecución
del proyecto.

A mis amigos quienes compartieron conmigo desde el principio este arduo
camino brindándome su amistad y apoyo siempre.

A los asistentes del seminario por darnos la oportunidad de retroalimentar los
conocimientos acerca de materiales compuestos.

Víctor Fabián Jaimes Gaitán

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Industrial de Santander, especialmente a la Escuela de Ingeniería Mecánica por brindarnos la posibilidad de desarrollarnos como ingenieros integrales.

Al profesor Octavio Andrés González Estrada, director del proyecto de grado, por su colaboración, asesoría y conocimiento, para lograr el desarrollo de este proyecto.

A los profesores Diego Fernando Villegas Bermúdez y Alberto David Pertúz Comas por su apoyo y ayuda en las diferentes etapas del seminario de investigación en materiales compuestos.

ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN	26
1. GENERALIDADES DEL SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN	28
1.1 ¿QUÉ ES EL SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN? [1]	28
1.2 OBJETIVO DEL SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN [1]	29
1.3 VENTAJAS DEL SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN [1].....	29
1.4 CARACTERÍSTICAS [1].....	30
1.5 ORGANIZACIÓN DEL SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN [1]	31
1.5.1 Tema del seminario de investigación.....	32
1.5.2 Dirección del seminario de investigación.....	33
1.5.3 Desempeño de los roles	33
1.6 METODOLOGÍA [1].....	34
2. PLANIFICACIÓN.....	35
2.1 OBJETIVOS	35
2.1.1 Objetivo general.....	35
2.1.2 Objetivos específicos.....	35
2.1.3 Estudio y selección de material bibliográfico.....	36
2.1.4 Selección de subtemas	40
2.1.5 Planificación de las sesiones	41
3. EJECUCIÓN.....	43
3.1 DESARROLLO DE UNA SESIÓN	43
3.2 ACTA	44
4. FINALIZACIÓN	47
4.1 Documento síntesis	47
4.2 Desarrollo de plataforma TIC.....	48
4.3 Recopilación de las referencias	52
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	56
5.1 CONCLUSIONES.....	56
5.2 RECOMENDACIONES	59
BIBLIOGRAFÍA	60

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Metodología usada para el desarrollo del Seminario de Investigación [1].	34
Figura 2. Acta modelo de las sesiones.	46
Figura 3. Portada documento síntesis (Autores).	48
Figura 4. Plataforma TIC mostrando las sesiones del Seminario de Investigación.	49
Figura 5. Artículos y/o Papers más relevantes del Seminario de Investigación.	50
Figura 6. Portada de las diapositivas del Seminario (Autores).	51
Figura 7. Contenido de las presentaciones del Seminario (Autores).	52
Figura 8. Interfaz de la aplicación Mendeley (Autores).	53
Figura 9. Interacción entre Microsoft Office Word 2016 y Mendeley (Autores).	53
Figura 10. Referencias bibliográficas mostradas en la aplicación Mendeley (Autores).	54
Figura 11. Toolbar del "add on" del Mendeley en el Microsoft Office Word 2016 (Autores).	54
Figura 12. Ficheros en Mendeley (Autores).	55

GLOSARIO*

ABSORBER: Dicho de una sustancia sólida o de un líquido: Atraer y retener, respectivamente, un líquido o un gas o vapor.

ADHERIR: Pegar o unir algo a otra cosa, generalmente utilizando una sustancia.

ANISÓTROPO: Dicho de una sustancia o de un cuerpo: Que posee propiedades físicas distintas según la dirección en que se mide.

APILAR: Poner una cosa sobre otra haciendo pila.

BAQUELITA: Resina sintética que tiene mucho uso en la industria, especialmente en la preparación de barnices y lacas y en la fabricación de productos moldeados.

COMPUESTO: Que está formado por dos o más elementos o Agregado de varias cosas que componen un todo.

DEFORMAR: Hacer que algo pierda su forma regular o natural.

DENSIDAD: Magnitud que expresa la relación entre la masa y el volumen de un cuerpo, y cuya unidad en el sistema internacional es el kilogramo por metro cúbico (kg/m^3).

DESPLAZAR: Mover o sacar a alguien o algo del lugar en que está.

ENLACE QUÍMICO: Unión de dos átomos en un compuesto químico.

* Todas las definiciones de este glosario fueron sacadas directamente de la página oficial del diccionario de la Real Academia Española (RAE). <http://dle.rae.es/?id=DglqVCc>

FATIGA: Pérdida de la resistencia mecánica de un material, al ser sometido largamente a esfuerzos repetidos.

FIBRA: Filamento sintético de diversa naturaleza y distintas aplicaciones industriales. Fibra de vidrio, de carbono.

FISURA: Grieta que se produce en un objeto.

HUMEDECER: Producir o causar humedad en algo

INTERFASE: Superficie de separación entre dos fases.

INTERFAZ: Conexión, física o lógica, entre una computadora y el usuario, un dispositivo periférico o un enlace de comunicaciones.

ISÓTROPO: Dicho de una sustancia o de un cuerpo: Que posee las mismas propiedades en todas las direcciones.

KEVLAR: Fibra sintética de gran resistencia.

LÁMINA: Porción de cualquier materia extendida y de poco grosor.

LAMINADO: Guarnecido de láminas o planchas de metal.

MATERIAL: Elemento que entra como ingrediente en algunos compuestos.

MOLDEAR: Dar forma a una materia echándola en un molde.

OPTIMIZACIÓN: Buscar la mejor manera de realizar una actividad.

PANDEAR: Dicho especialmente de una pared o de una viga: Torcerse encorvándose, especialmente en el medio.

RESISTENCIA: Fuerza que se opone a la acción de otra fuerza o Fuerza que en una máquina dificulta su movimiento y disminuye su efecto útil; p. ej., el rozamiento, los choques, etc.

SEMINARIO: Clase en que se reúne el profesor con los discípulos para realizar trabajos de investigación.

SIMETRÍA: Correspondencia exacta en forma, tamaño y posición de las partes de un todo.

SIMULAR: Representar algo, fingiendo o imitando lo que no es.

TEJIDOS: Cada uno de los diversos agregados de células de la misma naturaleza, diferenciadas de un modo determinado, ordenadas regularmente y que desempeñan en conjunto una determinada función.

TENSIÓN: Estado de un cuerpo sometido a la acción de fuerzas opuestas que lo atraen.

TERMOESTABLE: Dicho del plástico: Que no pierde su forma por la acción del calor y de la presión.

TERMOPLÁSTICO: Dicho de un material: Maleable por el calor.

TORSIÓN: Acción y efecto de torcer o torcerse algo en forma helicoidal.

RESUMEN

TÍTULO: SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN EN MATERIALES COMPUESTOS*

AUTORES:

Andrés Felipe Benavides Serrano
Cristian Esneider Peñuela Cruz
Jorge Armando López Rueda
Joan Manuel Molina Romero
Víctor Fabián Jaimes Gaitán **

PALABRAS CLAVES:

Materiales compuestos, fibras largas, matriz, interfase, laminados

DESCRIPCIÓN:

La generación de tecnología se encuentra limitada, entre otras cosas, por la creación de nuevos materiales. Los materiales compuestos nacen para suplir la necesidad de la ingeniería de continuar innovando. Para caracterizar este tipo de materiales se debe realizar un procedimiento según el tipo y elementos que lo compongan. La fase reforzante, la matriz y la interfase son los elementos más representativos.

En el ámbito ingenieril el uso de las fibras largas permite direccionar las propiedades del material y, por lo tanto, obtener una respuesta deseada frente a las fuerzas aplicadas. También brinda otras ventajas como la reducción de costos, de peso y facilidad de fabricación en piezas complejas. Las fibras largas son de gran atractivo porque los efectos en el borde de la fibra afectan menos las propiedades del compuesto en contraste con las fibras cortas.

