



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**Análisis de Falla en Componentes de
Bicicletas de Materiales Compuesto
de Fibra de Carbono**

INFORME DE ACTIVIDADES PROFESIONALES

Que para obtener el título de

Ingeniero Mecánico

P R E S E N T A

Luis Jesús Landín Marín

ASESOR DE INFORME

Dr. Adrián Espinosa Bautista



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2024

Contenido

Empresa: Specialized Bicycle Components	2
Acerca de mi.....	3
Reporte de Actividad.....	5
Introducción	5
Análisis de falla en componentes de bicicleta de materiales compuestos de fibras de carbono.	21
Caso 1	21
Caso 2	23
Caso 3	26
Caso 4	30
Caso5	33
Conclusiones	36
¿Qué me ha dejado mi puesto de trabajo?.....	36
¿En qué le he ayudado a la empresa donde yo laboro?	36
¿Qué le sugeriría a la escuela?	36
Bibliografía	38

Empresa: Specialized Bicycle Components

Specialized B. C. es una marca americana de bicicletas y productos relacionados que diseña y manufactura bicicletas, componentes y ropa para ciclistas profesionales y entusiastas. S. B. C. ofrece productos de una amplia gama de categorías como el ciclismo de montaña, ruta, transporte, etc. Specialized fue fundada en 1974 por Mike Sinyard y tiene sede en Morgan Hill, California.

Historia

Después de graduarse, en 1974, Mike Sinyard vende su Volkswagen e invierte el dinero en un viaje a Europa. Mientras recorre Milán conoce a un reconocido fabricante de bicicletas clásicas y de carreras y acuerda con él vender los componentes en Estados Unidos.

Sinyard sabía que existía escasez de equipo y refacciones en América, así que usa el resto del dinero para comprar todo el equipo posible. Al regresar a Estados Unidos cataloga y en lista todos sus productos y rápidamente vende todo en diferentes tiendas de ciclismo locales.

A partir de aquí funda la compañía Specialized Bicycle Components para importar y distribuir piezas de ciclismo italianas en América. Después de un par de años de éxito, decide que tiene la experiencia necesaria para empezar a manufacturar sus propios productos y en 1976 muestra su primer producto original, una llanta para las bicicletas de turismo.

En los siguientes años introduce al mercado la primera bicicleta de la marca, la Sequoia, una bici de turismo y la Allez, una bicicleta de carreras. En 1981 la marca presenta la Stumpjumper, la primera bicicleta de montaña de producción masiva.

La marca se ha establecido como una de las líderes en el mercado del ciclismo. La primera bicicleta Stumpjumper es considerada un modelo tan único y original que actualmente se encuentra en exposición en el instituto Smithsonian.

Misión

La misión de Specialized Bicycle Components es ser la marca de elección de los ciclistas más exigentes.

Declaración

Crear productos de calidad que las personas puedan identificar y apreciar como parte de su vida diaria.

Acerca de mi

Llevo trabajando 5 años para Specialized Retail Bicycle de México en el centro de servicio de People For Bikes Roma, en el puesto de gerente del área de servicio Mecánico.

En mi puesto desempeño las siguientes funciones:

- Armar y ajustar las bicicletas nuevas para poderlas exhibir y entregar al usuario final. Esto significa tener conocimientos sobre mecánica general de bicicletas y reglamentaciones de seguridad, conocimiento de herramientas y procedimientos de ensamble. Así como una constante actualización.
- Asesoría técnica. Poder ofrecer a los clientes respuestas claras a sus inquietudes sobre las ventajas o desventajas de las diferentes configuraciones que se ofrecen en las bicicletas. Ya sea lo correspondiente a materiales como lo son las diferentes aleaciones de aluminio, magnesio o acero, materiales compuestos de fibra de carbono o etc. Así como las diferentes ventajas estructurales o aerodinámicas en los diseños y construcción de diferentes componentes.
- Armar y ajustar E-bike o bicicletas de asistencia eléctrica. Además de necesitar los conocimientos generales de una bicicleta acústica, es necesario conocer el funcionamiento y el mantenimiento de bicicletas de asistencia eléctrica, el funcionamiento de los diferentes motores que maneja la marca, así como las regulaciones existentes en el país para que estos vehículos puedan ser usados.
- Instalación y remplazo de componentes de bicicleta, lo cuales incluyen remplazo de ruedas, sensores, transmisión, dirección y accesorios. Es necesario confirmar la compatibilidad entre componentes, verificar estándares de instalación y saber seguir los lineamientos para su correcto funcionamiento.
- Realización de dictámenes de siniestros para aseguradoras. En esta función se incluye la revisión del funcionamiento y el estado general de bicicletas que fueron sujetas a un siniestro de tránsito. Se realiza un diagnóstico a cada uno de los componentes de la bicicleta y se buscan indicios de falla para realizar una cotización formal para que el afectado pueda presentarla ante la aseguradora y recibir una compensación justa. Conocer las tolerancias de cada componente, identificar señales de falla y realizar su descripción clara y completa es importante tanto para la seguridad del usuario como para que las aseguradoras cumplan con su compromiso de pago.
- Primer contacto de servicio y garantías. Es mi función recibir directamente del usuario su bicicleta o componentes sujetos a revisión para una reclamación de garantía. Para esto se levanta una incidencia en un archivo digital donde se registra el testimonio del usuario, se hace un registro fotográfico, se describe la falla física y se realizan pruebas subsiguientes para determinar el origen de la falla. Toda esta información se les comunica a los compañeros del centro de servicio y se discute la mejor solución para el cliente. En caso de ser necesario se envía el componente a discusión en espera de una segunda revisión por parte del área de centro de servicio. Finalmente, se le comunican al usuario el resolutivo y las acciones subsiguientes.

Debido a las características de mi puesto también es importante mantener una comunicación clara y concreta con los usuarios. Por el carácter de mis funciones, debo presentar especial atención en los componentes de seguridad, así como seguir con

rigurosidad los procedimientos, debido a la naturaleza del ciclismo: un componente mal instalado puede resultar en una falla catastrófica y poner en riesgo la integridad del usuario.

Reporte de Actividad

Introducción

Este trabajo presenta 5 casos que ejemplifican diagnósticos y revisiones frecuentes que se presentan en el transcurso de mis funciones. Se describe el registro de la falla y se lleva a cabo un análisis general de la falla, este incluye la historia de la falla, el registro fotográfico, así como las conclusiones de cada caso.

Debido a las limitaciones de la sucursal donde laboro, los análisis y pruebas que se realizan ahí se restringen a exámenes visuales, pruebas estáticas y mediciones macroscópicas. Si bien las fallas en materiales compuestos de fibras pueden ser diagnosticadas con ayuda de visualización de rayos x, visualización de ultrasonido y análisis microscópicos, requieren de dispositivos y herramienta con el que nosotros no contamos.

Este trabajo se limita exclusivamente al ámbito de los materiales compuestos de fibras de carbono debido a su interés como material de ingeniería, siendo la industria del ciclismo una empresa donde este material de la ingeniería ha tenido una enorme distribución y está evolucionado constantemente.

Esta evolución es fácil de rastrear, si bien durante su introducción en la industria se apreciaba la construcción de componentes con fibras trenzadas y una alta isotropía para emular el comportamiento de materiales metálicos, ahora es común ver la construcción de componentes por medio de parches laminados y con diferentes orientaciones buscando sacar ventaja de la anisotropía natural de los compuestos de fibras para de esta forma lograr geometrías rígidas en una dirección y flexibles y elásticas en otras.

