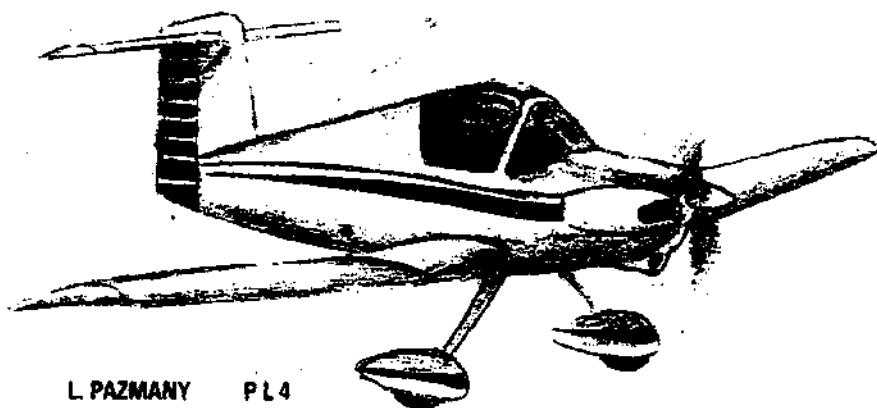


EAA

FILIAL 722

Argentina

ASOCIACION AERONAVES EXPERIMENTALES
EXPERIMENTAL AIRCRAFT ASSOCIATION



3

ESFUERZOS EN LA ESTRUCTURA DE AVIONES

N.O. ANDERSON

ESFUERZOS EN LA ESTRUCTURA DE AVIONES

En muchas obras de ingeniería, la práctica corriente es calcular de antemano el peso que habrá de sostener la estructura y luego construirla con la resistencia necesaria para soportar muchas veces la carga calculada. En la construcción de edificios, puentes y otras estructuras por el estilo, algunas veces es posible emplear materiales que ordinariamente resultarían inadecuados para el fin a que se les destina, mediante el simple expediente de aumentar el tamaño y, por consiguiente, el peso de las partes. Este procedimiento no puede adoptarse en la fabricación de aeroplanos porque el proyectista debe tener siempre en cuenta la combinación de resistencia adecuada y peso liviano.

Por esta razón deberá ejercerse el mayor cuidado en la selección del material y en el trazado de las estructuras de aeroplanos para obtener un todo en el que se combinen las cualidades de resistencia adecuada con poco peso. En relación con el trazado de aeronaves, deberá practicarse un análisis cuidadoso de los esfuerzos que experimenta cada estructura y cada pieza, y por esta razón, los materiales para cada una de las partes de la estructura deben escogerse con el mayor cuidado, prefiriéndose aquéllos cuyas características de resistencia se adapten específicamente a los esfuerzos que hayan de desarrollarse en la pieza o miembro de que se trate.

En la manufactura de aeronaves, lo mismo que en su conservación, es de suma importancia conocer bien las diferentes clases de esfuerzos que puede sufrir cada miembro, pues de lo contrario se correría el riesgo de descuidar las reparaciones o reemplazos indispensables o, como resultado de dichas reparaciones y reemplazos, de debilitar la estructura. El piloto deberá poseer un conocimiento fundamental de los problemas de esfuerzos que tuvieron que enfrentar el ingeniero al concebir el aeroplano y el mecánico al mantenerlo en perfecto estado. En este capítulo se presenta un breve análisis de las diferentes clases de esfuerzos que pueden desarrollarse en las estructuras de aeronaves.

EFFECTO CAUSADO POR FUERZAS EXTERNAS

Cuando un cuerpo sólido sufre la acción de una fuerza externa, se desarrollan en él fuerzas de resistencia internas que compensan la fuerza que se le aplica. Las fuerzas internas que se desarrollan entre las partículas adyacentes de este cuerpo sólido se denominan *esfuerzos*. El esfuerzo de cada unidad es el grado de fuerza interna por área unidad y se mide en libras de carga por pulgada cuadrada de área transversal.

El cuerpo que sufre la acción de la fuerza externa cambia de forma; sufre deformación. La deformación producida se denomina *esfuerzo de deformación*. El esfuerzo de deformación tensional se mide en pulgadas de alargamiento por pulgadas de longitud del material.

CLASES DE ESFUERZOS

Según la disposición y curso de las fuerzas externas, los esfuerzos producidos en un cuerpo pueden ser los siguientes: esfuerzos de tensión, compresivos, cortantes, de flexión, de torsión y combinados.

Cada una de las partes de la estructura del aeroplano puede verse sometida a uno o varios de estos esfuerzos. Aunque es posible que las partes integrantes del aeroplano no tengan secciones transversales uniformes, bastará con que expliquemos aquí la naturaleza de los diferentes esfuerzos en la suposición de que las fuerzas externas ejercen su acción sobre una barra de sección transversal uniforme en todos los casos.

ESFUERZOS DE TENSIÓN

Cuando las fuerzas externas ejercen su acción sobre los extremos de una barra, hacia afuera, se denominan *fuerzas de tensión*. Estas fuerzas tiran de las fibras del material en sentido opuesto.

De este modo, en (a), figura 1, dos fuerzas de tensión, ambas iguales a P , ejercen su fuerza, respectivamente, en cada extremo de una barra cuya sección transversal es A . MN es un plano imaginario perpendicular (en ángulo recto) al eje de la barra. Suponiendo que las dos secciones de la barra se

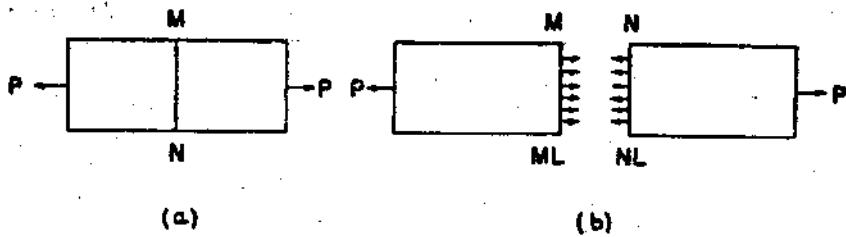


FIGURA 1.—Acción de fuerzas de tensión.

separaran una de otra, como se ve en (b), el equilibrio de cada parte se mantendrá mediante la aplicación de fuerzas externas equivalentes a los esfuerzos de resistencia, conforme puede verse en el dibujo. Estos esfuerzos de resistencia obran perpendicularmente a la sección transversal A , y en cada caso ejercen su fuerza en sentido contrario al de la fuerza P , en la parte respectiva.