El desarrollo de materiales compuestos se ha generado de forma exponencial en los últimos años. Esto se debe en parte a la implementación de herramientas como los métodos numéricos y simulaciones 3D, las cuales han permitido caracterizar el material de forma aproximada. El desarrollo de materiales compuestos permite que sus aplicaciones varíen en ámbitos como la medicina, la construcción y las nuevas tecnologías como vehículos espaciales, celulares y computadoras. El hecho de estar presente en varios campos hace esencial el estudio de estos materiales y demuestra cómo día a día son la puerta hacia un futuro próspero y lleno de avances.

*Proyecto de Grado

**Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas, Escuela De Ingeniería Mecánica. Director: Octavio Andrés González Estrada, PhD

ABSTRACT

TITLE: RESEARCH SEMINAR IN COMPOSITES*

AUTHORS:

Andrés Felipe Benavides Serrano
Cristian Esneider Peñuela Cruz
Jorge Armando López Rueda
Joan Manuel Molina Romero
Víctor Fabián Jaimes Gaitán**

KEYWORDS:

Composite materials, long fiber, matrix, interface, laminates

DESCRIPTION:

Technology generation is limited by the creation of new materials. Composite materials are born to fill the need for the engineering to continue innovating. To characterize these materials a procedure must be made according to the type and elements that compose them. The reinforcing phase, the matrix and the interface are the most representative elements.

In the engineering field, using long fibers allows directing the material properties and, thus, to obtain a desired response to applied forces. It also provides other benefits such as reducing costs, weight and ease in the fabrication of complex parts. The long fibers are very attractive because of the effects on the edge of the fiber affect the properties of the compound less, in contrast to short fibers.

The development of composite materials has grown exponentially in recent years. This is due in part to the implementation of tools such as 3D simulations and numerical methods, which have allowed to characterize the material approximately. The development of composite materials allows applications in areas such as medicine, construction and new technologies such as space vehicles, cell phones and computers. Being present in various fields makes these materials essential to study and shows how they are the gateway to a prosperous and full of developments future.

*Dissertation

**Faculty of Engineering Physics and Mechanical, School of Mechanical Engineering. Director: Octavio Andrés González Estrada, PhD

INTRODUCCIÓN

En los últimos años se ha visto el interés en el desarrollo de materiales compuestos, necesario tanto para la industria, como para la biomedicina, la aviación, las telecomunicaciones, entre otras. El principal propósito de este tipo de materiales es el de obtener comportamientos deseados frente a estímulos en cuanto a rigidez, resistencia, peso, rendimiento a alta temperatura, resistencia a la corrosión, dureza, conductividad y otras propiedades dependiendo del caso.

El problema de su estudio radica en su complejidad y rareza, ya que, al no ser material de uso común, no se tiene un amplio conocimiento de su desempeño principalmente en países que no son productores de tecnología.

El seminario da una clara visión del tema, puesto que su principal objetivo es proporcionar a estudiantes de pregrado, una comprensión de las propiedades de los materiales compuestos como base para la mejora de las propiedades, procesos de fabricación y diseño de productos construidos con estos materiales.

En el seminario, primero se da una definición y descripción de las tipologías de los materiales compuestos, los aspectos geométricos y su interface fibra-matriz. En esta primera parte del seminario, se introduce el concepto general de los materiales compuestos, su historia y sus principales características.

Segundo, se estudian las diferentes relaciones entre tensión y deformación de materiales anisótropos, así como también se evalúa el modelo micromecánico para las propiedades elásticas de estos materiales.

Tercero, se revisa el estado del arte de la teoría clásica de laminados. Se exponen las matrices que definen las propiedades mecánicas y las constantes ingenieriles mediante las matrices de rigidez y de flexibilidad.

Después, se evalúan los mecanismos y criterios de falla para los laminados sometidos a tensión plana. Se estudia la fatiga en materiales compuestos, su comportamiento y sus modelos de degradación.

Finalmente, se muestran las principales aplicaciones que tienen los materiales compuestos. Se analizan por sectores las aplicaciones de mayor interés tecnológico, explicando los usos y la justificación del uso del material compuesto frente a otros materiales.

1. GENERALIDADES DEL SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN

1.1 ¿QUÉ ES EL SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN? [1]

El Seminario de Investigación, también conocido como Seminario Alemán, tuvo su origen a finales del siglo XVIII en la Universidad de Gotingen, Alemania, con el fin de demostrar que la parte investigativa y docente se pueden unir e integrar, mejorando las estrategias de estudio y formación de los investigadores para alcanzar mejores resultados.

Radica en investigar, estudiar, discutir e intercambiar experiencias y conocimientos acerca de un tema específico, en grupo, en el cual sus integrantes, interaccionan exponiendo dicho tema (la Relatoría), complementándolo, evaluándolo, corrigiéndolo (Correlatoría), aportando y discutiendo entre todos (la Discusión), finalmente, sacando conclusiones y planteando nuevos interrogantes, permitiendo que todo lo expuesto y discutido quede como constancia en la memoria escrita (el protocolo).

El Seminario de Investigación se estructura por temas, los cuales son elegidos por el director del seminario quien, con su experiencia y conocimiento del tema en cuestión, selecciona los temas para que sean tratados en su respectivo orden y coherencia. Cada tema es ampliado en sesiones que son previamente planificadas, en las cuales los integrantes se distribuyen diferentes roles. De esta manera se busca fomentar el interés en el tema participando activamente en un contexto investigativo.

1.2 OBJETIVO DEL SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN [1]

Inculcar a los participantes del seminario una actitud de investigación científica mediante el desarrollo de diferentes habilidades específicas aplicadas. Estas habilidades están enfocadas a mejorar la capacidad de lectura crítica con fines de investigación en cualquiera de las áreas del conocimiento, a dar respuesta a preguntas claves y sustentarlas teórica y metodológicamente de forma verbal y escrita y, a identificar las relaciones del tema de estudio con el contexto económico, político y social, con el fin de consolidar el conocimiento en los participantes.

Con el fin de lograr dicho objetivo es necesario establecer un trabajo personal para el beneficio del grupo, para cumplir esto cada integrante debe identificar sus métodos de aprendizaje y tener la capacidad de aprender interactuando en grupo, además cada integrante debe adaptarse a las metodologías, herramientas y recursos que se van a utilizar para el desarrollo del seminario. Finalmente se trata de llegar a compartir, criticar y concluir las ideas que surjan de cada sesión.

1.3 VENTAJAS DEL SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN [1]

El seminario de investigación, como herramienta para el desarrollo integral, presenta las siguientes ventajas:

- Concede a los estudiantes la oportunidad de disponer de un director (profesor) durante el seminario, el cual les ayudará a cumplir los propósitos establecidos y, también resolverá las dudas e inquietudes que surjan, o en su defecto, servirá como referencia sobre fuentes de consulta.
- Fortalece la capacidad de investigación. Para esto, los participantes recurren a fuentes bibliográficas, bases de datos textos de referencia. Este

ejercicio, refuerza el desarrollo de las competencias interpretativas, argumentativas y propositivas en el estudiante.

- Otorga a los estudiantes la oportunidad de interpretar diferentes roles dentro del grupo, mejorando las habilidades comunicativas y de relaciones interpersonales, así como también habilidades de trabajo en equipo; complementarias para la formación tanto personal como profesional. El hecho de que los integrantes cambien de roles en cada sesión, permite que haya una formación integral y un aporte al desarrollo de capacidades dependiendo del papel que se esté desempeñando
- Promueve el aprendizaje como una práctica grupal, permite apreciar la eficiencia del trabajo en equipo y si el grupo está conformado con estudiantes de diferentes áreas del conocimiento, también concede la fortuna de la interdisciplinariedad, ventajas que ayudan a mejorar el desempeño profesional en la actualidad.
- Proporciona la posibilidad del uso de distintas herramientas de apoyo con el fin de desarrollar las sesiones de forma clara y atractiva.
- Ésta metodología está centrada en el estudiante, con el fin de fortalecer la habilidad de saber aprender y explicar lo aprendido a otras personas, por tanto, sus ventajas lo hacen aplicable para desarrollar todas las áreas del conocimiento.