Es notable la ventaja de este material al proveer de geometrías y superficies que difícilmente se logran con otros procesos de manufactura más tradicionales, facilitando diseños eficientes y aerodinámicos, todo esto como beneficio para los ciclistas de alto desempeño.

Los materiales compuestos de fibras de carbono debido a anisotropía pueden ser modelados para ofrecer comodidad y estabilidad absorbiendo vibraciones e irregularidades con los que el usuario se enfrenta en el camino, regulando la elasticidad del componente o modificando la dirección de las fibras en la construcción del laminado.

Finalmente es importante mencionar que los materiales compuestos de fibras de carbono ofrecen excelentes propiedades de rigidez y un alto modulo, lo que permite crear componentes ligeros sin comprometer drásticamente sus capacidades mecánicas.

En este trabajo se describen brevemente los modelos que rigen los criterios de fallas más usados para predecir la falla de materiales compuestos de fibras y se describen los mecanismos de fallas más comunes. Estos criterios se desarrollaron principalmente para ser usados en materiales metálicos, sin embargo, ofrecen una buena aproximación al comportamiento de materiales compuestos.

Se presenta una categorización de los elementos de falla de un componente en la ingeniería, los tipos de falla, así como su origen y se enumeran los pasos a seguir para la realización de general de un análisis de falla ingenieril.

Aproximación al Análisis de Fallas de los Materiales

El análisis de fallas se ocupa de la determinación de las causas de la falla de un componente o pieza de ingeniería. La falla se puede definir como la incapacidad de un componente de funcionar adecuadamente, lo cual no implica una fractura. El análisis de falla consiste en examinar el componente fallido y las causas que originaron el problema. El objetivo del análisis de fallas es el de definir un mecanismo de falla y usualmente recomendar una solución al problema.

Las causas de una falla pueden ser separadas en las siguientes categorías:

1. Mal Uso. El componente es colocado bajo condiciones para las que no fue diseñado. Esta es una de las causas más comunes de falla, y está establecido que muchas veces se basa en determinar que el ensamble del componente y su diseño fueron correctos, dejando al mal uso como una causa de sospecha.
2. Errores de Ensamble y Mal Mantenimiento Errores de ensamble incluyen factores como dejar flojos tornillos o el uso incorrecto de lubricantes. El mantenimiento de equipos se extiende desde limpiar las superficies y su lubricación hasta la revisión de pares de apriete de la tornillería, etc. El no hacerlo con frecuencia puede llevar a la falla del equipo. Es importante apuntar que la falla puede ser debido a que una parte del sistema no funciona adecuadamente, obligando a otras piezas a del sistema a trabajar bajo condiciones para las que no fueron diseñadas originalmente. Por lo que una falla en un componente puede ser culpa de un problema en otra parte del sistema.
3. Errores de Diseño. Esta categoría se divide a su vez en los siguientes procesos considerandos durante el diseño del proceso.
 - Tamaño y Forma de la Parte. Normalmente se determina por el análisis de esfuerzos o los límites geométricos de la pieza.
 - Material. Refiriéndose a la composición química y el tratamiento necesario para que la pieza cumpla con las propiedades requeridas.
 - Propiedades. Relacionadas al análisis de esfuerzos, pero también a otras como la resistencia a la corrosión y etc.

Al examinar la información sobre las causas de la falla y compararla de manera estadística podemos enumerarla de la siguiente forma:

1. Selección de Materiales Inadecuada.
2. Mantenimiento Inapropiado.
3. Consideraciones de Diseño Defectuosas.
 - a. Falla Dúctil. Exceso de deformación elástica o plástica, fractura por cizallamiento o desgarro.
 - b. Fractura Frágil. Por concentradores de esfuerzos.
 - c. Falla por Fatiga. Cargas cíclicas, tensiones cíclicas, cambios térmicos, fatiga por corrosión, fatiga en superficies de rodadura.
 - d. Fallas por Altas Temperaturas. Fluencia del material, oxidación, derretimiento, pandeo.
 - e. Fracturas Estáticas Retardadas. Fragilización por hidrógeno, fragilización caustica, grietas de lento crecimiento estimuladas por el ambiente.
 - f. Excesivos concentradores de esfuerzos inherentes al diseño.
 - g. Análisis de esfuerzos inadecuados.
 - h. Errores de diseño en las propiedades del material y sus posibles modos de falla.
4. Procesamiento Defectuoso.

- a. Fallas debidas a defectos en la composición del material. Inclusiones, fragilización, impurezas.
 - b. Defectos originados en la fabricación y fundición de lingotes. Segregación, falta de solidez, porosidad, inclusiones no metálicas.
 - c. Defectos originados al trabajado. Vueltas, costuras, grietas, delaminación, deformación plástica excesiva.
 - d. Irregularidades y errores durante el maquinado, molienda o estampado. Boquetes, quemaduras, rasgaduras, grietas, fragilización.
 - e. Defectos debidos a la soldadura. Porosidad, socavaduras, esfuerzos residuales, grietas, falta de penetración, grietas debajo del cordón, zonas afectadas por calor.
 - f. Anomalías debidas al tratamiento térmico. Sobrecalentamiento, quemaduras, agrietamiento después del temple, crecimiento del grano, austenita retenida en exceso, descarburización, precipitación.
 - g. Fallas debidas a endurecimiento. Carburos intergranulares, núcleos suaves, ciclos de calor erróneos.
 - h. Ensamblajes descuidados. Discordancia de piezas de acople, suciedad atrapada, esfuerzos residuales, hendiduras o partes golpeadas.
5. Deterioro en Servicio.
- a. Sobrecarga o condiciones de carga imprevistas.
 - b. Desgaste. Erosión, hendiduras, cavitación
 - c. Corrosión. Ataques químicos, fatiga por corrosión, descincificación, grafitización del hierro, contaminación atmosférica.
 - d. Mantenimiento inadecuado o reparación incorrecta. Soldaduras, rectificado, agujereado, alisado en frío.
 - e. Desintegración debida a ataques químicos o ataques de metales líquidos.
 - f. Condiciones accidentales. Condiciones anormales de operación como la temperatura, vibración, impacto, colisiones, ablación o choques térmicos.

Los pasos para conducir un análisis de falla serían en general los siguientes ocho pasos:

1. Descripción de la situación de la falla. La historia de la falla debe ser documentada. Cualquier información pertinente como el diseño del componente (incluyendo el material y sus propiedades), así como el uso que se le ha dado al componente, son datos importantes. Son especialmente útiles el uso de fotografías.
2. Examinación Visual. La apariencia general del componente debe ser documentado. Hay que tener cuidado en el manejo para evitar dañar cualquier parte del área fracturada o las zonas afectadas.
3. Análisis de Diseño Mecánico. Cuando la parte fue diseñada como un componente principal, un análisis de esfuerzos debe ser evaluado. Esto ayudará a establecer si las dimensiones o su geometría no fueros la apropiadas. En algunos casos este análisis puede ayudar a establecer la causa de la falla.
4. Análisis de Diseño Químico. Se debe examinar la viabilidad del material desde el punto de vista de la resistencia a la corrosión u a otro ataque químico.
5. Fractografía. Examinar la superficie de la fractura con una revisión visual, con microscopía óptica y con microscopía electrónica para establecer el mecanismo de fractura.
6. Examinación Metalográfica. Esto requeriría el seccionamiento y la preparación de una muestra metalográfica. Este paso ayudará a establecer si el componente ha sido expuesto a un tratamiento térmico correcto.
7. Propiedades. Se debe determinar si las propiedades de la pieza corresponden a las de diseño. Puede que no sea posible porque al determinar algunas propiedades

mecánicas, el componente se puede destruir. En este aspecto, determinar la dureza puede ser de gran ayuda ya que frecuentemente esta se correlaciona con muchas otras propiedades mecánicas. Es una prueba simple de llevar a cabo y usualmente no daña la pieza.