Si estas fuerzas se aplican en sentido contrario, o sea hacia el centro de la barra, se emplea el término *compresión*. Supongamos que S es el esfuerzo de tensión o compresión que actúa perpendicularmente en cualquier sección transversal de una barra cuyo corte transversal sea A . En este caso, $S.A$ es el esfuerzo total sobre la sección que se distribuye uniformemente sobre la superficie A . Cuando la fuerza P actúa a lo largo del eje de la barra, tendremos que:

$$P = S \times A$$

En consecuencia, una de las cantidades podrá calcularse cuando se conozcan las otras dos. Si la fuerza de tensión S de una barra de madera es de 10.500

libras por pulgada cuadrada y la barra se somete a un tirón P de 84.000 libras, la superficie de la sección transversal que deberá tener A , será

$$A = \frac{P}{S} = \frac{84.000}{10.500} = 8 \text{ pulgadas cuadradas.}$$

ESFUERZOS COMPRESIVOS

La figura 2 muestra la apariencia general de una columna corta que ha sido sometida a esfuerzo de compresión hasta fallar o deformarse. Si el esfuerzo compresivo se distribuye uniformemente por toda el área de la sección transversal, la falla ocurrirá cuando la intensidad del esfuerzo alcance un valor crítico. Si el material es dúctil, fluirá, cambiando así su posición, pero

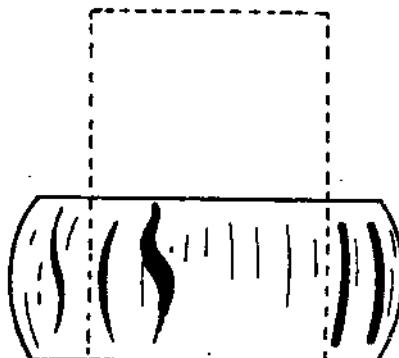


FIGURA 2.—Falla del material por esfuerzos de compresión.

si es frágil es posible que se corte y se rompa. Por ejemplo, aplístese con el pie un trozo de plomo blando y tendremos un resultado muy diferente del que se obtiene al pisar y triturar un pedazo de hielo. Al cesar la carga, el material blando sólo recobra parcialmente su forma primitiva, a pesar de ser muy elástico, y quedará deformado permanentemente. Esto se denomina falla plástica, puesto que ocasiona la deformación plástica del material. Por lo regular, el esfuerzo crítico que origina la falla es el punto de falla de compresión del material.

ESFUERZOS CORTANTES

Cuando dos fuerzas opuestas, de igual intensidad, actúan en ángulo recto en relación con el eje de una barra y están muy próximas entre sí, se denominan *fuerzas cortantes*. Estas fuerzas tienden a cortar o quebrar la barra. Su acción es muy semejante a la de unas cizallas. Los esfuerzos cortantes obran paralela y transversalmente en relación con la superficie transversal, como queda representado por la figura 3, que muestra un remache bajo esfuerzos cortantes sencillo y doble.



ESFUERZO CORTANTE SENCILLO



ESFUERZO CORTANTE DOBLE

FIGURA 3.—Fuerzas cortantes en un remache.

ESFUERZOS DE FLEXIÓN

Si se fija una barra o una viga por uno de sus extremos y se aplica una carga o fuerza externa al otro extremo, en ángulo recto con el eje, la reacción resultante es muy compleja. La acción de flexión causada por la carga aplicada, o el *momento de flexión*, en cualquier punto a lo largo de la viga, se determina por el producto de la multiplicación de la carga por la distancia a que ésta se halle de la sección del larguero de que se trate. En este tipo de larguero, conocido como *cantilever*, el momento de flexión llega al máximo en el punto de apoyo.

En el caso usual de una viga sostenida por ambos extremos, con una carga concentrada en el centro de su extensión; el momento de flexión máximo ocurre en dicho centro, y si los demás factores son normales, al recargarse el peso sobre la viga la rotura ocurrirá en ese punto.

ESFUERZOS DE TORSIÓN

Cuando las fuerzas ocasionan momentos de torsión que hacen que un órgano se tuerza o gire alrededor de un eje, ocurrirán deformaciones de torsión.

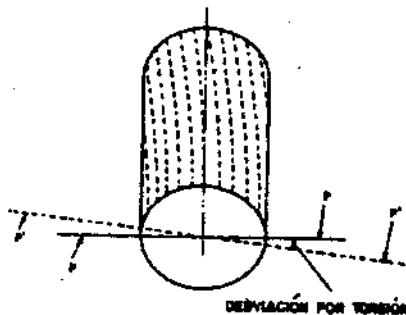


FIGURA 4.—Esfuerzos de torsión en una barra redonda.

Si se fija un tubo largo por uno de sus extremos y se le aplica un momento de torsión en el otro, cada elemento longitudinal del tubo asumirá una forma espiral parecida a la rosca de un tornillo. Si el tubo sufre leves momentos de torsión, la deformación o ángulo de torcimiento será proporcional al momento de torsión hasta el límite elástico del material.

Fundamentalmente, el esfuerzo que sufre el material que se somete a torsión es un esfuerzo cortante. Si el material no sufre un esfuerzo que sobrepase su límite elástico, la torsión es inversamente proporcional al módulo cortante de la elasticidad del material.