1.4 CARACTERÍSTICAS [1]

El seminario de investigación posee las siguientes características:

- Todos los miembros del seminario tienen una participación activa, debido que no solo el director del seminario interviene, también los demás

participantes pueden realizar su aporte dependiendo del rol que cumplan en la sesión.

- El seminario de investigación está conformado por un grupo impulsado hacia la investigación, interpretación, sustentación, discusión y conclusión de los temas propuestos.
- Aplicación del dialogo como constante con el fin de compartir y discutir los conocimientos adquiridos.
- Entorno amigable y contributivo para facilitar la intervención de los participantes.
- Empleo de herramientas didácticas para el desarrollo de las sesiones.
- El programa del seminario y sus parámetros son explicados en la primera sesión.
- El seminario de investigación requiere por parte de los miembros del seminario responsabilidad, para lograr el desarrollo óptimo de cada sesión.

1.5 ORGANIZACIÓN DEL SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN [1]

El seminario de investigación se compone de las siguientes actividades: la Relatoría, la Correlación, la Discusión y el Protocolo; las cuales deben girar en torno a un tema específico, del cual se desprenden los subtemas a tratar durante las sesiones.

Estas actividades son responsabilidad de los integrantes del seminario, las cuales serán interpretadas por cada uno de los miembros de manera cíclica. La organización del seminario también implica establecer el lugar del seminario, el

número de sesiones, las fechas y duración de las sesiones, así como también mencionar los roles de los integrantes por sesión.

El seminario de investigación en materiales compuestos está conformado por:

Director: Ph. D., Octavio Andrés González estrada

Autores: Andrés Felipe Benavides Serrano

Cristian Esneider Peñuela Cruz

Jorge Armando López Rueda

Joan Manuel Molina Romero

Víctor Fabián Jaimes Gaitán

A los autores se les asigna un rol en cada sesión. Las sesiones se llevan a cabo en los salones 205, 311, y 208 de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad Industrial de Santander. El seminario está dividido en quince (15) sesiones cada una con un tema y subtemas específicos como se muestra en la sección. Las sesiones están programadas para una duración de dos horas.

1.5.1 Tema del seminario de investigación. Para llevar a cabo el seminario fue necesario seleccionar por parte del profesor Octavio Andrés González Estrada el tema general a tratar, el cual se fragmenta en subtemas que serán desarrollados en cada sesión. Cada uno de los subtemas debe tener su respectiva bibliografía, la cual debe estar dispuesta con anticipación con el fin de brindar a los integrantes del seminario las fuentes de consulta necesarias para preparar las sesiones.

Mediante este seminario se pretende profundizar en el área de materiales, específicamente en los materiales compuestos los cuales son muy poco estudiados dentro del plan de estudios de Ingeniería Mecánica, esto con el fin de dar a conocer todo lo concerniente a este tipo de materiales.

1.5.2 Dirección del seminario de investigación. La dirección del Seminario de Investigación en Materiales Compuestos estuvo a cargo del profesor Octavio Andrés González Estrada, el cual posee experiencia y conocimiento en materiales compuestos. Su función como director del seminario fue orientar y liderar a los integrantes en su investigación, brindando principalmente asesoría y pautas para el correcto proceso en la investigación y el alcance exitoso de los objetivos propuestos.

1.5.3 Desempeño de los roles

1.5.3.1 Relatoría. Es el recurso que utiliza el relator para exponer el subtema correspondiente en cada sesión. El relator debe potenciar el conocimiento de los participantes basándose en su investigación y estudio. Durante la relatoría el relator debe incitar e impulsar a la discusión manteniendo el interés de los participantes con su argumento y explicación.

1.5.3.2 Correlatoría. Consiste en apoyar y complementar la relatoría por medio de un correlator, este debe tratar de no repetir lo ya expuesto por el relator, y evaluar el contenido, la argumentación y el manejo de la exposición de éste. Debe emitir una reflexión acerca del tema de manera crítica, siempre impulsando a los participantes al debate.

1.5.3.3 Discusión. Es el medio en el cual los participantes del seminario pueden debatir lo expuesto en la relatoría y lo argumentado en la correlatoría. La discusión se caracteriza por ser de carácter positivo, argumentativo y enfocado al enriquecimiento del trabajo en equipo. Esta práctica concede a los participantes la oportunidad de fortalecer sus capacidades cognitivas a partir de la escucha atenta, la reflexión y la toma de notas sobre la sesión.

1.5.3.4 Protocolo. El protocolo es la evidencia escrita de cada sesión del seminario y sirve de referencia para la elaboración del informe final. Es un acta de registro de lo ocurrido en la sesión anterior y debe ser leído antes de comenzar cada sesión. El protocolante describe las actividades tal y como fueron desarrolladas durante la sesión, de forma clara y concisa.

1.6 METODOLOGÍA [1]

La metodología utilizada para el desarrollo óptimo del seminario de investigación en materiales compuestos fue la propuesta por la Universidad Industrial de Santander, que consiste en tres etapas: planificación, ejecución y finalización. Así, ver Figura 1.

Figura 1. Metodología usada para el desarrollo del Seminario de Investigación [1].



2. PLANIFICACIÓN

La tarea mas importante dentro de la planeacion de un seminario es la propocision de los temas y subtemas que se quieren profundizar en este. Debe ser un tema de interes para los participantes, esto con el fin de motivar a la investigacion, generar un conocimiento mas amplio y despertar disposicion en los asistentes al seminario.

Luego de tener claro el tema que se va a tratar, se plantean el objetivo general del seminario y los objetivos especificos los cuales seran la base sobre la cual se soporta el seminario, con el proposito de obtener el resultado anhelado por los estudiantes, los cuales aportan su conocimiento y formacion academica.

2.1 OBJETIVOS

Los objetivos planteados para el seminario de inestigacion son:

2.1.1 Objetivo general.

Desarrollar un seminario de investigación en materiales compuestos con un enfoque hacia la comprensión de las propiedades de los materiales compuestos como base para la mejora de las propiedades, procesos de fabricación y diseño de productos construidos con estos materiales.

2.1.2 Objetivos específicos.

- Generar ficheros que contengan bibliografía actualizada sobre materiales compuestos; incluyendo temas como: aspectos geométricos, propiedades, modelos micro mecánicos, análisis del diseño, análisis con métodos numéricos y aplicaciones, creando una referencia bibliográfica mediante la aplicación web y de escritorio Mendeley, que permite gestionar y compartir referencias bibliográficas y documentos de investigación.

- Implementar los diferentes tipos de materiales académicos en formatos electrónicos siguiendo las directivas para el desarrollo de una plataforma virtual en el TIC. En esta plataforma estarán cada una de las presentaciones dadas en el seminario de investigación junto con archivos recopilados como, foros de discusión durante las sesiones, resúmenes, artículos, temas, videos y demás fuentes de información necesarias para la adecuada implementación de una asignatura electiva en materiales compuestos.
- Elaborar un documento síntesis original donde estén compilados los resúmenes, relatorías, protocolos, discusión, resultados y demás actividades del seminario de investigación en materiales compuestos.

2.1.3 Estudio y selección de material bibliográfico. Inicialmente la bibliografía se definió durante la elaboración del plan del proyecto, esto con el fin de presentar información concisa sobre los temas y subtemas planteados, sin embargo, en el transcurso del seminario se fue incorporando nuevas referencias bibliográficas para complementar la información y poder hacer aportes más recientes.

