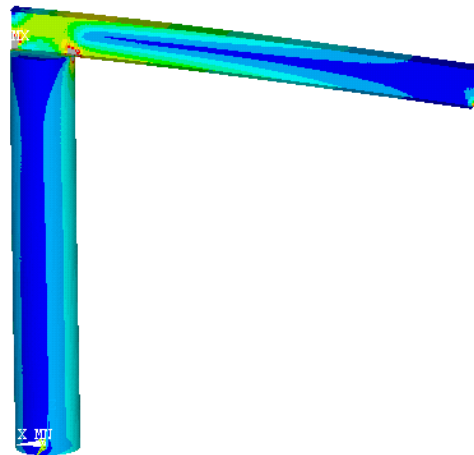




ANÁLISIS DE UNA GRÚA POR ELEMENTOS FINITOS SEGÚN LA NORMA UNE 58132-2



DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA
INGENIERÍA INDUSTRIAL



Vicente Díaz López
Antonio Gauchía Babé
Beatriz López Boada
María Jesús López Boada
Carolina Álvarez Caldas

1.- OBJECTIVO



El objetivo de esta práctica es analizar, mediante elementos finitos, (Ansys) la estructura de una grúa. Se va a llevar a cabo un análisis estático y modal. En esta práctica no solo se aprenderá a utilizar el programa de elementos finitos Ansys, sino que además se aprenderán los conceptos fundamentales relativos al método de elementos finitos. Además, se determinará el comportamiento de la estructura de la grúa según se indica en la norma UNE 58132-2.

2.- INTRODUCCIÓN

El método de los elementos finitos se utiliza actualmente para resolver muchos problemas mecánicos. Permite analizar las tensiones, fuerzas, desplazamientos, ... a los que está sometida la grúa con el objeto de comprobar el correcto diseño de la grúa. Su principal ventaja es que no está ensayando una grúa real. Sin embargo, los resultados obtenidos en la simulación deben analizarse con cuidado. Como ingeniero se espera que seas capaz de saber si los resultados obtenidos son correctos.