LÍMITE DE ELASTICIDAD

Como ya se ha manifestado antes, cuando un cuerpo se somete a una carga cada vez mayor, ésta por deformarse y, hasta cierto punto, el grado de la deformación o esfuerzo sufrido es proporcional a la carga aplicada. El límite de elasticidad es el punto del esfuerzo, o la unidad de esfuerzo en que la deformación comienza a ocurrir con más rapidez que el aumento de la carga aplicada. El límite elástico se denomina también "límite proporcional."

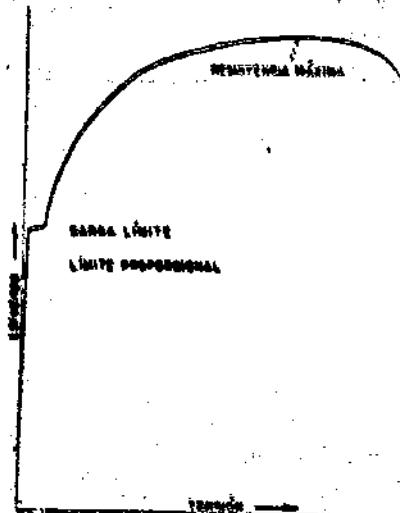


FIGURA 5. - Diagrama de esfuerzo y tensión.

CARGA LÍMITE

Se llama carga límite o *esfuerzo mínimo de deformación permanente* a una carga que sin aumentar de peso incrementa el alargamiento de una pieza metálica. Si se aumenta gradualmente el esfuerzo que sufre una pieza de metal después de haberse alcanzado el punto de carga límite, se observará un estiramiento o alargamiento súbito mayor que la cantidad total de extensión elástica.

RESISTENCIA MÁXIMA

La *resistencia máxima* es el término empleado para designar el esfuerzo máximo por unidad que un miembro puede sostener. La resistencia máxima de los materiales a la rotura es la base de los análisis de resistencia estructural en los Estados Unidos.

COEFICIENTE DE SEGURIDAD

La razón entre la resistencia máxima de un miembro y la carga máxima probable que éste ha de soportar es el *coeficiente de seguridad*. Por ejemplo, supongamos que una columna de acero bajo la carga máxima probable sufre un esfuerzo de 20.000 libras por cada pulgada cuadrada de superficie de la sección transversal bajo compresión. Si la columna se desploma al ser sometida a un esfuerzo de 30.000 libras por pulgada cuadrada, el coeficiente de seguridad es

$$\frac{30.000}{20.000} = 1,5.$$

REDUCCIÓN DE SUPERFICIE

En un miembro fracturado por tensión se observará una *reducción de superficie* de la sección transversal en el punto de rotura. Esta reducción de superficie es una característica de las roturas por tensión. El porcentaje de reducción de superficie de la sección transversal varía según el material de que se trate, siendo ésta mayor en el caso de materiales dúctiles, y menor cuando los materiales son duros y frágiles.

ACCIÓN DE SOPORTE (COLUMNAS) Y COMPRESIÓN

Un miembro que soporta o sufre compresión, cuya longitud sea muy grande en relación a su diámetro o espesor, fallará al ser sometido a un esfuerzo mucho menor que el punto de carga límite. Cuando la carga alcance cierta magnitud, todo el miembro se doblará lateralmente y actuará como si fuera un resorte. Al reducirse ligeramente la carga, el miembro recobrará su posición original y al examinarlo no se notará ningún daño o deformación. Este tipo de falla se denomina *combadura o deformación elástica*.

Cuando una columna larga se carga hasta que falla elásticamente y se dobla lateralmente, si se deja que continúe la deflexión los esfuerzos compresivos del lado cóncavo de la columna combada acabarán por exceder el punto de carga límite del material y sobreverá la rotura. Una vez que se ha iniciado la falla plástica, la simple eliminación de la carga no bastará para hacer que el miembro recobre su posición original.

La mayor parte de las columnas empleadas en las estructuras corrientes son de longitud media, y las fallas revelan una combinación de las características de las columnas muy cortas y de las muy largas. La predeterminación de la carga crítica para las columnas extremadamente cortas y las muy largas es cosa relativamente simple, pero para las columnas de longitud media, el cálculo de la carga crítica tiene que depender de curvas empíricas y de fórmulas que son el resultado de minuciosas pruebas estáticas.

Otros factores que influyen en la acción de la columna son: la condición presente en los extremos, la homogeneidad del miembro, la rigidez y la posición de la carga con respecto al centro de resistencia de la columna.

Cuatro son las clases de condiciones comunes en los extremos: (a) extremo redondo, en que el extremo puede girar libremente; (b) extremo fijo, en que la posición del eje cerca del extremo de la columna es fija; (c) extremo cuadrado, en que el extremo de la columna y la superficie del tope son perpendiculares al eje; y (d) extremo con pasador, en que la rotación del extremo de la columna ocurre en un plano solamente.

En la figura 6 se ejemplifica la reacción de una columna de conformidad con estas diferentes condiciones en sus extremos. Estas condiciones teóricas no existen en la práctica. En la columna de extremos redondeados y en la de extremos con pasador, la fricción en los puntos de soporte produce sujeción; por otra parte, ningún soporte ordinario es lo suficientemente rígido para hacer que el extremo de una columna quede fijo.