8. Simulación de Falla. Es muy útil tomar una pieza idéntica y someterla a condiciones similares a las que se supone ocurrió la falla.

La importancia de obtener toda la información pertinente no debe ser obviada. Antes de sustituir cualquier componente fracturado (o el ensamble del que es parte) es importante documentar, usualmente con fotografías, todas las características físicas de la bicicleta. En caso de estar involucrado en un litigio es recomendable que todas las partes involucradas estén de acuerdo con cualquier tipo de prueba que pueda destruir físicamente la pieza. Determinar las propiedades mecánicas frecuentemente involucra un papel fundamental, y muchas de estas propiedades pueden inferirse a partir de una medición de dureza. Este procedimiento es esencialmente no destructivo, por lo que se recomienda se realice como un primer paso.

Otro paso fundamental es la examinación de la superficie fracturada. De ser posible, se recomienda preparar una réplica para poder realizar las observaciones topológicas sin dañar la pieza en cuestión. El análisis microestructural nos revelará información sobre el procesamiento y las propiedades del material, sin embargo, casi siempre requiere del seccionamiento de la pieza y no siempre es posible.

La simulación de la falla es muy útil, pues nos dejará observar claramente los pasos en los que la falla ocurrió durante la operación de la pieza, sin embargo, puede ser difícil de reproducir o simplemente puede ser muy costosa.

Otra característica importante del análisis de falla es la interacción con las personas. Es importante saber obtener información de aquellos involucrados en la falla y ser capaces de interpretar sus declaraciones correctamente. Por ejemplo, preguntar al usuario sobre sus hábitos, periodos de mantenimiento, capacidades como ciclista, entre otros, es información que permitirá trazar un historial para el análisis de la falla.

El resultado del análisis usualmente culmina con un reporte, el cual contiene los hallazgos y recomendaciones. Una redacción cuidadosa es muy importante.

Criterios de Falla

Todos los libros de mecánica de materiales tienen una sección dedicada a esfuerzos y criterios de falla. La mayoría de los libros de mecánica de materiales sugieren aplicar los criterios de Mises y Tresca. El problema de lo anterior puede ser que los lectores no expertos puedan quedarse con la impresión de que estos dos criterios cubren todo tipo de materiales y no importa mucho cuál de los dos se use. Algunos libros les conceden a estos dos criterios el estatus de ser resultados clásicos.

En esta sección revisaremos ambos criterios, compararemos uno y otro para ver si existe alguna preferencia inherente hacia alguno. Consecuentemente, algunas observaciones serán presentadas sobre cómo cada uno ajusta dentro de una gran generalización más allá de los metales dúctiles úsales.

La principal interpretación de criterio de Mises es la que representa valores críticos de energía de distorsión almacenada en los materiales isotrópicos, mientras que el criterio de Tresca es el de un valor crítico para el máximo esfuerzo cortante en un material isotrópico. Ambos criterios son ampliamente discutidos. Históricamente, el criterio de Tresca ha sido considerado el más certero de los dos, pero el criterio de Mises ha sido el más usado por su conveniente aproximación matemática.

Criterios de Fallas en Compuestos con Fibras Anisotrópicas Unidireccionales

Para analizar los criterios de fallas se consideran materiales con simetría isotrópica transversal, particularmente refiriéndose a compuestos de fibra de carbono con una matriz polimérica. Para esto dividen los ensayos en 3 diferentes escalas. El primero es llamado nivel de micro mecanismo, donde las fibras individuales y el espacio que se conforma de la matriz entre ellas es homogéneo. El siguiente nivel involucra a la alineación de las fibras a un nivel laminar y su tamaño es mucho más grande que la medida de una sola fibra. Finalmente, a una escala mucho más grande, la homogenización se toma a un nivel que involucra la construcción de varias laminas en varias direcciones.

Con esa terminología, y una condición de alta resistencia y rigidez anisotrópica, los criterios de falla pueden ser formulados. La falla será descompuesta en dos modos separados.

Criterios de Falla Concentrado en la Matriz (Matrix-Controlled)

La evidencia más común de fallas concentradas en la matriz son las grietas transversales alineadas a las fibras de las láminas. Cuando dicha falla ocurre en una sola lamina aislada representa una falla completa de la pieza.

Criterios de Falla Concentrado en las Fibras

Aunque puede ser tentador asumir que las fibras son por sí mismas un mecanismo limitador de fallas, por lo general no suele ser el caso. Considerando, por ejemplo, fallas por compresión debido a esfuerzos en la dirección de las fibras σ_{11} . La formación de bandas de torsión es usualmente el mecanismo de falla. Con fibras de alta rigidez, las bandas de torsión se forman con casi ninguna deformación en la dirección de las fibras, pero la torsión causa grandes esfuerzos cortantes en la matriz. Las bandas de torsión ocurren a escala de las láminas. La torsión ocurre instantáneamente lo que esfuerzo σ_{11} de forma proporcional al módulo cortante axial. Aunque el mecanismo básico involucra la deformación de la matriz, es legítimo designar este mecanismo como una falla concentrada en las fibras, debido a que las fibras de alta rigidez juegan un rol esencial, y a que la gran concentración de esfuerzos está relacionada al alto módulo de las fibras. La situación con fallas por tracción axial se debe a la fractura de las fibras y la desalineación de las fibras juegan un papel crucial.

El segundo modo de falla involucra a los términos que no son parte de una falla controlada por la matriz

Debe ser notado que la aplicación de esfuerzos en la dirección de las fibras σ_{11} debe ser en la dirección de deformación de la fibra. De otra forma puede causar que σ_{11} induzca un esfuerzo cortante longitudinal que con seguridad causara una falla concentrada en la matriz.

El significado físico del siguiente criterio de falla anisotrópico es que son la directa contra parte de un criterio de falla isotrópico.

Este último criterio de falla ha sido comúnmente llamado como Máximo Criterio de Esfuerzo. Ha sido considerado un modelo altamente útil en compuestos de fibras de carbono, que se basa en consideraciones de un alto nivel de anisotropía.

Aunque algunos compuestos de fibras de carbono no satisfacen las condiciones de alta anisotropía, pueden aún beneficiarse de ambos modelos. Muchos sistemas con una alta concentración de fibras tienen modos de fallas fuertemente influenciados por su morfología fibra – matriz. Como ejemplo, una grieta transversal en una falla concentrada de la matriz es común en casi cualquier compuesto de fibras.

Fallas Laminas de Compuestos de Fibras Anisotropicos

Los compuestos de fibras son típicamente fabricados en placas, laminados o diversas variaciones de estos, frecuentemente incluyen construcciones de tejidos o trenzados. El tratamiento dado aquí será para laminas planas donde las fibras están alineadas y varias laminas toman diferentes direcciones en el conjunto del laminado. Las fallas a nivel de lámina son complejas y no una materia obvia en términos de deducir una base teórica para el criterio de la falla.

El mejor lugar para comenzar a entender los estados de defectos es entender que pueden y existen en productos comerciales de compuestos de fibras. Estos defectos tienen una profunda influencia en el desempeño de la resistencia del material resultante. Pueden existir fibras rotas, fibras holgadas, fibras desalineadas, despegamiento de fibras, paquetes altos en resina, fracturas, porosidad y la lista podría continuar. El módulo efectivo no depende mucho de estos defectos, pero las fallas claramente sí.