Dentro de la bibliografía propuesta están los siguientes libros:

- Cha, Krishan K., 2012. *Composite Materials: Science and Engineering*, Third Edition, Springer.

Esta tercera edición [2] trae una información más amplia respecto a refuerzos, Matrices, compuestos de matriz polimérica, metálica y cerámica, abarcando la industria aeroespacial y de energía, como también el desarrollo de los materiales compuestos en otros campos, y el uso de materiales no convencionales el cual dedica un capítulo a su estudio. Los ejemplos de aplicaciones prácticas son importantes y bastante ilustrativos por eso en esta edición se introdujeron una mayor cantidad de ejemplos

- Ever J. Barbero, 2010. *Introduction to Composite Materials Design*, Second Edition, CRC Press.

Este libro [3] incluye métodos de análisis eficaces para el diseño de materiales compuestos, proporciona información detallada sobre fibras, matrices y sus propiedades esenciales. Se presenta información de las últimas tecnologías como el desarrollo de nanotubos de carbono como refuerzo y también ofrece ejemplos detallados, así como tablas e ilustraciones.

- Ever J. Barbero, 2013. *Finite Element Analysis of Composite Materials Using ANSYS®*, Second Edition, CRC Press.

Este libro [4] hace una introducción en los cálculos de las matrices de los laminados de compuestos, esto para seguir con el procedimiento teórico general de un análisis por el método de elementos finitos, explica las escalas a las cuales puede ser analizado un laminado donde se genera una formalización y afianzamiento de conocimientos con ejemplos por medio de la plataforma de ANSYS APDL.

- Ramesh Talreja, Chandra Veer Singh, 2012. *Damage and failure of Composite Materials*, First Edition, Cambridge University Press.

En este libro [5] se muestra que la comprensión de los daños y el fallo de los materiales compuestos es crítica para el diseño de ingeniería fiable y rentable. Este libro ofrece una guía completa de los daños, la fatiga y la falla de materiales compuestos. Los primeros capítulos se centran en la revisión de las ecuaciones básicas y la teoría de la mecánica, para poder describir los mecanismos de daños tales como grietas, roturas y pandeo. En los capítulos siguientes, se describe la formación y progresión del daño bajo cargas mecánicas con amplios datos experimentales y modelos micro y macro-nivel. Por último, la fatiga de los materiales compuestos se discute el uso de

diagramas. Permite generar métodos para un diseño más fiable de estructuras de materiales compuestos, este es un recurso valioso para los ingenieros y científicos de materiales en la industria y el mundo académico.

- Deborah D. L. Chung, 2010. *Composite Materials: Science and Applications (Engineering Materials and Processes)*, Second Edition, Springer.

En la segunda edición de este libro [6], amplía el alcance del mismo para enfatizar el desarrollo impulsado por las aplicaciones y materiales orientados al proceso donde se proporcionan ejemplos reales de desarrollo de materiales compuestos.

Este libro es esencial para los investigadores e ingenieros que están interesados en el desarrollo de materiales para aplicaciones industriales. Tiene un enfoque vibrante y funcional, lo que es adecuado tanto para los estudiantes y profesionales, y proporciona una explicación completa de todos los conceptos fundamentales relacionados con las propiedades estructurales y funcionales cubiertos.

- Daniel Gay, Suong V. Hoa, 2007. *Composite Materials, Vol. II: Processing, Fabrication, and Applications*, First Edition, Prentice Hall.

Los primeros capítulos de este libro [7] describen las tres principales familias de materiales compuestos. El compuesto puede destacar ventajas y clasificación de las diversas familias que facilitan la planificación de proyectos. Más que un libro de referencia, esto es una guía completa de procesamiento de compuestos, fabricación y aplicaciones.

Discute el futuro de la modelación integrada asistido por ordenador y análisis de elementos finitos donde se pueden presentar una cobertura extensa de aplicaciones en la industria aeroespacial, la industria del automóvil y la industria

informática. Cubre el procesamiento post-tratamiento de metales, cerámicas, polímeros y otros materiales de ingeniería.

- Tsai, S. W., & Marco, A. M. 1988. *Diseño y Análisis de Materiales Compuestos*, Reverte.

Diseño y Análisis de materiales compuestos es la adaptación española del libro Composite Design [8] escrito por S. W. Tsai. Inicialmente se trabajó en una obra compuesta por varios capítulos dedicados a la teoría de placas laminadas, tensión plana, flexión y micro mecánica. En una segunda fase se incluyeron temas también importantes, como son los efectos higrotérmicos, uniones, comportamiento de materiales compuestos a fatiga, con entallas, método de ensayo, tensiones interlaminares y elementos finitos.

- Lecomte, P., Paluch, B., & Brieu, M. 2010. *Free edge effects study in laminates composites using Digital Image Correlation: Effect of material and geometrical singularities*, EPJ Web of Conferences.

Los materiales compuestos son hoy en día muy utilizados para diversas aplicaciones industriales. Sin embargo, la delaminación en los bordes libres, donde los gradientes de esfuerzo son fuertes, sigue siendo un problema. En el objetivo de una mejor comprensión de estos fenómenos se muestra en este artículo [9], las mediciones de correlación Digital Image (DIC) se han llevado a cabo sobre laminados bajo tensión de tracción uniaxial. Tres compuestos diferentes con diferentes propiedades mecánicas y microestructura han sido probados, así como dos muestras geometrías: piso y con una caída de capas. Los resultados experimentales muestran las concentraciones de tensión de alto cizallamiento cerca de 15°/-15 interfaces de interlaminares en los bordes libres que dependen de las propiedades mecánicas del material y microestructura y aumento en el entorno de una singularidad geométrica.

2.1.4 Selección de subtemas. Teniendo en cuenta el planeamiento del seminario se programa una serie de subtemas los cuales se exponen y se estudian para dar claridad al tema central. El seminario se dividió en 14 subtemas correspondientes:

1. Historia y definición de los materiales compuestos. Describir las tipologías de los materiales compuestos y sus características.
2. Aspectos geométricos e Interface fibra-matriz
3. Modelo micro-mecánico para las propiedades elásticas para materiales anisótropos.
4. Relaciones entre tensión y deformación con comportamiento anisótropo.
5. Enfoque en el diseño de materiales anisótropos.
6. Presentación del concepto de laminados y la teoría clásica de laminados.
7. Valoración de la Teoría Clásica de los Laminados.
8. Efecto borde libre.
9. Mecanismos de fractura y criterios de fallo para laminados sometidos a estados de tensión plana.
10. Métodos numéricos en materiales compuestos.
11. Método de elementos finitos en materiales compuestos.
12. Uso de ANSYS para el análisis de un laminado de material compuesto.
13. Fatiga en materiales compuestos: Comportamiento y mecanismos de degradación
14. Aplicaciones en materiales compuestos.

2.1.5 Planificación de las sesiones.

Tabla 1. Planificación de las sesiones del seminario de investigación en Materiales Compuestos (Autores).