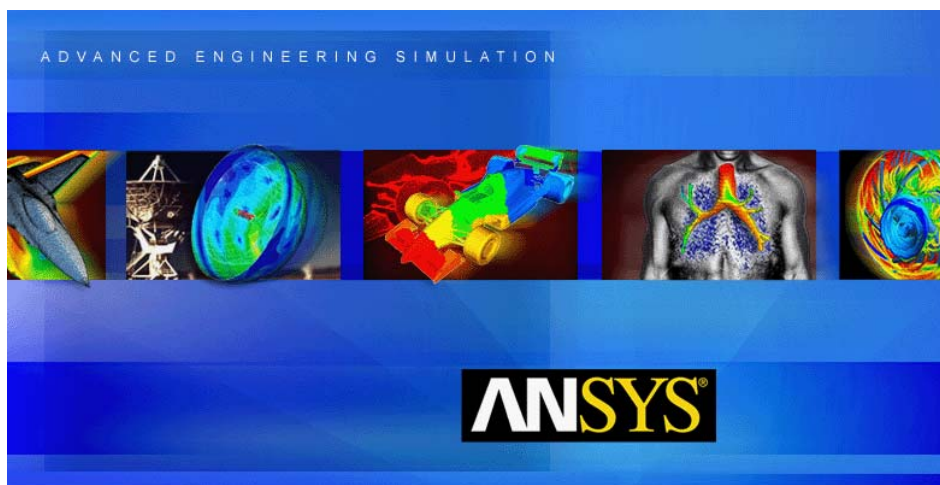


Figura 1. Ansys, un programa de elementos finitos



3.- EMPEZANDO CON ANSYS

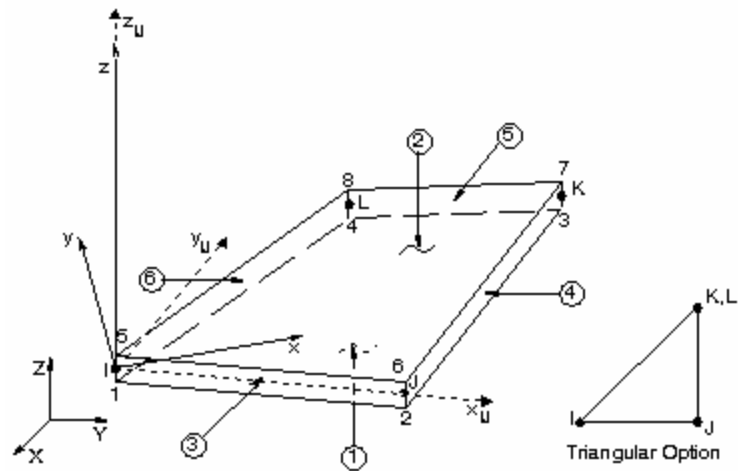
Para comenzar, cree una carpeta. Abra Ansys y vaya a File ->Change Directory y selecciona la carpeta recién creada. Ansys crea varios ficheros, sin embargo, el principal tiene extensión .db y generalmente ocupa un gran espacio. Además, se crea un archivo .err donde se especifican los errores encontrados durante la simulación. Para guardar los resultados, vaya a File -> Save as ... Cuando salga del programa guarda únicamente la geometría, debido a que el tamaño de los ficheros es elevado.

4.- PREPROCESADOR

En primer lugar, se va a crear la geometría mediante puntos, llamados keypoints, y líneas. A continuación, se seleccionará el tipo de elementos y las propiedades del material. Finalmente, se procederá al mallado de la estructura de la grúa.

El método de los elementos finitos resuelve un problema continuo (conjunto de ecuaciones diferenciales) mediante la resolución de un problema discreto (conjunto de ecuaciones algebraicas). La estructura se divide en elementos y cada uno de ellos está constituido por nodos. Los valores de fuerza, tensión o deformación para los puntos situados entre nodos se calculan mediante los valores de fuerza, tensión o deformación calculados en los nodos, utilizando una función de forma. Por tanto, una función de forma es una ecuación matemática que establece una relación entre el desplazamiento de los nodos y el de los puntos intermedios. Dependiendo del elemento seleccionado, la función de forma varía. En la Figura 2 se muestran las características del elemento tipo placa.

La elección del tipo de elemento es muy importante y el tiempo de computación o la precisión son alguno de los parámetros a tener en cuenta para su elección.



x_{IJ} = Element x-axis if ESYS is not supplied.

x = Element x-axis if ESYS is supplied.

Figura 2. Elemento tipo placa

4.1- Tipo de elemento

El tipo de elemento que se va a seleccionar es Shell 63. El elemento seleccionado está definido por cuatro nodos I, J, K y L. Para seleccionar el elemento, ve a Preprocessor -> Element Type -> Add/Edit/Delete. Elija Shell 63 de la lista. Posteriormente, es necesario definir las constantes reales. Para ello, vaya a Real constants -> Add -> e introduzca el valor del espesor: 25 mm

4.2- Propiedades del material

La estructura de la grúa está fabricada en acero cuyas propiedades mecánicas son:

- Módulo de Elasticidad: 210 GPa
- Coeficiente de Poisson: 0.3
- Densidad: 7850 kg/m³

Para especificar la propiedades del material vaya a Material Props -> Material Models -> Structural -> Linear -> Elastic -> Isotropic. Ansys no utiliza unidades, es decir,

dependiendo de las unidades utilizadas para definir la geometría y de las unidades en las que se quieren obtener las tensiones o desplazamientos, se deberán introducir los valores de las propiedades mecánicas de forma coherente.

4.3- Geometría: Modelización

En la figura 3 se muestra la estructura de la grúa a modelizar.