A pesar de tantos defectos, las propiedades de las fibras y de la matriz se combinan para producir un extraordinario balance de propiedades que se mantiene a un alto nivel para la producción de productos de muy alta calidad.

El siguiente punto de importancia es la escala. Un punto donde no hay consenso es en que escala se puede caracterizar la falla. Todos los modos de falla tienen una escala de acción. El problema principal es asignar una escala en particular a cada modo de falla y así caracterizarlo. Los daños ocurren desde una escala molecular hacia arriba. La diferencia de escalas es considerable y relevante para estos casos:

Atómica	ángstroms	10^{-9} m
Tamaño de las Fibras	micras	10^{-6} m
Espesor de las Láminas	milímetros	10^{-3} m
Espesor del Laminado	centímetros	10^{-2} m

Por ejemplo, los pliegues en bandas, no pueden ser prevenidos desde una escala en las fibras. Más en general, fallas macroscópicas no pueden ser predichos por la dinámica molecular. La predicción de fallas macroscópicas debe ser originada de una cuidadosa evaluación a una escala propia al modo de fallo. Decir que una falla macroscópica se originó a una escala de lámina o del laminado depende en gran medida del acomodo de las láminas en el laminado.

Daño Progresivo en Laminados

Tanto las fallas concentradas en la matriz como las fallas concentradas en las fibras pueden ocurrir separadas y secuencialmente durante la carga de varias laminas en el laminado. En algún punto el daño se acumulará en forma de fallas locales donde el laminado será incapaz de resistir su carga original. Lo que comprende, la falla final en un sentido completo.

Por lo que el daño progresivo del laminado es la suma de fallas locales que llevan a la falla completa del laminado.

Los planos interior y exterior deberán ser desacoplados debido a los altos efectos de anisotropía entre ellos. Primero, los casos en los planos interiores deben considerarse a detalle para después dar paso a los planos exteriores o delaminación.

Comenzamos con las fallas para un caso cuasi isotrópico. La forma común involucra el mismo número de láminas en las direcciones de 0, +45, -45 y 90 grados. Las fallas en casos cuasi isotrópicos es probablemente el caso más estudiado.

Las primeras acumulaciones de daños ocurren frecuentemente en fallas en la matriz sobre la lámina. Sin embargo, la secuencia exacta de fallas puede ser determinado por varias de las láminas en estado cuasi isotrópico. Estos son dirigidos por la siguiente secuencia de estados de esfuerzos. Los estados de esfuerzos unidireccionales están alineados con la dirección de las fibras. Los criterios de falla vistos anterior mente a nivel de las láminas son usados en el análisis progresivo del daño.

Tensión Uniaxial

- i. Daño a 90° de la matriz, seguido de
- ii. Daño a $\pm 45^\circ$ de la matriz, seguido de
- iii. Falla en la fibra a 0°

Compresión Uniaxial

- i. Daño a $\pm 45^\circ$ de la matriz, simultáneamente con
- ii. Falla en la fibra a 0°

Tensión Equibiaxial

- i. Daño en toda la matriz, seguido de
- ii. Daño en todas las fibras

Compresión Equibiaxial

- i. Falla en todas las fibras, no hay falla en la matriz

Cortante (Tensión a 0°, Compresión a 90°)

- i. Daño a $\pm 45^\circ$ de la matriz, seguido de
- ii. Daño a 90° de la matriz, seguido de
- iii. Daño a 90° de las fibras

Cuando el modo de falla es concentrado de la matriz, el salto resultante de la deformación a esfuerzo constante es pequeño comparado con el salto la deformación que ocurre cuando las fibras fallan en una lámina particular. Esto motiva a una simplificación aquí designada como daño progresivo “Dominado por las Fibras”. Nuevamente, esto es apropiado para sistemas carbón polímero mientras mantengan su forma general después de la falla.

Daño Acumulativo y Fluencia

Daño

Para propósitos iniciales, se consideran tres tipos diferentes de daños en materiales. Primero, existe un tipo de daño que es fácilmente identificable antes de una falla mayor de rendimiento en el material. Segundo, puede existir una falla aparente que ocurre durante la primera caída de rendimiento del material, pero sigue creciendo durante una fase de carga continua. Tercero, puede existir un tipo de daño apenas observable, a una escala muy pequeña que ocurre durante la fase de carga, pero sin consecuencias apreciables, sino hasta la falla abrupta final.

Estos tres casos son idealizaciones y de hecho casi siempre son respuesta de una compleja combinación de ellos.

Si consideramos la ductilidad de los metales, describiendo la fractura dúctil, esta no ocurre simplemente, primero el material pasa por una deformación plástica de manera dúctil. Durante el esfuerzo, el material se endurece y se forman grietas en el material. Por el contrario, los materiales compuestos de fibras de carbono pasan por un proceso en el que las fibras pueden quebrarse transversalmente antes de mostrar un efecto de deformación. Esto ocurre principalmente en los sistemas de fibra de carbono con matrices poliméricas. La falla transversal de una lámina dentro del laminado puede proveer un punto de nucleación para iniciar el proceso de delaminación. La secuencia de efectos en este tipo de materiales recibe el nombre de daño progresivo.

Daño Acumulativo

El concepto de falla viene de la mano con la fatiga. De ahí los intentos de cuantificar los crecientes estados de daño que usualmente se nombran daños acumulativos. Cuantificar los daños relativos a las fallas nos permiten optimizar los programas de esfuerzos y cargas para revisar eventos de falla causados por sobre cargas. Rupturas por fluencia también se clasifican dentro de los daños acumulativos. Es un daño dependiente del tiempo, que crece hacia la falla del material en polímeros y metales a altas temperaturas.

Se consideran dos formas principales para aproximarse al daño acumulativo. Una es la postulación directa de la forma de daño de conocida como la regla de Miner, y la otra la fuerza residual. Esta última es la reducción instantánea de la resistencia estática del material después de haber sido sujeto a una carga que causo el daño.

Tipos de Bicicleta

Uso para el que la bicicleta fue diseñada

No hay un solo tipo de bicicleta que funcione para todos los propósitos. Existen muchos tipos de bicicletas y existen variaciones en cada tipo. De este modo es posible que existan bicicletas con características que se combinen, pero esto no significa que, aunque la bicicleta parezca que puede usarse en condiciones de un tipo, pueda usarse en otro.



Bicicletas de Alto Desempeño

Condición 1: Bicicletas diseñadas para ser usadas en superficies pavimentadas donde las llantas no pierden el contacto con el suelo.

Destinado: Para ser usado en caminos pavimentados exclusivamente.

Excluido: Para caminos sin pavimentar, competencias tipo cyclocross o como bicicleta de turismo con racks o alforjas.

Compensación: Los materiales usados están optimizados para otorgar tanto el menor peso como el mayor desempeño. Se debe entender que este tipo de bicicletas están destinadas para dar al competidor agresivo una ventaja en el desempeño bajo una pequeña vida útil en el producto; un ciclista menos agresivo dispondrá de un producto con una vida útil por mucho más tiempo. Este tipo de bicicletas requieren una constante inspección y no están diseñados para ser usados en terrenos escabrosos.



Bicicletas de Propósito General.

Condición 2: Bicicletas diseñadas para ser usadas bajo las mismas condiciones que una bicicleta de alto desempeño, pero también pueden ser usadas en caminos de grava y en senderos donde las llantas no pierdan el contacto con el suelo.

Uso Destinado: Para ser usada en caminos pavimentados, caminos de grava o de tierra que estén en buenas condiciones, así como senderos de bicicleta.