Sesión	Sub-Temas	Relator	Correlator	Protocolante	Participantes
1	Historia, definición y descripción de las tipologías de los materiales compuestos.	Andrés F. Benavides	Cristian E. Peñuela	Joan M. Molina	Jorge A. López y Víctor F. Jaimes
2	Aspectos geométricos e Interface fibra-matriz.	Cristian E. Peñuela	Joan M. Molina	Jorge A. López	Víctor F. Jaimes y Andrés Benavides
3	Modelo micro-mecánico para las propiedades elásticas para materiales anisótropos.	Joan M. Molina	Jorge A. López	Víctor F. Jaimes	Andrés Benavides y Cristian Peñuela
4	Relaciones entre tensión y deformación con un comportamiento anisótropo.	Jorge A. López	Víctor F. Jaimes	Andrés F. Benavides	Cristian E. Peñuela y Joan M. Molina
5	Enfoque en el diseño de materiales anisótropos	Víctor F. Jaimes	Andrés F. Benavides	Cristian E. Peñuela	Joan Molina y Jorge López
6	Presentación del concepto de laminados y la teoría clásica de laminados	Andrés F. Benavides	Cristian E. Peñuela	Joan M. Molina	Jorge A. López y Víctor F. Jaimes
7	Valoración de la teoría clásica de los laminados	Cristian E. Peñuela	Joan M. Molina	Jorge A. López	Víctor F. Jaimes y Andrés Benavides

8	Efecto borde libre	Joan M. Molina	Jorge A. López	Víctor F. Jaimes	Andrés Benavides y Cristian Peñuela
9	Mecanismos de fractura y criterios de falla para laminados sometidos a estados de tensión plana	Jorge A. López	Víctor F. Jaimes	Andrés F. Benavides	Cristian E. Peñuela y Joan M. Molina
10	Métodos numéricos en materiales compuestos	Andrés F. Benavides	Cristian E. Peñuela	Joan M. Molina	Jorge A. López y Víctor F. Jaimes
11	Método de elementos finitos en materiales compuestos	Víctor F. Jaimes	Andrés F. Benavides	Cristian E. Peñuela	Joan M. Molina y Jorge A. López
12	Uso de ANSYS para el análisis de un laminado de material compuesto.	Cristian E. Peñuela	Joan M. Molina	Jorge A. López	Víctor Jaimes y Andrés Benavides
13	Fatiga en materiales compuestos: Comportamiento y mecanismos de degradación	Jorge A. López	Víctor F. Jaimes	Andrés F. Benavides	Cristian E. Peñuela y Joan M. Molina
14	Aplicaciones en materiales compuestos.	Víctor F. Jaimes	Joan M. Molina	Andrés F. Benavides	Jorge A. López Cristian E. Peñuela

3. EJECUCIÓN

En esta etapa de ejecución se lleva a cabo lo planteado en la planeación. El relator correspondiente para cada sesión elaboró un documento acorde a su investigación el cual es revisado y aprobado por el director, también se genera una retroalimentación la cual está condensada en el acta de la sesión. Los participantes del seminario deben tener conocimiento del tema indiferentemente del rol que desempeñe, con el fin de ser partícipes y generar aportes que enriquezcan la sesión.

3.1 DESARROLLO DE UNA SESIÓN

Las sesiones del seminario se desarrollan de manera fluida siguiendo el orden de actividades planteadas en la Tabla 2 a excepción de la primera sesión ya que no tiene antecesora.

Tabla 2 Esquema de actividades para cada sesión (Autores).

	Actividades	Descripción	Responsable	Duración
1	Apertura de la sesión	<ul style="list-style-type: none">Lectura del plan de trabajo.Confirmación de asistencia.Asignación de roles.	Director (Primer sesión) y/o Protocolante	5 min
2	Lectura del Protocolo	<ul style="list-style-type: none">Lectura del protocolo.Confirmación de roles.Apertura del tema a tratar.	Protocolante	10 min
3	Relatoría	<ul style="list-style-type: none">Exposición del tema.Explicación de material didáctico.	Relator	60 min
4	Correlatoría	<ul style="list-style-type: none">Complementación y	Correlator	10 min

		resumen de la relatoría.		
5	Discusión	<ul style="list-style-type: none"> • Preguntas y aclaraciones sobre el tema expuesto. • Se valida el conocimiento demostrado por el relator. 	Todos los participantes	20 min
6	Conclusiones	<ul style="list-style-type: none"> • Evaluación de la sesión. • Síntesis del trabajo. • Redacción del protocolo. • Aprobación de la síntesis. 	Participantes Director Protocolante	5 min

3.2 ACTA

Este documento es un escrito donde se valida la ejecución de cada sesión, la correcta asignación de los roles de los participantes, una síntesis del tema expuesto como también correcciones y preguntas que se pudieran generar dentro de la discusión y anotaciones planteadas por el director en busca de generar mejoras en la dinámica de la sesión. El documento modelo que se llevó durante todas las sesiones se observa en la Figura 2. La estructura del acta se presenta a continuación:

Encabezado: Incluye el nombre del seminario y nombre de la universidad.

Numeración: Corresponde al número de acta de cada sesión.

Fecha: Día-mes-año en que se desarrolla la sesión.

Hora: Inicio y finalización de la sesión.

Lugar: Sitio en el cual se desarrolla la sesión.

Relator: Nombre del relator.

Correlator: Nombre del correlator.

Protocolante: Nombre del protocolante.

Participantes: Nombre o nombres de los participantes.

Desarrollo del tema: Se presenta de forma organizada y por medio de ayudas didácticas el tema correspondiente a la sesión planteada.

Anotaciones: Observaciones que se presentan con el fin de mejorar en el seminario.

Conclusiones: Ideas principales las cuales se derivan de la relatoría y tienen como función compactar los conocimientos y asimilarlos más fácilmente.

Firmas: Las firmas hacen constar que todo se desarrolló siguiendo lo planeado y avalado por los participantes y el director.

Figura 2. Acta modelo de las sesiones.

Seminario de Investigación en Materiales Compuestos
Acta Sesión 1

Fecha: 30 de Octubre de 2015

Hora: 2:00 p.m.

Relator: Andrés Felipe Benavides Serrano

Correlator: Cristian Eusebio Peñuela Cruz

Protocolante: Joan Manuel Molina Romero

Participantes: Victor Fabián Jaimes Galtán y Jorge Armando López Rueda

Desarrollo del tema:

Se hizo una introducción en términos y tipología de los materiales compuestos, haciendo énfasis en los reforzados con fibras. Se recopilaron datos históricos relevantes en la evolución y desarrollo de los materiales compuestos y se expusieron de manera cronológica. Por último se mostraron algunos procesos de fabricación apoyados en videos e imágenes

Anotaciones:

- Introducir numeración en las diapositivas.
- Reducir el texto presente en las diapositivas.
- Enfatizar en la tipología en la exposición siguiente.
- Definir un formato apoyado en el grupo GIEMA para normalizar las diapositivas.
- Corregir errores ortográficos presentes en los títulos de las diapositivas.

Conclusiones:


- El tipo de fase reforzante presente en un material compuesto es esencial para el comportamiento del mismo frente a los esfuerzos.
- El comportamiento anisótropo presente en los materiales compuestos reforzados con fibras largas es ideal para la direccionar las propiedades de la forma deseada.

Firmas:


Prof. Octavio Andrés González Estrada
Director


Andrés Felipe Benavides Serrano
Relator


Cristian Eusebio Peñuela Cruz
Correlator


Joan Manuel Molina Romero
Protocolante


Victor Fabián Jaimes Galtán
Participante


Jorge Armando López Rueda
Participante

4. FINALIZACIÓN

El producto final del seminario de investigación en materiales compuestos consta de una serie de entregables que se realizaron durante la ejecución del proyecto.

Estos entregables son:

- Recopilación de referencias: La recopilación se realizó mediante el programa gratuito Mendeley en donde se organizaron cada una de las referencias utilizadas.
- Plataforma virtual TIC: En la plataforma se reunieron las diapositivas y material audiovisual de cada uno de los temas.
- Documento síntesis: En este documento esta compilada toda la información que se requirió para desarrollar cada uno de los subtemas en las sesiones programadas.

4.1 DOCUMENTO SÍNTESIS

El documento síntesis fue llamado: “SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN EN MATERIALES COMPUESTOS”. En este documento está sintetizada toda la información utilizada para el desarrollo de cada subtema de cada sesión. El libro se realizó de manera ordenada y estructurada para un fácil entendimiento del tema. Éste está conformado por 9 capítulos desarrollados de tal forma que exista una correlación entre cada uno de ellos. Fue realizado en Microsoft Office Word 2016, programa de entorno amigable y sencillo de manipular.