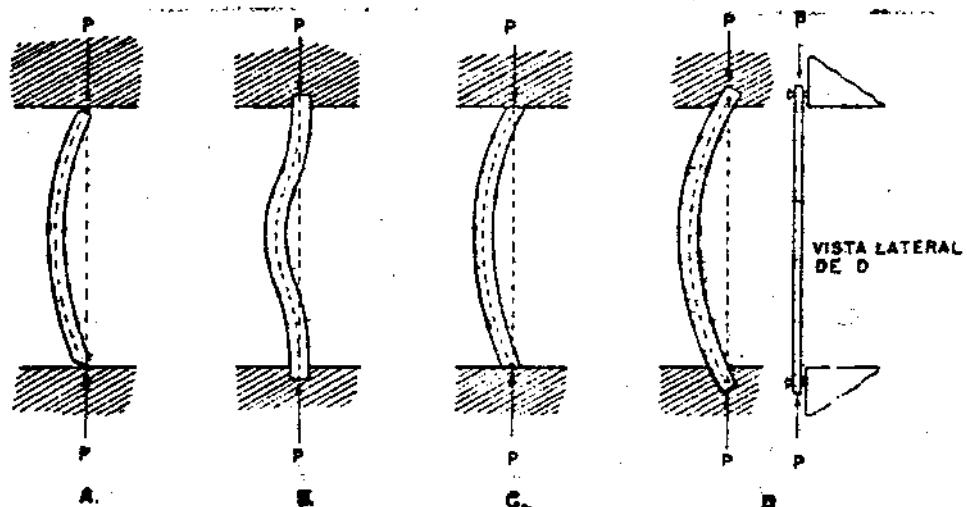


FIGURA 6.—Columnas bajo carga de compresión.

Por razón de la incertidumbre respecto de: (a) las condiciones de los extremos, (b) la acción entre las partes, y (c) la posición de la carga con respecto al eje de la columna, el análisis teórico de la acción de la columna es aproximado solamente. El proyectista se basa principalmente en los datos de pruebas efectivas. Esto es especialmente cierto tratándose de columnas compuestas o armadas, que pueden fallar a causa de torsiones o combaduras.

LARGUEROS Y FLEXIONES

La función principal de una *riga* o *languero* es soportar una *carga de flexión*. Considérese el caso elemental del larguero voladizo (cantilever) como el empleado en los monoplanos de ala baja en cantilever, representado en la figura 7.

La viga está fija en A y cargada con un peso W que produce un momento de flexión en el punto B igual a Wx . Por ejemplo, si $W = 100$ libras y $x = 50$ pulgadas, el momento de flexión en B es $100 \times 50 = 5.000$ libras-pulgada.

Si se corta la viga en B, habrá que aplicar las fuerzas F_t , F_c y F_s para que la viga se mantenga en equilibrio. F_t es la fuerza de tensión soportada por el ala o reborde superior de la viga. F_c es una fuerza de compresión soportada por el ala inferior de la viga. F_s es la fuerza que produce un esfuerzo cortante vertical en la viga. En los manuales de mecánica se demuestra que el esfuerzo cortante vertical es igual al horizontal, llamado así porque las vigas o largueros se usan ordinariamente en posición horizontal. Como se indica en la figura 7, el esfuerzo cortante horizontal produce esfuerzos cortantes en el alma de la viga.

Cualquiera que sea el número y la disposición de los soportes, todos los miembros sometidos a momentos de flexión están sujetos a esfuerzos de tensión en uno de sus lados, a esfuerzos compresivos en el otro y a esfuerzos cortantes a

lo largo de su eje longitudinal.

La resistencia que opongan las vigas a las fuerzas de flexión depende de la distribución del material en la parte transversal de la viga. Es evidente que

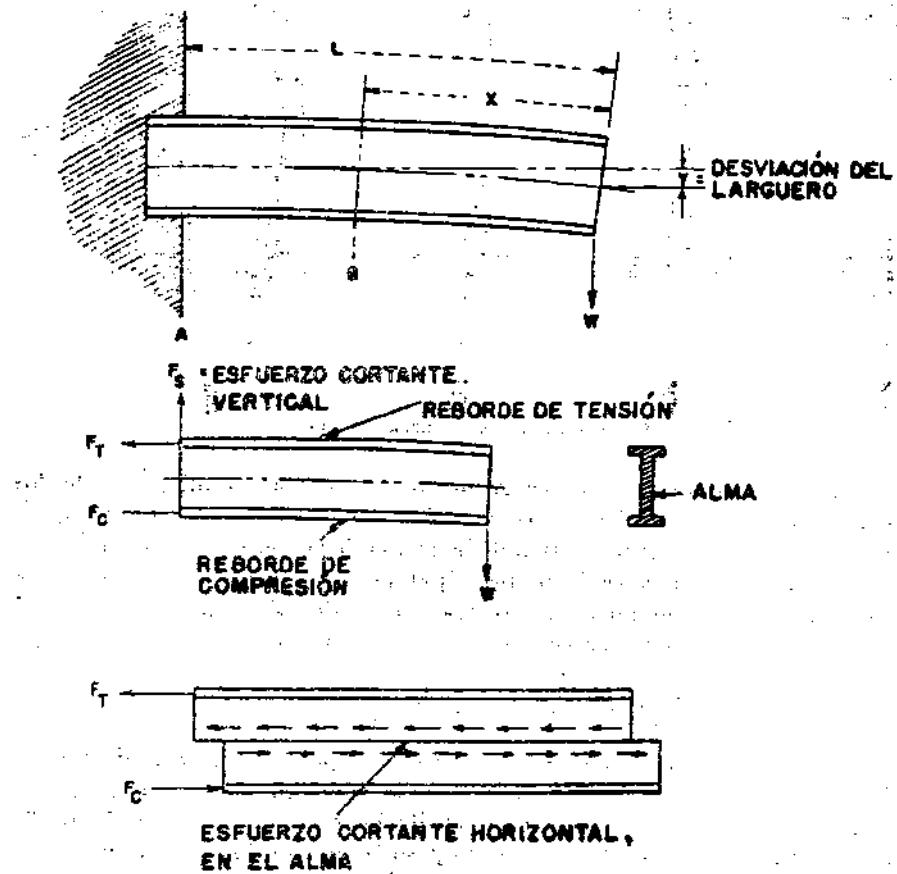


Figura 7. - Flexión de un larguero.

una viga cuya sección transversal sea rectangular podrá soportar una carga mayor cuando se coloca de costado que cuando se pone plana. El material cerca del eje neutro contribuye muy poco a la resistencia de la viga. (El eje neutro es la línea que separa la parte de la sección transversal que sufre tensión, de la parte que sufre compresión.) Con el objeto de ahorrar peso y aprovechar eficazmente el material de las vigas o largueros, la sección transversal de la viga se traza con frecuencia en forma tal que una gran parte del material está en los rebordes o alas y el alma o porción de la viga próxima al eje neutro se hace delgada. Los esfuerzos cortantes (que son de intensidad máxima en el eje neutro) son los factores que limitan la reducción del espesor del alma.