Usos Excluidos: Para senderos de bicicleta de montaña o para ningún tipo de brinco o salto en bicicleta. Algunas de estas bicicletas pueden incluir una suspensión, pero está diseñada para añadir confort y no capacidades de amortiguamiento ante impactos o saltos. Algunas incluyen llantas anchas y con tacos para adaptarse mejor a condiciones de grava o tierra, mientras que otras se equipan con llantas delgadas para hacerlas más rápidas sobre el pavimento.



Bicicletas de Cyclocross.

Condición 2: Bicicletas diseñadas para ser usadas bajo las mismas condiciones que una bicicleta de alto desempeño, pero también pueden ser usadas en caminos de grava y en senderos donde las llantas no pierdan el contacto con el suelo.

Uso Destinado: Para ser usadas en circuitos de cyclocross, tanto en entrenamiento como en competencia. El cyclocross involucra montar la bicicleta sobre una variedad de terrenos y superficies que incluyen tierra, arena y lodo. Las bicicletas de cyclocross también funcionan bien como una bicicleta para todo tipo de clima o como una bicicleta para ir al trabajo bajo cualquier condición de terreno dentro de una zona urbana.

Usos Excluidos: Para senderos de bicicleta de montaña o para ningún tipo de brinco o salto en bicicleta. Los competidores de cyclocross desmontan su bicicleta antes de alcanzar algún obstáculo, cargan la bicicleta sobre el obstáculo y después vuelven a montar. Suelen ser más rápidas que una bicicleta de montaña tradicional pero no son igual de resistentes.



Bicicletas de Cross Contry, Maratón y Rígidas.

Condición 3: Bicicletas diseñadas para ser conducidas bajo las condiciones 1 y 2, además de poder pasar por senderos de montaña, pequeños obstáculos y áreas técnicas llanas, incluyendo áreas donde se pierda momentáneamente el contacto con el suelo. Todas las bicicletas de montaña sin suspensión trasera se deben usar bajo la condición 3 así como algunas bicicletas con suspensión trasera de bajo peso.

Uso Destinado: Para ser usadas en entrenamientos o competencias de Cross Contry con una variedad amplia de terrenos. El equipamiento de las bicicletas de Cross Contry y de Maratón suele ser ligero y favorece la agilidad sobre la resistencia.

Usos Excluidos: Para ser usada en competencias de Freeride, Downhill o Dirt Jump, o bajo condiciones de uso muy agresivas.

Compensación: Las bicicletas de Cross Contry son ligeras, rápidas en subidas y mucho más ágiles que bicicletas para All-Mountain. Compensan resistencia por eficiencia en el pedaleo.



Bicicletas de Trail o All Mountain.

Condición 4: Bicicletas diseñadas para ser usadas bajo las condiciones 1, 2 y 3, además de poder ser usadas en áreas técnicas y poder pasar sobre obstáculos moderados y realizar pequeños saltos.

Uso Destinado: Para ser usadas en senderos de montaña y poder subir pedaleando. Son bicicletas con suspensiones más grandes que las bicicletas de Cross Contry, lo que les permite para sobre obstáculos y realizar brincos moderados.

Usos Excluidos: No están diseñadas para usos en disciplinas extremas como el Freeride, Downhill o Dirt Jump. Tampoco se deben brinca grandes bajadas o realizar grandes saltos.

Compensación: Las bicicletas de Trail están diseñadas para transitar terrenos difíciles, pero suelen ser más pesadas que una bicicleta de Cross Contry.



Bicicletas de Deportes Gravity, Freeride o Downhill.

Condición 5: Bicicletas diseñadas para brincar, descender a alta velocidad o una conducción agresiva sobre terrenos escabrosos. Este tipo de conducción es altamente peligroso y ejerce fuerzas impredecibles sobre la bicicleta que puede llevar a la falla de alguno de sus componentes, por lo que se recomienda tener las precauciones adecuadas y realizar una inspección frecuente sobre la bicicleta y su equipo.

Uso Destinado: Para ser usada en el más difícil de los terrenos.

Compensación: Las bicicletas de Downhill y Freeride son las más resistentes, pero también son difíciles de pedalear y suelen ser mucho más pesadas que cualquier otro tipo de bicicleta.



Bicicletas de Dirt Jump

Condición 5: Bicicletas diseñadas para saltar y aterrizar sobre diferentes superficies. Este tipo de conducción es altamente peligroso y ejerce fuerzas impredecibles sobre la bicicleta que puede llevar a la falla de alguno de sus componentes, por lo que se recomienda tener las precauciones adecuadas y realizar una inspección frecuente sobre la bicicleta y su equipo.

Uso Destinado: Para ser usada en brincos hechos por el hombre, rampas y parques de patineta u otros obstáculos predecibles y terrenos donde el ciclista pueda usar sus habilidades de control sobre la bicicleta sin depender de la suspensión.

Usos Excluidos: Terrenos con grandes brincos donde se necesiten una gran cantidad recorrido en la suspensión para amortiguar el aterrizaje o para mantener el control.

Compensación: Las bicicletas de Dirt Jump son más ligeras y ágiles que las bicicletas de Freeride, pero suelen tener suspensiones más pequeñas o carecer de suspensión trasera.

Análisis de falla en componentes de bicicleta de materiales compuestos de fibras de carbono.

Caso 1

Bicicleta: Tarmac SL7 Expert, Tipo de uso 1 Bicicleta de Alto Desempeño.

Componente Dañado: Cuadro

Razón para iniciar el proceso:

El cliente nos comenta que al lavar su bicicleta visualiza una grieta en la vaina superior izquierda y la trae para verificar el estado de la bicicleta.

Descripción del Ciclista:

El cliente es un ciclista entusiasta y competidor aficionado, la bicicleta la usa para competir en carreras de ruta y triatlón. La bicicleta es la apropiada para su peso y estatura y cumple periódicamente con sus intervalos de servicio.

Documentación Fotográfica, Examinación Visual:



Revisión de la falla:

Se observa una fractura que recorre el perímetro completo de la vaina superior izquierda (seatstay). No hay marcas que indiquen algún impacto.

Aunque la grieta recorre el perímetro alrededor de la vaina, esta no ha perdido su forma y el cuadro mantiene su geometría.

Análisis:

Este tipo de fallas (fracturas en alguna de las vainas superiores) es común observarlas en bicicletas que han sido usadas en entrenadores fijos o rodillos. Al montar la bicicleta a estos dispositivos se expone la bicicleta a esfuerzos de torsión que no están consideradas en el diseño original.



Las fracturas debido a esfuerzos de torsión presentan una grieta a 45° en dirección de la aplicación del esfuerzo. Son fracturas frágiles en los cuales la matriz del material compuesto falla antes que las fibras del compuesto. A este tipo de fractura se le denomina Falla debido a la Matriz.

En este caso la lámina exterior se vio afectada, esto se puede corroborar por que la geometría del componente no se ha visto afectada, sin embargo, cuando ocurre una Fallada debido a la Matriz, la falla de una lámina aislada representa la falla completa del componente.

Conversación subsiguiente a la revisión del caso:

Se confirma con el cliente que usó la bicicleta en un rodillo fijo.

Conclusión:

La matriz de un material compuesto suele ser un elemento relativamente flexible, sin embargo, el alto módulo de las fibras del compuesto suele funcionar como un concentrador de esfuerzos en dirección de las fibras. Los fabricantes suelen tener esto en consideración cuando se diseñan un componente como el cuadro.

El uso de un entrenador fijo cambia la distribución de esfuerzos de manera considerable a un uso normal y es difícil predecir la forma en la que el rodillo interactuara con la bicicleta. En general no se recomienda el uso de entrenadores fijos o rodillos en bicicletas de materiales compuestos.