En la Figura 3 puede verse una imagen de su apariencia exterior.

Figura 3. Portada documento síntesis (Autores).



4.2 DESARROLLO DE PLATAFORMA TIC

La plataforma TIC se empleó para tener a disposición de los participantes información de cada tema, entre las que se destacan las presentaciones, material audiovisual y artículos.

Para ingresar a la plataforma TIC debe ser estudiante o profesor de la Universidad Industrial de Santander y tener acceso al semillero de investigación en materiales compuestos.

Figura 4. Plataforma TIC mostrando las sesiones del Seminario de Investigación.

















	Novedades	
	Presentación	<input type="checkbox"/>
	Justificación	<input type="checkbox"/>
	Objetivos	<input type="checkbox"/>
	Planificación de las sesiones	<input type="checkbox"/>
<hr/>		
Tema 1		
	Sheet moulding compound process	<input type="checkbox"/>
	Introducción a los materiales compuestos	<input type="checkbox"/>
	Materiales compuestos: tipos y clasificación	<input type="checkbox"/>
	<u>Matrices poliméricas para materiales compuestos</u>	<input type="checkbox"/>
	Fibras de refuerzo para materiales compuestos	<input type="checkbox"/>
	Historia y Definición de los Materiales Compuestos	<input type="checkbox"/>
<hr/>		
Tema 2		
	Interacción entre la fibra y la matriz.	<input type="checkbox"/>
	Aspectos Geométricos e Interfase Fibra Matriz	<input type="checkbox"/>
<hr/>		
Tema 3		
	Estimación de Módulo de Tracción en Láminas	<input type="checkbox"/>
	Estimación de los Niveles de Tensión soportados por Fibra y Matriz	<input type="checkbox"/>
	Modelo Micromecánico para las Propiedades Elásticas de Materiales Anisótropos	

Figura 5. Artículos y/o Papers más relevantes del Seminario de Investigación.

Artículos Relevantes y Libres	
 Automotive Composite Driveshafts: Investigation of the Design Variables Effects	<input type="checkbox"/>
 Meshfree and Partition of Unity Methods for the Analysis of Composite Materials	<input type="checkbox"/>
 Design Analysis of an Automotive Composite Drive Shaft	<input type="checkbox"/>
 Principles of Boundary Element Methods	<input type="checkbox"/>
 Design and analysis of Composite Drive Shaft for Rear-Wheel Drive Engine	<input type="checkbox"/>
 Análisis y Optimización de Componentes Aeronáuticos Realizados en Materiales Compuestos Laminados cfrp Mediante el Método de los Elementos Finitos (mef)	<input type="checkbox"/>
 Effects of Environmental Factors on Composite Materials	<input type="checkbox"/>
 Biomedical Composites	<input type="checkbox"/>
 Polymer Matrix Composites in Driveline Applications	<input type="checkbox"/>
 Analysis of Drive Shaft	<input type="checkbox"/>
 Optimal Sizing and Stacking Sequence of Composite Drive Shafts	<input type="checkbox"/>
 An Introduction to Isogeometric Collocation Methods	<input type="checkbox"/>
 Análisis Numérico de Uniones Abulonadas en Materiales Compuestos	<input type="checkbox"/>
 Revisión de las Teorías de Placas Laminadas	<input type="checkbox"/>
 Optimum Design and Analysis of a Composite Drive Shaft for an Automobile	<input type="checkbox"/>
 Design of Automobile Driveshaft using Carbon/Epoxy and Kevlar/Epoxy Composites	<input type="checkbox"/>

- Los artículos son información acerca de trabajos realizados acerca de materiales compuestos, como simulaciones y comportamientos frente a diferentes tipos de cargas.
- El material audiovisual se usó como apoyo a la parte teórica de cada tema con el fin de aclarar los conceptos expuestos en cada sesión.

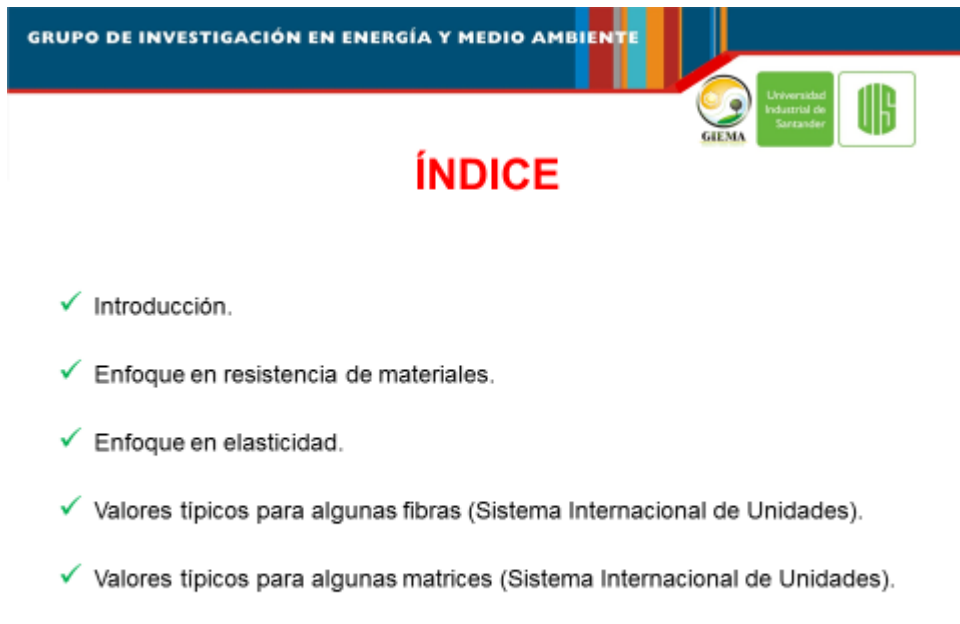
- Las presentaciones son la herramienta de trabajo que permiten desarrollar los temas con mayor claridad e interpretación hacia los participantes, motivando el área de discusión para la ampliación del conocimiento. Se elaboran diapositivas en formato Microsoft Office Power Point 2016, integrando el resultado del trabajo investigativo para cada sesión. La Figura 6 es un ejemplo de portada de las diapositivas. Mientras que la Figura 7 es un ejemplo del contenido de las diapositivas.

Figura 6. Portada de las diapositivas del Seminario (Autores).



1

Figura 7. Contenido de las presentaciones del Seminario (Autores).



3

4.3 RECOPIACIÓN DE LAS REFERENCIAS

Las referencias bibliográficas usadas en este proyecto de grado se distribuyeron en ficheros a través del software de libre acceso Mendeley. Este software ofrece una plataforma interactiva en la que es posible recopilar bibliografías para ser referenciadas a través de un “add on” ubicado en Microsoft Office Word 2016. En la Figura 8 se muestra la interfaz de Mendeley. En la Figura 9 se muestra la interacción con Microsoft Office Word 2016 y algunos ejemplos de referencias.

Figura 8. Interfaz de la aplicación Mendeley (Autores).