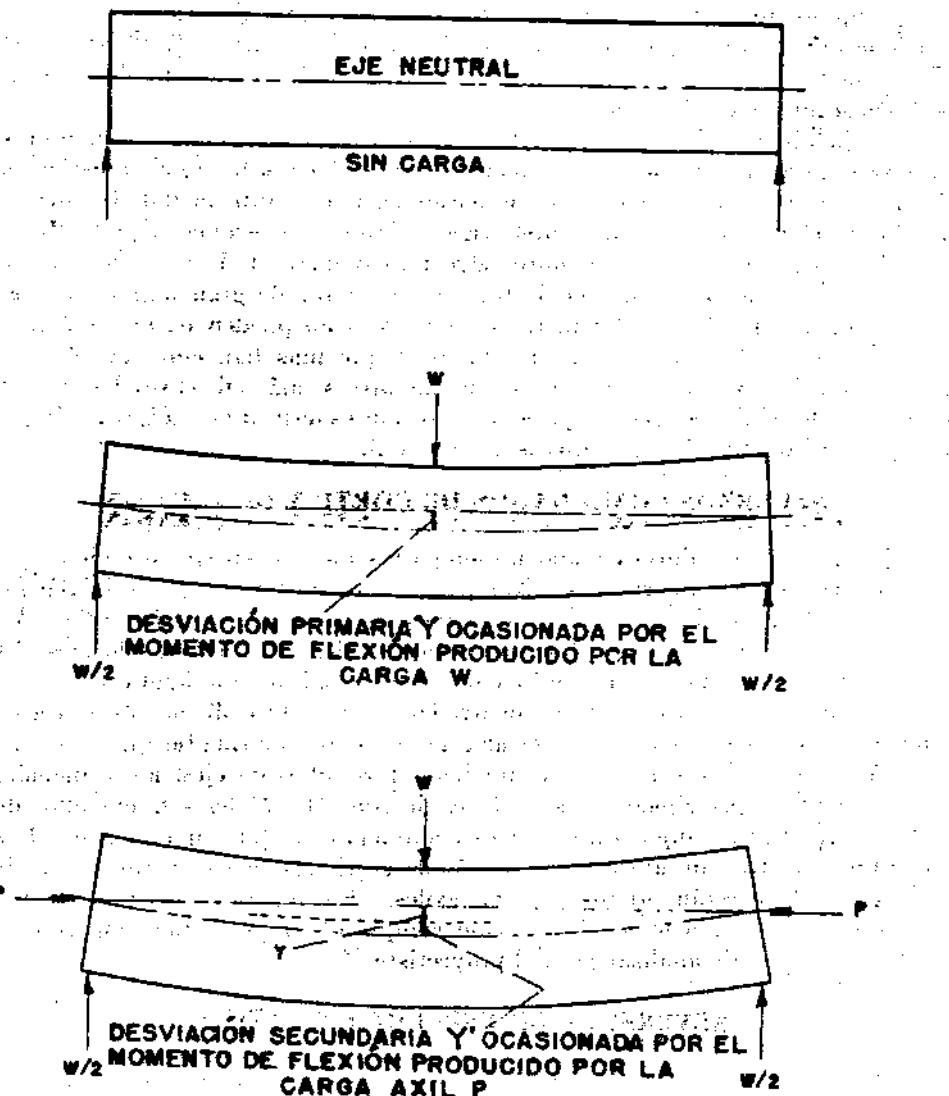


FIGURA 8. Cargas axiles que sufren los largueros durante la flexión.

ACCIÓN COMBINADA DE FLEXIÓN Y DE SOPORTE (COLUMNNA)

Muchos miembros estructurales del aeroplano han de resistir cargas axiles de compresión combinadas con momentos de flexión. Una viga sostenida por los extremos y cargada en el centro, como se ve en la figura 8, se desviará cierta cantidad, representada por y . Si sufre entonces una carga axil de compresión, P , la viga deberá resistir no sólo la carga axil de compresión, sino además un momento de flexión que equivale a Py .

El momento de flexión adicional Py produce mayor desviación y' , y ésta continúa aumentando hasta que llega al punto de equilibrio. Los momentos de flexión Py' y Py'' se denominan secundarios e influyen grandemente en la resistencia máxima del miembro.

En la mayoría de las ramas de ingeniería, el trazado de los miembros sujetos a cargas combinadas de flexión y axiles se hace a base de suposiciones seguras, de modo que sea posible diseñarlos así con tanta facilidad como se determina el trazado de una simple viga. Tales suposiciones seguras hacen necesaria la fabricación de miembros algo más pesados de lo verdaderamente necesario, y como la limitación de peso es un factor de gran importancia al diseñar un aeroplano, los ingenieros aeronáuticos no pueden basarse en tales suposiciones generales. Uno de los factores que más han contribuido a la producción de estructuras de aeroplanos mejores y más eficientes ha sido el desarrollo de métodos precisos para calcular con exactitud las cargas máximas que pueden resistir las vigas sujetas a carga axial.

ESFUERZOS COMBINADOS DE CORTE Y DE FLEXIÓN

Los pernos, pasadores y remaches son piezas que frecuentemente sólo tienen que resistir esfuerzos cortantes. Aunque el esfuerzo principal que sufren los miembros durante simple torsión es un esfuerzo cortante, cuando se trata de tubos con paredes delgadas sujetas a torsión pueden ocurrir fallas locales por compresión: la combinación de esfuerzos según se indica en la figura 9.