Caso 2

Bicicleta: Aethos Comp, Tipo de uso 1 Bicicleta de Alto Desempeño, categoría Super Ligera.

Componente Dañado: Cuadro

Razón para iniciar el proceso:

El cliente trae su bicicleta para un ajuste en la transmisión ya que ésta no funciona correctamente.

Descripción del Ciclista:

El cliente es un ciclista entusiasta que usa la bicicleta para mantenerse en forma y como medio recreativo. La bicicleta es la correcta para su peso y estatura.

Documentación Fotográfica, Examinación Visual:



Revisión de la falla:

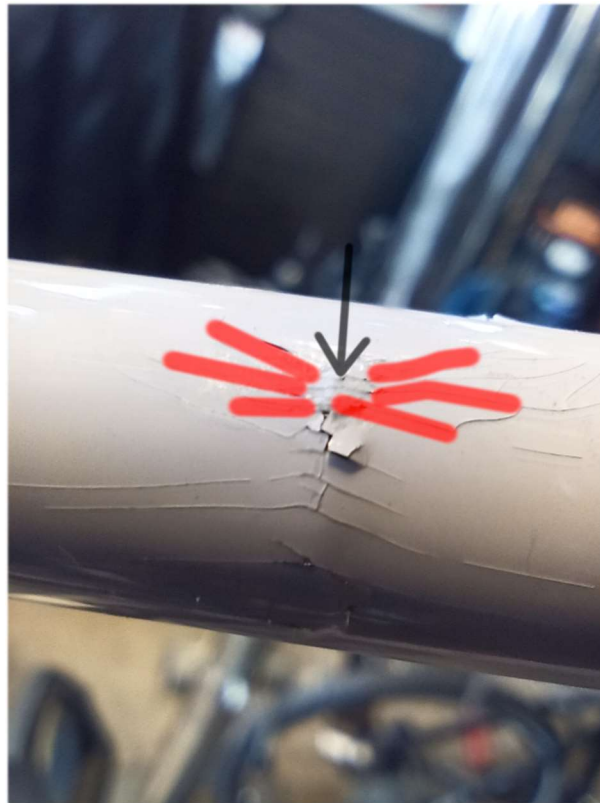
Al revisar la bicicleta notamos que tiene un impacto en la vaina superior izquierda (chainstay), del lado derecho el desviador trasero presenta diferentes golpes en su estructura y el rin presenta marcas de un golpe contundente en su superficie.

Se revisa la integridad del cuadro y este presenta una deformación por lo que la geometría del cuadro ya no se mantiene. Esto explica por qué los cambios de la transmisión no se realizaban correctamente.

Se realizó una prueba de carga estática sobre el asiento de la bicicleta y esta flexionó más allá de la tolerancia de diseño, lo cual demuestra que el cuadro ya no cumple con sus características de diseño originales y no se recomienda más su uso.

El aro presenta solo rasguños estéticos y los rayos conservan su tensión original.

Análisis:



El patrón en el que se formaron las grietas y su distribución radial son indicadores de un impacto. El golpe en la pared del aro sugiere lo mismo. Se intuye que después del impacto la bicicleta se cayó golpeando el desviador trasero produciendo las marcas en él.

Cuando un material compuesto de fibras es sujeto a un impacto este puede fallar de manera elástica o puede presentar una falla frágil, como la que se distingue en este ejemplo. Los elementos distintivos de este fallo son la falla en las fibras del material compuesto, la formación de grietas y fracturas en la matriz alrededor del punto de impacto, el desprendimiento de las fibras de la matriz y finalmente la delaminación del material.

Conversación subsiguiente a la revisión del caso:

El cliente no confirmó haber tenido un golpe o un accidente en su bicicleta. Mantiene su versión inicial de que sólo traía su bicicleta a un ajuste de transmisión.

Conclusión:

Los materiales compuestos de fibra por sus propiedades no son los mejores para ser expuestos a fuertes impactos. En general las vainas de una bicicleta están diseñadas para soportar esfuerzos de flexión y compresión longitudinales a la dirección de la vaina y no impactos o esfuerzos laterales.

Los materiales compuestos de fibras hacen uso del alto módulo de las fibras para usarlas como elementos que les permita disipar una gran energía en forma elástica, debido a la alta anisotropía del material, el esfuerzo debe estar orientado en la dirección preferencial del laminado. Esta consideración se ve durante la etapa de diseño y se toman restricciones

entre el peso del componente contra resistencia al calcular la cantidad y la dirección de cada lamina.

Las fracturas por impacto no están cubiertas por las políticas de garantía ya que el daño fue ocasionado por mal uso del ciclista. Dicho cuadro ya no cumple con los requisitos mínimos de seguridad para usarse.

Caso 3

Bicicleta: Diverge E5 Comp. Tipo de uso 2 Bicicleta de Ciclocross/Gravel.

Componente Dañado: Tijera.

Razón para iniciar el proceso:

El ciclista trae su bicicleta después de haber sufrido un percance vehicular, un auto dio una vuelta prohibida y el ciclista impactó el costado del auto con el frente de su bicicleta. Nos pide que revisemos el estado general de su bicicleta y que elaboremos un documento donde nombremos las fallas y el coste de las reparaciones para que el seguro las pague.

Descripción del Ciclista:

El ciclista usa bicicleta como medio de transporte diario y de forma recreativa. La bicicleta es la correcta para su peso y estatura; el usuario realiza servicios de mantenimiento a su bicicleta con regularidad.

Documentación Fotográfica, Examinación Visual:



Revisión de la falla:

Se realizó una revisión completa de la bicicleta, se buscan marcas de impacto, golpes, rayones o cualquier desperfecto en general.

Se realizó una prueba donde se aplicó una carga estática en la parte superior del manubrio, en orientación perpendicular al suelo, se hizo distinguible cierta holgura en la horquilla y el tubo de dirección del cuadro de la bicicleta. A simple vista se aprecian unas pequeñas muescas en la unión entre el tubo de dirección del cuadro y la corona de la horquilla. Al desmontar la horquilla se observa una grieta que recorre la mitad de la circunferencia de la horquilla, así como otra que crece perpendicularmente