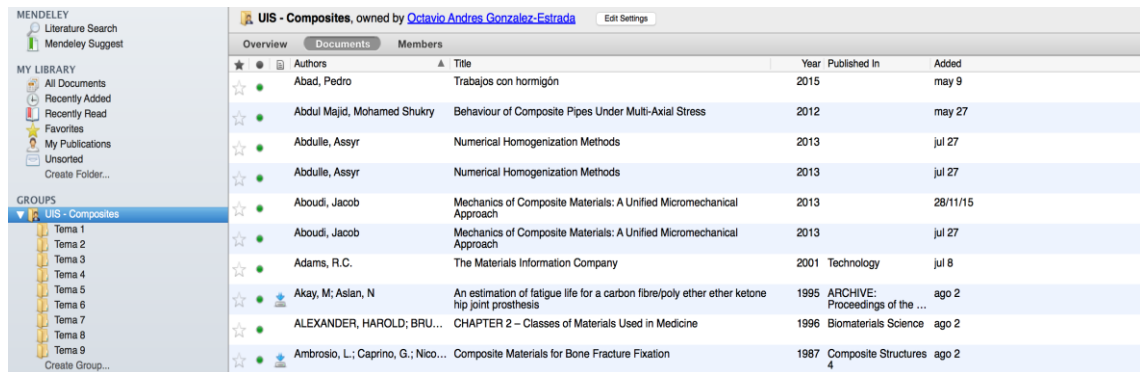
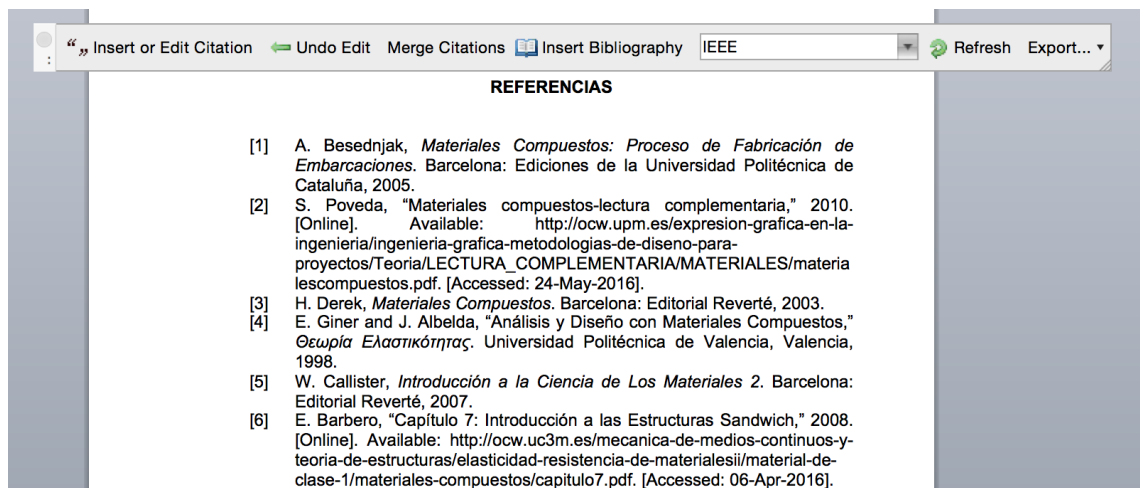
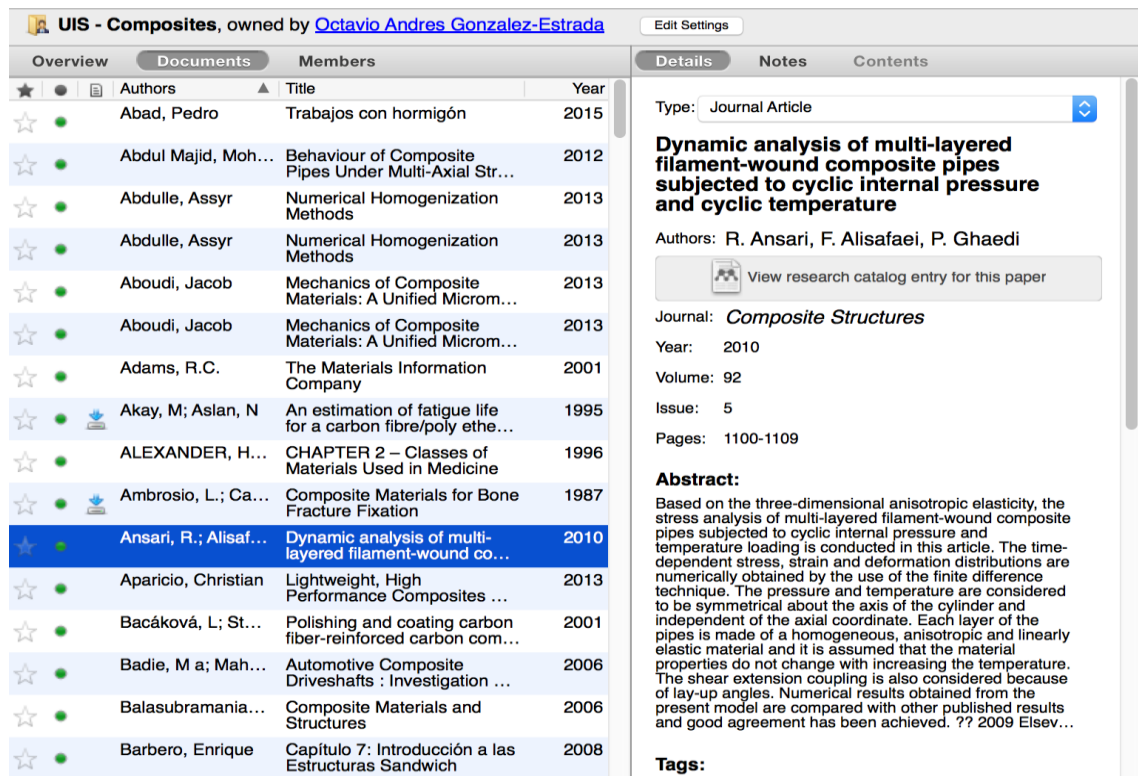


Figura 9. Interacción entre Microsoft Office Word 2016 y Mendeley (Autores).



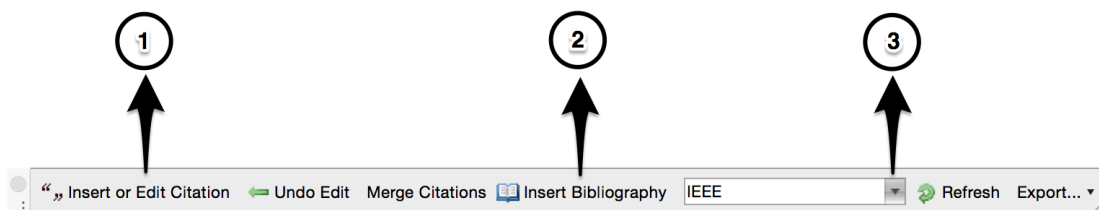
Mendeley permite ingresar las referencias bibliográficas de dos formas. La primera directamente desde el archivo, documento o programa que se quiera referenciar y la segunda de manera manual. Para hacerlo de forma directa se debe habilitar la opción (en el documento, programa o archivo) de subir automáticamente los datos requeridos a la plantilla ubicada en el lado derecho de la interfaz de Mendeley, como se muestra en la Figura 10. De no ser esto posible, se debe proceder con la segunda forma de ingreso y, diligenciar la plantilla de manera manual, dependiendo del tipo de documento a referenciar. Algunos datos serán necesarios y otros no.

Figura 10. Referencias bibliográficas mostradas en la aplicación Mendeley (Autores).



Después con la Toolbar del “add on” de Microsoft Word es posible insertar la referencia donde se requiera, como se puede ver en el numeral 1 de la Figura 11. Para ingresar las referencias donde se requieran se debe hacer click en “Insert Bibliography” como se muestra en el numeral 2 de la Figura 11. También es posible escoger la norma con la que se mostrarán las referencias al final del texto, en la pestaña señalada con el numeral 3 de la Figura 11.

Figura 11. Toolbar del “add on” del Mendeley en el Microsoft Office Word 2016 (Autores).