La simple torsión raras veces ocurre en los miembros de la estructura de un aeroplano, pues las cargas se aplican generalmente en forma tal que producen flexión en el miembro, además de torsión. Los tubos de ejes, los cigüeñales y los miembros principales de superficies de control móviles son ejemplos de partes estructurales sujetas a esfuerzos combinados de torsión y flexión. Los miembros del tren de aterrizaje, además de sufrir esfuerzos de torsión y de flexión, también están sujetos a cargas axiles. En muchos casos la combinación de esfuerzos puede ser en extremo complicada y por esta razón resulta tanto más difícil de analizar para el proyectista.

REVERSIÓN DE ESFUERZO Y FATIGA

Muchas partes de la estructura del aeroplano sufren vibraciones, repetidas cargas abruptas y reversiones de esfuerzos o cargas. La resistencia a la fatiga es aquella propiedad de los metales que les permite resistir repetidas aplicaciones y reversiones de carga. Los agotamientos por fatiga se caracterizan por cambios microscópicos en la estructura del metal que se convierten en grietas incipientes y acaban por causar la fractura del material. Si el esfuerzo no es muy grande, la repetición de la carga y de la reversión del esfuerzo podrá continuar indefinidamente sin ocasionar rotura. El esfuerzo máximo que permite esta repetición indefinida de la carga sin causar roturas es el límite de resistencia del material. Este límite se determina mediante pruebas por largos períodos, en máquinas vibratorias. El esfuerzo del límite de resis-

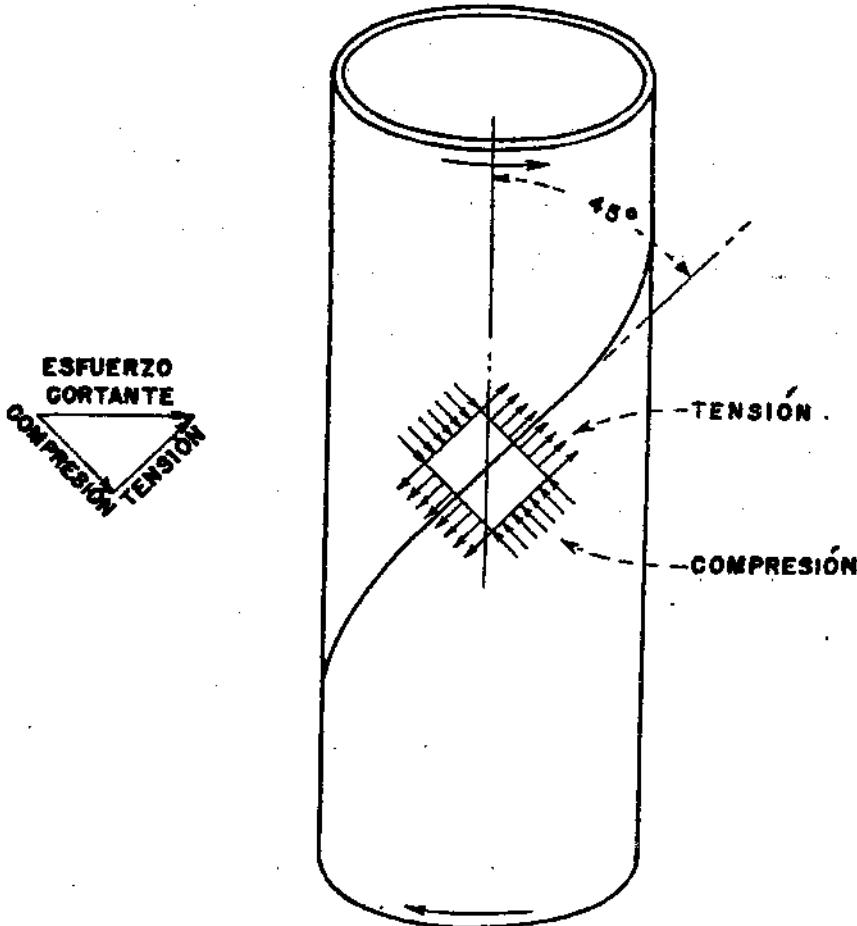


FIGURA 9.—Esfuerzos combinados al ocurrir torsión en paredes delgadas de tubos.

tencia siempre es menor que el esfuerzo que sufre el metal en el punto de carga límite, conocido también como esfuerzo mínimo de deformación permanente.

DISTRIBUCIÓN DEL ESFUERZO

La distribución del esfuerzo sobre la superficie de la sección transversal de un miembro estructural es de vital importancia, porque la ruptura del material puede ocurrir en un punto que sufra esfuerzo máximo aunque el medio del esfuerzo en toda la superficie de la sección no exceda los límites de seguridad.

La concentración del esfuerzo en un punto determinado ocurre en las esquinas pronunciadas y en aquellas partes en que la forma de la sección transversal de los miembros sufre cambios súbitos. Para evitar las concentraciones

locales de los esfuerzos, se redondean todas las esquinas y se filtran los ángulos reentrantes. Cualquier defecto en la superficie causado por nácaras de herramientas, raspaduras, defectos de fijaduras y marcas de lima, localiza los esfuerzos y contribuye en gran manera a acelerar la rotura por fatiga; en los miembros sujetos a vibración causada por la localización de esfuerzos, las pequeñas grietas iniciadas se extienden rápidamente. La propagación de grietas en cubiertas o bóvedas a veces puede detenerse haciendo un agujero redondo en el extremo de la grieta. El radio más grande del agujero reduce la localización del esfuerzo y puede evitar más rupturas por fatiga.

Los métodos teóricos para calcular la distribución de esfuerzos en miembros estructurales se basan casi por completo en la suposición de que el material es perfectamente elástico, o sea, que las deformaciones o tensiones son exactamente proporcionales a los esfuerzos. Nos consta, sin embargo, que esta relación deja de existir cuando los materiales se someten a un esfuerzo que excede del límite elástico o proporcional. De todos modos, las leyes que rigen la reacción o actuación de materiales perfectamente elásticos al sufrir carga, son de valor incalculable para el ingeniero y le sirven de base principal en la preparación de trazados estructurales.