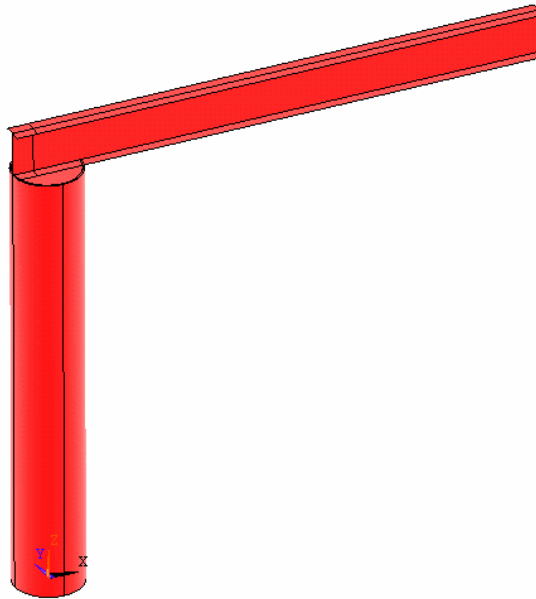


Figura 3. Estructura de la grúa

Para modelizar la estructura, se utilizarán keypoints, líneas y áreas. Para crear los keypoints, vaya a Modelling -> Create -> Keypoints in Active CS. Deje en blanco el espacio Keypoint number, de tal manera que Ansys lo rellenará de forma automática. Después, introduzca las coordenadas x, y y z.

Las líneas conectan los keypoints. Para crearlas vaya a Modelling -> Create -> Lines -> Lines -> Straight lines. Aparece un menú y el ratón adquiere la forma de una flecha. Para crear una línea entre dos keypoints seleccione uno de los keypoint con el botón izquierdo y suéltelo, después, seleccione el otro keypoint. Para finalizar pulsa OK. De forma similar, se crean las áreas mediante: Modelling -> Create -> Areas -> Arbitrary -> By Lines. Cabe destacar, que las áreas han de crearse con unas dimensiones que no corresponden con las modelo real de la estructura. Esto es debido a que posteriormente,



al mallar sí se alcanzará las dimensiones reales de la grúa. Puesto, que el mallado distribuye la mitad del espesor hacia un lado y hacia otro del área creada el modelo de áreas a crear se denomina de planos medios.

Para mayor simplicidad se pueden definir un sistema de coordenadas local (“Working Plane”) que permite de una forma más sencilla definir las coordenadas de los puntos. Para utilizar este sistema, en el menú superior vaya a Workplane -> Offset WP to-> Keypoint y selecciona el nuevo origen de coordenadas en el keypoint que le resulte más cómodo para definir el resto de la geometría del modelo. Una vez definido el nuevo sistema de coordenadas, es necesario indicar al programa la situación del nuevo origen. Para ello, vaya a Workplane -> Change Active CS to -> Working Plane.

1. Creación del pilar

Para crear el pilar ve a Modelling -> Create -> Lines -> Arcs ->By centre and radius Introduzca valor 0,0 y pinche en OK y después introduzca el valor del radio del pilar, a saber, 500 mm e introduzca 360 grados y número de líneas del arco 4. A continuación, se le dará al pilar su correspondiente altura. Para ello, es necesario previamente introducir el valor de dos keypoints para generar una línea que servirá de base para extruir el círculo. Por tanto, primero se debe crear un keypoint en el origen de coordenadas y otro en el centro de la parte superior del pilar cuyas coordenadas son (0,0,6300) ya que el pilar tiene una altura de 6300 mm. Cread la línea que une ambos keypoints. A continuación, pinchad en: Modelling -> Operate -> Extrude -> Lines -> Along lines y seleccione el círculo creado pincha en ok y seleccione la línea creada y vuelve a pinchar en ok.

2. Creación de la pluma

La pluma tiene una sección transversal en I de 300 mm de ala y 650 de alma de espesor 25 mm. Conviene tener en cuenta, que puesto que se aplica en modelo de planos medios la sección transversal se representará mediante líneas y posteriormente al mallar tendrá el espesor correspondiente, tal y como se muestra en la figura 4.