Por último y tal como se estipuló en los objetivos específicos las referencias se catalogan en ficheros dependiendo del tema a tratar, tal y como se muestra al lado izquierdo de la Figura 12.

Figura 12. Ficheros en Mendeley (Autores).

Authors	Title	Year	Published In	Added
Barbero, Enrique	Capitulo 7: Introducción a las Estructuras Sandwich	2008		may 2
Besednjak, Alejandro	Materiales Compuestos: Proceso de Fabricación de Embarcaciones	2005		may 2
Callister, William	Introducción a la Ciencia de Los Materiales 2	2007		may 2
Derek, Hull	Materiales Compuestos	2003		may 2
Giner, Eugenio; Alvelda, José	Análisis y diseño con materiales compuestos	1998		may 20
Johnson, Todd	History of Composites: The Evolution of Lightweight Composite Materials	2014		may 2
Landis, Larry	Reinforcement Strategies for High Performance Composites	2013		may 2
Miravete, Antonio	Materiales compuestos I	2012		may 2
Pava, Ibel	Inyección de Termoestables	2014		may 9
Poveda Martínez, Santiago	Lecturas Complementarias Materiales Compuestos			ago 1

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

El desarrollo del seminario de investigación en materiales compuestos se basó en los lineamientos propuestos por la Universidad Industrial de Santander como modalidad de trabajo de grado. Se concluye de este trabajo lo siguiente:

Por parte de los integrantes del seminario:

- Se estimuló el trabajo individual para beneficio del grupo con el fin de facilitar el aprendizaje a los participantes y, de esta forma, motivar el espacio para la discusión y ampliación del conocimiento.
- Se fortalecieron habilidades analíticas y cognitivas que permitieron potenciar la curiosidad investigativa.

Respecto a la información investigada:

- Los materiales compuestos acentúan la innovación y el desarrollo de nuevas tecnologías. Esto se debe a que sus propiedades pueden ser direccionadas de diferentes formas, obteniendo comportamientos deseados frente a requerimientos.
- Los materiales compuestos son ampliamente usados en diferentes aplicaciones tecnológicas en la actualidad, como la industria aeroespacial. Esto se debe a la posibilidad de tener en un material propiedades que en años anteriores no era posible combinar, por ejemplo, alta resistencia mecánica y bajo peso.
- Los mecanismos de fallo se pueden presentar tanto en los constituyentes (individualmente), como en el material compuesto (interacción entre

constituyentes), y varían dependiendo de las cargas aplicadas, fracción de volumen en fibra y la deformación de rotura máxima de cada constituyente.

- Los criterios de falla límite pueden predecir donde se puede generar la falla, estos dependen del tipo de cargas aplicadas y no tienen en cuenta interacciones entre estados biaxiales o triaxiales de carga.
- Los criterios de falla interactivos tienen en cuenta los acoplamientos entre tensiones lo cual los hace más confiables, pero estos no demuestran el mecanismo por el cual están fallando.
- Las herramientas informáticas como los métodos numéricos permiten modelar materiales compuestos con geometrías complejas. Entre estos métodos sobresale el método de los elementos finitos por su amplio desarrollo y popularidad en materiales compuestos.
- La versatilidad en el manejo de las propiedades de los materiales compuestos permite que se pueda aumentar su capacidad de amortiguamiento frente a vibraciones mecánicas.
- El proceso teórico general de un análisis por el método de elementos finitos para un material isótropo no varía al aplicarse en materiales compuestos, solo se modifican los valores de la matriz de rigidez característica del material, debido a que se trata de un material ortótropo.
- Generalmente las discontinuidades y no uniformidades que se puedan introducir en un material compuesto debido a su proceso de fabricación, tienen una incidencia directa negativa en las propiedades mecánicas del compuesto, pero aun así estas discontinuidades pueden ser útiles cuando los frentes de grietas tienden a propagarse y estas discontinuidades no lo permiten.

- La aplicación de materiales compuestos en la industria cada día tiene más auge, sobre todo en aquella de gran inversión en la investigación, debido al bajo costo de mantenimiento y su alta resistencia a la corrosión.
- Es de gran importancia conocer las propiedades mecánicas de la fibra y de la matriz, debido a que los esfuerzos que actúan sobre la matriz se transmiten a la fibra a través de la interfase. Esto genera las propiedades físicas y mecánicas finales del material compuesto.
- En la ingeniería se requiere estar innovando al menor precio y con alta calidad. Una de las formas más utilizadas son el uso de desarrolladores de programas que permiten mitigar los costos y genera gran expectativa hacia un resultado real.

Como entregables del libro:

- Catalogar en ficheros de gestión bibliográfica las referencias utilizadas en el seminario en materiales compuestos, permitió acceder con celeridad a los temas específicos a lo largo de las diferentes sesiones. Además, estos ficheros proporcionan a los usuarios de este material un orden y una guía para profundizar en algún tema de su interés para investigar.
- La plataforma en el aula virtual de aprendizaje (TIC) contiene cada una de las presentaciones realizadas en las sesiones junto con videos de apoyo y artículos. Esto permite mejorar el entendimiento de cada tema. La finalidad de esta plataforma es el uso de elementos audiovisuales para integrantes del campus universitario que desee indagar en los conceptos básicos de materiales compuestos, y a su vez como material de apoyo para programas de enseñanza que se pueda generar en programas de la universidad.
- En el documento síntesis que se elaboró, se recopilaron las investigaciones, análisis y conclusiones realizadas durante la ejecución del seminario. Este

documento sirve como guía para trabajos y clases futuras que involucren materiales compuestos. También proporciona las bases necesarias para comenzar y desarrollar una investigación en estos materiales u obtener los conceptos previos necesarios.

5.2 RECOMENDACIONES

- Recomendamos a la Escuela de Ingeniería Mecánica continuar con el semillero de investigación en materiales compuestos.
- Recomendamos a la Escuela de Ingeniería Mecánica financiar proyectos de grado basados en las aplicaciones en materiales compuestos.
- Recomendamos a la Escuela de Ingeniería Mecánica apoyar el desarrollo de proyectos investigativos a cerca de materiales compuestos, que permitan generar publicaciones o producción intelectual para la escuela y/o para la universidad.
- Recomendamos a la Escuela de Ingeniería Mecánica incluir dentro de sus asignaturas de pregrado una materia electiva profesional que trate el tema de materiales compuestos.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] V. A. UIS, “Lineamientos para el Seminario de Investigación como Modalidad para el Desarrollo del Trabajo de Grado,” pp. 1–16, 2007.
- [2] K. K. Cha, *Composite Materials: Science and Engineering*. Springer Science & Business Media, 2013.
- [3] E. J. Barbero, *Introduction to Composite Materials Design*, Second. Boca Raton, U.S.A.: CRC Press, 2010.
- [4] E. J. Barbero, *Finite Element Analysis of Composite Materials Using ANSYS*, Second. Boca Raton, U.S.A.: CRC Press, 2013.
- [5] R. Talreja and C. V. Singh, *Damage and Failure of Composite Materials*. New York, U.S.A.: Cambridge University Press, 2012.
- [6] D. D. L. Chung, *Composite Materials*. London: Springer London, 2010.
- [7] D. Gay, S. V. Hoa, and S. W. Tsai, *Composite Materials: Design and applications*. 2003.
- [8] S. W. Tsai and A. M. Marco, *Diseño y análisis de materiales compuestos*. Reverte, 1988.
- [9] P. Lecomte, B. Paluch, and M. Brieu, “Free edge effects study in laminated composites using Digital Image Correlation: effect of material and geometrical singularities,” *EPJ Web Conf.*, vol. 6, p. 8, 2010.

ANEXO A

Documento síntesis, se encuentra en el CD adjunto.

ANEXO B

Actas, se encuentran en el CD adjunto.

ANEXO C

Presentaciones, se encuentran en el CD adjunto.