En las columnas muy cortas sujetas a compresión simple y en los miembros sometidos a tensión simple, tales como alambres y tirantes, los esfuerzos se distribuyen uniformemente a través de la sección. En las vigas sujetas a flexión simple, los esfuerzos de tensión y de compresión se distribuyen a través de la sección, como se indica en la figura 10. Los esfuerzos cortantes de las vigas son más intensos en el alma.

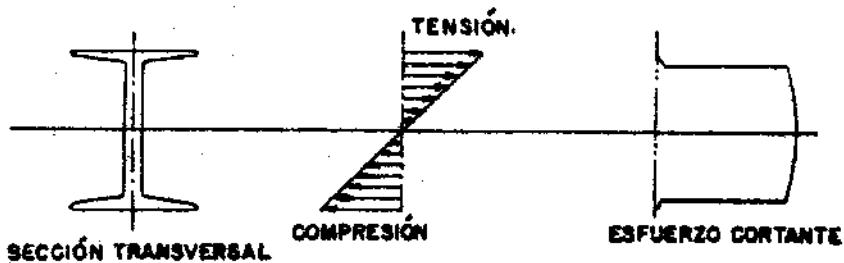


FIGURA 10. - Distribución de esfuerzo en la sección transversal de un larguero.

Las secciones armadas compuestas de planchas delgadas, presentan al ingeniero un problema tan complicado que el análisis teórico de la distribución de esfuerzos en el mejor de los casos no es más que aproximado. Dichas secciones pueden fallar por retorcimiento o combadura más que a causa de simple tensión o compresión, y la concentración de esfuerzos locales desempeña un papel importante en tales fallas.

ANÁLISIS DE ESFUERZOS

El ingeniero aeronáutico experimenta grandes dificultades al analizar los esfuerzos que realmente han de producirse en una estructura, y estas dificultades pueden dividirse en dos categorías. La primera consiste en poder determinar, con precisión satisfactoria, las cargas externas que sufre un aeroplano durante el vuelo, el despegue y el aterrizaje. La segunda dificultad consiste en que, aun cuando se conozcan las cargas externas, la ciencia de análisis estructural no está lo suficientemente adelantada para poder determinar, en ciertos casos, la resistencia precisa de la estructura misma. En muchos miembros y perfiles estructurales, las leyes de distribución de esfuerzos son tan complejas que aún continúan siendo algo misteriosas.

La prueba estática es el medio de que se vale el ingeniero para compensar las deficiencias de los métodos conocidos de análisis de esfuerzos, que no facilitan la solución de todos los problemas relativos al cálculo de resistencias estructurales. Los miembros o los conjuntos se someten a cargas gradualmente crecientes que simulan, en lo posible, las condiciones de carga experimentadas en el vuelo. Mediante el estudio de la desviación de las partes al soportar la carga y la determinación de la carga máxima o de vencimiento, se obtienen datos que sirven de base para el trazado de la estructura definitiva a emplearse. Cuando se dispone de datos de numerosas pruebas similares, suele ser posible plantear fórmulas empíricas que predeterminan la resistencia de cualquier estructura que pertenezca a determinada clasificación. Así es como se han derivado las curvas que permiten al ingeniero predeterminar la resistencia de columnas cortas, y el mismo método se aplica en relación a infinitas otras piezas de la estructura del aeroplano.

PLAN DE CARGAS

El proyectista de aeroplanos se encuentra perplejo ante el problema de las cargas externas que ha de sufrir la estructura durante el vuelo, el despegue y el aterrizaje. Cuando estas cargas no se conocen exactamente, las suposiciones y los posibles errores deben ser siempre del lado seguro, de modo que si llegare a ocurrir lo peor la estructura resista la prueba. Como es natural, este método de planear hace que en muchos casos las estructuras resulten excesivamente pesadas e inadecuadas.

El progreso realizado en la construcción y en las funciones del aeroplano está asociado en alto grado con el amplio programa de investigaciones llevado a cabo por el Comité Consultivo Nacional de Aeronáutica (National Advisory Committee for Aeronautics) para determinar con mayor exactitud las cargas efectivas que sufre la aeronave en condiciones de servicio. A medida que se van obteniendo datos precisos, se enmiendan los requisitos de plan de carga para aeronaves y se modifican los requisitos de *navegabilidad* o aptitud para el vuelo que imponen los Reglamentos Aéreos Civiles (Civil Air Regulations) para las aeronaves destinadas a fines civiles.

Lo limitado del tiempo disponible para la preparación de este curso de instrucción no permite un estudio detallado de los requisitos de resistencia para estructuras de aeroplanos; sin embargo, a los estudiantes que deseen obtener más datos sobre el particular se les recomienda el estudio de los Reglamentos Aéreos Civiles, Parte O4, Aptitud del Aeroplano para el Vuelo (Civil Air Regulations, Part O4, Airplane Airworthiness).

La carga de prueba es menor que la carga máxima, o de vencimiento, que se aplica a una estructura para determinar su aptitud para navegación aérea sin dañarla permanentemente. El costo de una prueba estática que resulte en la destrucción de uno de los aeroplanos grandes modernos es tremendo, pero a pesar de esto a menudo es necesario basarse en suposiciones al diseñar una estructura que debe probarse mediante la observación de su resistencia a la carga efectiva. En estos casos, el estudio de las desviaciones de una estructura a la que se aplica una carga de prueba gradualmente creciente puede proporcionar datos que conduzcan a una determinación final de su seguridad.