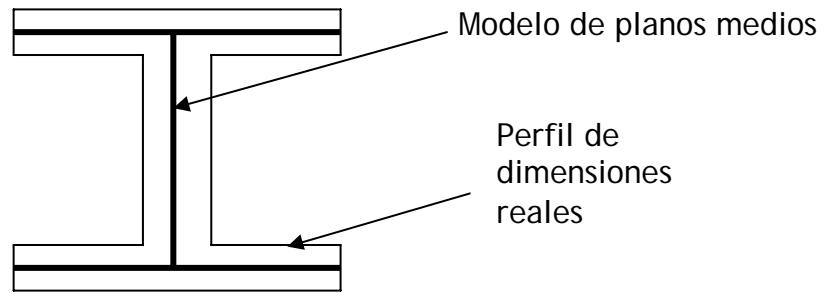


Figura 4. Modelo de planos medios

Aplicando el modelo de planos medios, el ala presenta una longitud de 300 mm, sin embargo, el alma tendrá una longitud de 625 mm. Además, puesto que el pilar es hueco y la pluma ha de apoyarse, se debe crear un área con forma de círculo para rellenar el espacio hueco del pilar. Para crear dicho área: Modelling -> Create -> Areas -> Arbitrary -> By lines y seleccione las líneas del contorno superior del pilar.

Posteriormente, coloque el origen de coordenadas en la parte superior del pilar, en el punto situado en uno de los diámetros del pilar. Dibuje las líneas (ver figura 5) que definen el ala inferior, el ala superior y el alma de la viga, sabiendo que la pluma tiene una longitud total de 7500mm.