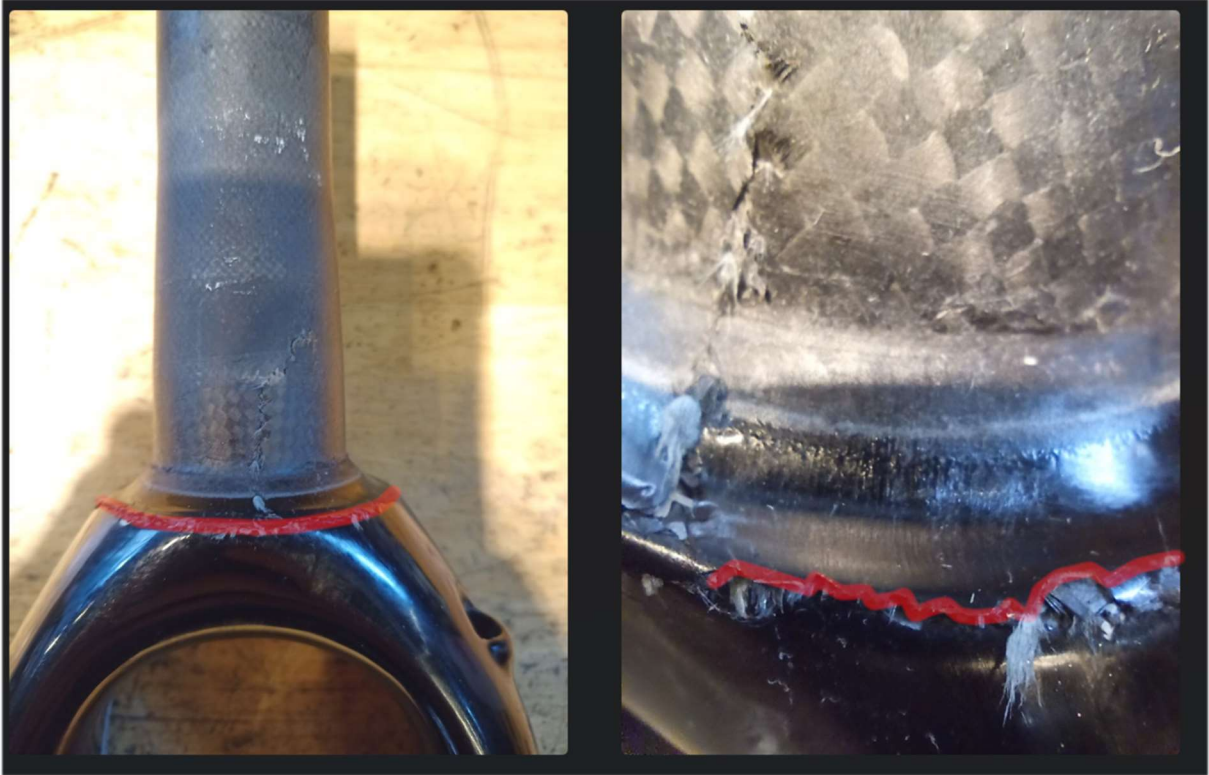
Análisis:



En color amarillo podemos observar las fibras fracturadas y desprendidas de la matriz, ejemplo de una falla frágil en un material compuesto de fibras de carbono. También podemos observar en la misma zona como la matriz ha mantenido su geometría sin presentar una fuerte deformación. A diferencia de los materiales metálicos, que al presentar un impacto pasan por una etapa de deformación plástica, los materiales compuestos tienen muy poca o nula capacidad de deformación plástica. Las fibras aquí actúan como concentrador de esfuerzos y se fracturan en la dirección del laminado como se ve en las líneas blancas.



La corona de la horquilla es un elemento donde ocurre un cambio significativo de geometría en el componente por lo que también se convierte en un concentrador de esfuerzos. Cuando se diseña una horquilla se tiene esta función presente y se hacen las consideraciones necesarias para que sea un elemento que resista las cargas a las que se verá expuesta en uso cotidiano.



En este punto, marcado en rojo podemos observar la delaminación en la base de la corona. El desprendimiento ocurre en circunferencia frontal de la horquilla. Se puede considerar que el impacto origina un punto de nucleación para que iniciase la delaminación y subsiguiente a este instante ocurra una caída de rendimiento en el material.

Se puede resaltar también que son visibles las fibras desprendidas de la matriz completamente.

Estos elementos descritos se consideran prueba de un impacto contundente en dirección normal al frente de la horquilla. Este impacto supero el esfuerzo máximo de diseño para la horquilla de bicicleta.

Conversación subsiguiente a la revisión del caso:

En este caso se realizó una hoja de dictamen de fallos y desperfectos para la aseguradora del automovilista, se incluyó el remplazo de la tijera y del rodamiento inferior del tubo de dirección.

Conclusión:

Cuando un impacto ocurre, los materiales pueden disipar la energía de este a través de diferentes medios, como lo son el calor, el sonido o por medio de una deformación plástica. Alternativamente a la deformación puede ocurrir penetración o fragmentación.

Sin embargo, los materiales compuestos de fibras, a diferencia de otros materiales como los metales, suelen sufrir un daño irreversible que puede mostrarse de manera local o estructural.

Este tipo de fallas incluyen fallas en las fibras, microgrietas en la matriz, desprendimientos de las fibras de la matriz, delaminación y fibras arrancadas de la matriz. Estos 5 elementos son observables en este ejemplo, pero no siempre son visibles todos los factores.

Los materiales compuestos de fibra de carbono son altamente susceptibles a fallar por impactos, sin embargo, las horquillas están diseñadas resistir golpes frontales, en este caso, el impacto con un automóvil excedió el esfuerzo de diseño.

Caso 4

Bicicleta Venge Expert, Tipo de uso 1 Bicicleta de Alto Desempeño.

Componente Dañado: Manubrio.

Razón para iniciar el proceso:

El ciclista trae su bicicleta a revisión, notó un movimiento anómalo en el lado derecho del manubrio y nos pide que revisemos la bicicleta.

Descripción del Ciclista:

El cliente es un ciclista de alto desempeño, usa su bicicleta para competir en triatlón y competencias de ultra endurance. La bicicleta es la apropiada para su estatura y peso. El usuario realiza periódicamente servicios de mantenimiento a su bicicleta.

Documentación Fotográfica, Examinación Visual:



Revisión de la falla:

Se aplicó una carga estática al manubrio y se comprobó que se presentaba fluencia o movimiento en una pieza que debería ser rígida. Se quitó la cinta de agarre que recubre el manubrio y se fotografió la fractura del material. Se revisó que no exista algún signo de golpe o impacto, revisando la maleta de freno, marcas en el manubrio o en las cintas de agarre. Todos estos elementos se encontraban en buenas condiciones.

Análisis:

La falla ocurre justo al lado de un agujero, el cuál actuó como un concentrador de esfuerzos. Esta fractura también ocurre en una zona sujeta a un cambio significativo en la geometría del componente. Sin embargo, esta pieza está diseñada para soportar este tipo de esfuerzos.



Al revisar se puede ver la fractura de varias laminas y la subsiguiente fractura de los hilos dentro de cada lamina.

Este tipo de falla se clasifica como Daño Progresivo en Laminado, sucede cuando existen fallas concentradas en las fibras. Estos daños se acumulan de manera local por lamina, hasta que esta última es incapaz de soportar la carga y ocurre la falla.

La falla se repite en las diferentes laminas siguiendo la dirección de las fibras de cada laminado, es por esta razón que se da el patrón que se observa en color rojo.



Como se puede ver aún hay laminas que se mantienen unidas, sin embargo, las láminas externas ya han fallado y debido a la presión que se ejerce, el laminado inferior el que más se ha dañado.

Conversación subsiguiente a la revisión del caso:

Se le informó al cliente que este componente ya no es seguro para usarse y debe ser reemplazado.

Conclusión:

Este tipo de falla puede iniciarse de manera pequeña y localizada sin presentar evidencias a simple vista. La falla ocurre en un punto de nucleación y se disipa a partir de ahí. Las fibras del material se quiebran transversalmente poco a poco sin mostrar un efecto perceptible o una deformación plástica. A esto le sigue una caída repentina en el rendimiento del material al seguir aplicando carga sobre este y finalmente la falla abrupta del componente.

El componente presenta un Daño Progresivo en Laminado, lo cual se asume como un Defecto Originado en la Fabricación, por lo mismo entra dentro de las políticas de garantía y se procedió a su remplazo.

El personal del taller debe estar siempre atento a signos que evidencien este tipo de fallas a niveles locales durante el mantenimiento y revisión del equipo.

Caso5

Bicicleta Stumpjumper SW, Tipo de uso 4 Bicicleta de Trail.

Componente Dañado: Aro delantero.

Razón para iniciar el proceso:

El cliente trae su bicicleta para revisar la rueda delantera. Nos comentó que, durante su última competencia, tuvo un impacto con una raíz de un árbol, por el golpe la llanta se desinfló y no pudo volver a inflarla. El rin tiene un pliegue que le preocupa y quiere saber si es seguro seguir usando esa rueda.