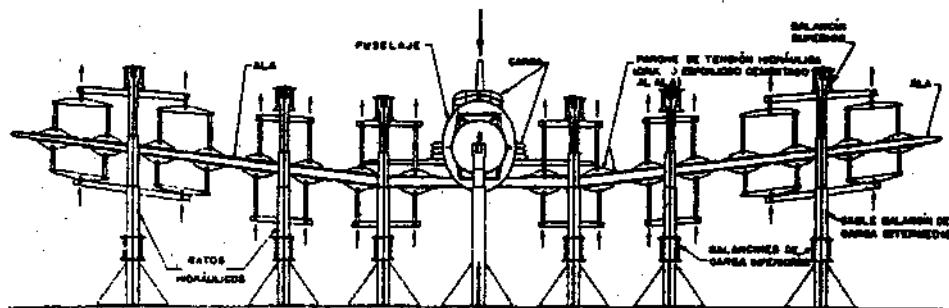


FIGURA 11.—Disposición para la carga de prueba.

Si la estructura resiste satisfactoriamente el ensayo de la carga de prueba, podrá ponerse en servicio. Si la carga de prueba se lleva a cabo cuidadosamente, podrán corregirse las fallas de menor importancia en la estructura y ésta ser aprobada después como satisfactoria, con lo cual se evita la posible pérdida total en la prueba estática o la destrucción o falta de la estructura en vuelo efectivo.

En la figura 11 se muestra la disposición de una carga de prueba. Se coloca en el fuselaje una carga consistente en sacos llenos de perdigones y barras de plomo, otra carga similar se coloca en la cola y otra en la bóveda o montaje del motor. Estas cargas aplicadas se ajustan de modo que estén en equilibrio cerca del centro de gravedad del aeroplano estando éste cargado para vuelo.

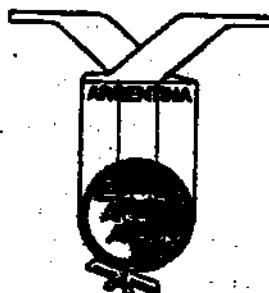
Por medio del tablero de control hidráulico situado en primer término, que pone en acción un sistema de gatos hidráulicos, se aplican a las alas fuerzas de acción ascendente hasta que éstas soporten toda la carga aplicada al fuselaje.

La distribución adecuada de la carga en toda la extensión de la envergadura y de la cuerda, así como entre las superficies superior e inferior de las alas, se obtiene ajustando la longitud relativa de una serie de brazos de palanca por medio de los cuales se aplican las fuerzas a las alas.

Dichas fuerzas se transmiten a la superficie de las alas a través de un parche de caucho esponjoso que se fija a la cubierta del ala con cemento especial.



EAA
WITTMAN AIRFIELD
OSHKOSH WI 54903
U.S.A.



EAA ARGENTINA
VALLE 1362
1406 BUENOS AIRES
432-1330



EAA ULTRALIVIANOS
CULLEN 1666
3080 ESPERANZA



FILIAL 12 ARGENTINA
EAA ANTIGUOS Y CLASICOS
CC 275
2930 SAN PEDRO

Preguntas

1. Defínase: esfuerzo, esfuerzo por unidad, deformación, fuerza de tensión, esfuerzo de deformación (tensión) por unidad.
2. Enumérense cinco partes del aeroplano que sufren esfuerzo de tensión en vuelo.
3. Dibújese un tren de aterrizaje del tipo de trípode, e indíquense las partes que sufren esfuerzo compresivo cuando el aeroplano está en tierra.
4. ¿Qué se entiende por falla plástica?
5. ¿Qué se entiende por límite elástico?
6. Indíquese la diferencia entre límite elástico y la carga límite o esfuerzo mínimo de deformación permanente.
7. ¿Qué término se emplearía para describir las propiedades físicas de un material cuya resistencia máxima y límite elástico son iguales?
8. Defínase el factor de seguridad.
9. ¿Qué esfuerzos se encuentran en un larguero cargado uniformemente?
10. ¿Cómo se manifiesta el agotamiento por fatiga?
11. ¿Cómo se evita la concentración de esfuerzos?
12. ¿Qué efecto tiene una raspadura superficial sobre la capacidad de una pieza para resistir la fatiga?
13. Defínase lo que es el análisis de esfuerzos.
14. ¿Por qué se dificulta a veces el análisis de esfuerzos de las partes de un aeroplano?
15. Cuando el análisis de esfuerzos no es posible, ¿cómo se determina la resistencia de las partes de un avión?
16. ¿Cómo se determina el plan de cargas al diseñar los miembros?
17. ¿Qué se entiende por carga de prueba?
18. ¿Cómo puede calcularse la ductilidad de un material a base de rotura por fuerza de tensión?
19. ¿Qué causa la fatiga de una pieza?

QUE ES LA EAA

La EAA es una organización, destinada a promover y desarrollar la aviación deportiva, tareas que realiza mediante sus especialidades

EXPERIMENTALES

ULTRALIVIANOS

ANTIGUOS Y CLASICOS

ACROBACIA

Mediante la construcción casera, la EAA le ayuda a ponerle alas a sus sueños, no es difícil imaginar la emoción de construir una aeronave, con sus manos y luego volarla, pero no todo es color rosa, muchas veces el camino es cuesta arriba y los problemas numerosos, aquí es donde se pone de manifiesto la colaboración de la entidad, brindando a sus miembros asesoramiento y apoyo a través de sus filiales o chapters.

La EAA Argentina, está trabajando en la difusión de sus ideas, traduciendo bibliografía, imprimiendo manuales, haciendo reuniones y organizando una Convención en Vuelo anual, para que todo el país y vecinos, intercambien ideas, opiniones, muestren sus trabajos, vean los de otros aficionados, reciban información, en fin todo lo que puede ser interesante a quienes gusta la libertad de volar. Nuestro objetivo es transmitir conocimientos y lograr que haya mayor cantidad de entusiastas, sin importarnos las fronteras o los credos, aquí al punto más importante es el deseo de VOLAR.

EAA Argentina

432-1330

Valle 1362

1408 Buenos Aires

Argentina