Descripción del Ciclista:

El cliente es un ciclista de alto desempeño. Usa su bicicleta en competencias de Enduro y de manera recreacional. La bicicleta es la apropiada para su peso y estatura. El usuario realiza servicios de mantenimiento a su bicicleta de manera periódica.

Documentación Fotográfica, Examinación Visual:



Revisión de la falla:

Se retiró la llanta, el líquido sellador y la cinta del rin. Se limpió la superficie y se corroboró la integridad de los rayos con ayuda del medidor de Tensión de Rayos TM-1. Desarmamos la rueda para dejar solo el rin y así verificar su integridad.

Como se observa en la foto anterior, el rin ya no es recto y se observa una grieta en la matriz en la parte central del rin.

Análisis:

Podemos observar como la matriz del componente presenta grietas y deformaciones en el área afectada, sin embargo, las fibras del compuesto no presentan fracturas. Este tipo de falla se denomina Bandas de Torsión, debido al alto módulo de las fibras del compuesto, estas funcionan como un concentrador de esfuerzo lo que causa un esfuerzo cortante elevado en la matriz del compuesto.

En la fotografía 5.d podemos observar como la diferentes laminas no presentan fracturas en sí mismas, pero sí se han separado una de otra del laminado



También es posible apreciar la dirección de las fibras y como la matriz se ha deformado en diferentes partes del rin siguiendo la dirección de las fibras.



Conversación subsiguiente a la revisión del caso:

Se le informó al cliente que este componente ya no es seguro para usarse y debe ser reemplazado.

Conclusión:

Muchas veces se considera que las fibras de un material compuesto funcionan como un mecanismo limitador de falla, sin embargo, cuando existe compresión en la dirección de las fibras, éstas generan bandas de torsión. En este mecanismo de falla, las fibras presentan muy poca o ninguna deformación y funcionan como un elemento concentrador de esfuerzos en la matriz de material compuesto. La torsión ocurre de manera instantánea lo que provoca

que las láminas se separen y por lo tanto el componente falle. Es común en este tipo de fallas observar pliegues o deslizamientos de láminas sin que las fibras se rompan.

Hay que recalcar que, si bien el rin de la rueda fue impactado, esta pieza está diseñada para soportar este modo de carga y cumple dentro de sus parámetros de diseño.

Este evento se define como una Falla Concentrada en las Fibras y se asume como un Defecto Originado en la Fabricación del componente, por lo mismo entra dentro de las políticas de garantía y se procedió a su remplazo.

Conclusiones

¿Qué me ha dejado mi puesto de trabajo?

En mi puesto de trabajo he tenido la posibilidad de trabajar en el mundo del ciclismo profesional, semiprofesional y entusiasta. A partir de mi formación académica, y de los conocimientos adquiridos al largo de la carrera de Ingeniería Mecánica, he podido ofrecer un servicio profesional y de calidad a los problemas técnicos de mi labor cotidiana. Dichas soluciones se encuentran respaldadas en las investigaciones científicas y la actualización que realizo constantemente.

Este trabajo me ha permitido observar y estudiar la implementación y el comportamiento de diferentes materiales ingenieriles; dentro de los cuales podemos incluir diferentes aleaciones de aluminio, aceros, aleaciones de titanio y materiales compuestos con fibras de carbono (siendo este último material en el que me he enfocado para el desarrollo de este reporte). Mi trabajo diario me ha permitido conocer cómo se desempeñan dichos materiales de la ingeniería en el mundo real; así mismo he constatado algunos mecanismos que influyen en el desgaste y estrés de los materiales mencionados, por ejemplo: la salinidad del ambiente, los esfuerzos bajo los que están sometidos o los compromisos de diseño, por mencionar algunos.

En la atención al cliente, mi trabajo no solo consiste en diagnosticar y reparar bicicletas, sino también debo evaluar y ayudar en la selección de las bicicletas adecuadas de acuerdo con el perfil del usuario. Por ejemplo, esta labor debo evaluar las propiedades del material, las ventajas de diseño y componentes acordes a las necesidades valoradas.

Por último, puedo señalar como parte de mis labores el hacer diagnósticos claros de elementos y distinguir los mecanismos de falla en los diversos componentes que forman una bicicleta. Sugerir el mantenimiento adecuado, así como los componentes de lubricación para el óptimo funcionamiento dependiendo de las diferentes condiciones ambientales donde se use la bicicleta. Mis conocimientos académicos de materiales se han complementado con la experiencia en vivo y me han ayudado a afrontar y resolver diferentes retos dando resultados certeros y concisos.

¿En qué le he ayudado a la empresa donde yo laboro?

Principalmente he ayudado a la profesionalización del trabajo de servicio, compartiendo metodología con mis compañeros o llevando a cabo instrucciones y modelos que le den un respaldo a nuestro trabajo.

Adicionalmente, mantengo una comunicación clara y con fundamentos científicos y técnicos con los clientes que buscan una respuesta a sus inquietudes respecto a la falla en un producto de alto desempeño para que de esta manera sientan confianza en los resultados de los diagnósticos y las pruebas que se realizan en el centro de servicio. Siempre buscando la honestidad y seguridad.

¿Qué le sugeriría a la escuela?

Finalmente hago las siguientes propuestas a la Universidad con base en mi experiencia laboral. Si bien en el área científica y de desarrollo gozamos de un excelente nivel he observado que tenemos una gran área de oportunidad en la divulgación científica con un enfoque humanista.

Desde mi perspectiva es importante que los egresados de la facultad tengan la habilidad de explicar temas complejos en un lenguaje accesible y claro. Es decir que sepamos comunicar de manera sencilla, sin tecnicismos, ni pretensiones para que el resto de la población se interese e involucre en la creación y divulgación de conocimiento científico. Las personas con las que nos comunicáremos aprecian cuando somos capaces de explicar y resolver sus dificultades en un lenguaje comprensible y estructurado. Sería interesante implementar ferias de divulgación o espacios lúdicos donde los alumnos de las carreras de ingeniería se comuniquen con públicos ajenos al área de las ciencias exactas y de esta forma aprenderíamos a expresar nuestras ideas a un público diferente y diverso.

Finalmente, saber gestionar un equipo de trabajo es fundamental; entender el liderazgo, la responsabilidad y la motivación de un equipo son herramientas que he tenido que aprender sobre la marcha. Si bien el trabajo en equipo en la escuela me dio las herramientas para trabajar con diferentes personas, era un ambiente horizontal donde la responsabilidad era compartida de manera igualitaria entre los miembros. Ahora que estoy en una posición donde tengo personal a mi cargo, he tenido que hacerme responsable de diferentes factores humanos para los que no estaba preparado. Prepararnos para tomar decisiones en cuestión de recursos humanos, cursos de sensibilización laboral o liderazgo es algo que me gustaría ver en el futuro de los planes de estudio de la facultad.

Bibliografía

Charles Brooks, Ashok Choudhury. *Failure Analysis of Engineering Materials*. McGraw Hill Professional, 2001.

Charles lipson. *Wear Considerations in Design*, EUA, Prentice-Hall, 1967.

Janos J Gertler. *Fault Detection And Diagnosis In Engineering Systems*, New York, M. Dekker, 1998.

John E. Masters. *Damage Detection in Composite Materials*. ASTM, 1992.

S. R. Reid, G. Zhoun. *Impact Behaviur of Fiber-Reinforced Composite Materials and Structures*. CRC Press, 2000.

Specialized Bicycle Components, Inc. *SBCU Retailer Handbook*. Planeta, 2019.

ISO 4210-1:2023 Bicicletas- Requisitos de seguridad Parte 1: Vocabulario