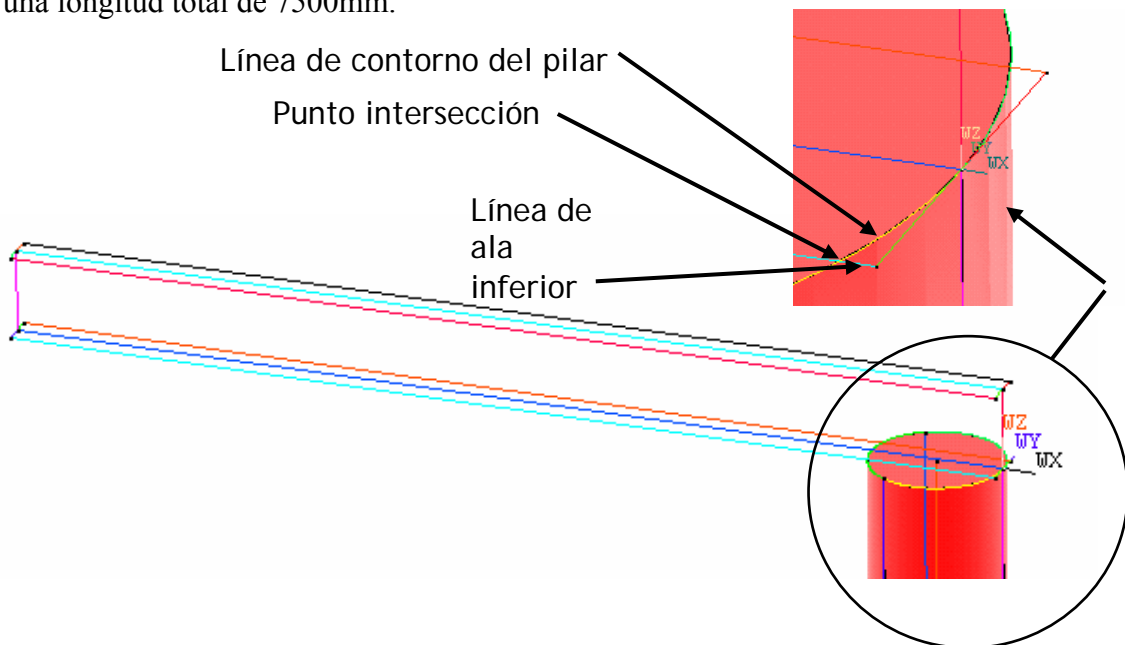


Figura 5. Detalle de la creación de la pluma

Puesto que el ala inferior no sobresale por parte de atrás del pilar, es necesario determinar los puntos de intersección del ala inferior del perfil con el contorno del pilar (ver figura 5). Para ello, pinchad en Modelling -> Operate -> Booleans -> Divide Area by line y se selecciona el área de la parte superior del pilar se pincha en ok y se seleccionan las 3 líneas inferiores que conforman el ala del perfil. El resultado se muestra en la figura 6.

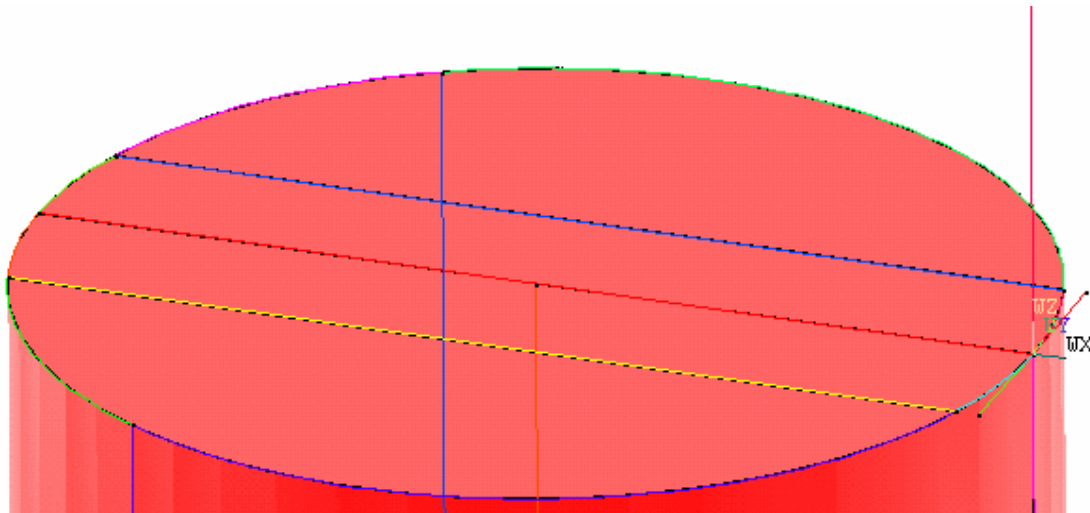


Figura 6. Operación de división de áreas

En la figura 6 se observa que el programa ha borrado ciertas líneas correspondientes al ala inferior, volved a crearlas para definir bien el perfil. A continuación, se crean las áreas correspondientes al ala inferior (las dos mitadas). Se ha de tener en cuenta que la parte del área del ala inferior situada sobre el pilar ya está creada, por lo que únicamente será necesario crear el área que se encuentra en voladizo. Finalmente, se crea el área correspondiente al alma del perfil. Cabe destacar que para crear este área mediante líneas se ha de seleccionar la línea superior, las dos verticales y dos tramos de línea de la zona inferior que definen el alma.



4.5- Mallado

Las áreas creadas han de ser malladas. En primer lugar se debe especificar para cada área su correspondiente espesor. Vaya a Mesh Attributes -> All Areas e introduzca los valores correspondientes en el menú:

- Material Number: 1
- Real constant set number: Set 1
- Element type number: Shell 63
- Element section: Non defined
- Pick Orientation Keypoints: No

Ahora se debe especificar el tamaño del elemento a utilizar. Para ello, se selecciona en Meshing -> Mesh Tool y en el botón Global Set se introduce un valor del tamaño del elemento de 50 mm. Escoja la opción Mesh Areas y pulse el botón Mesh. En la figura 7 se puede observar el resultado de mallar toda la grúa.

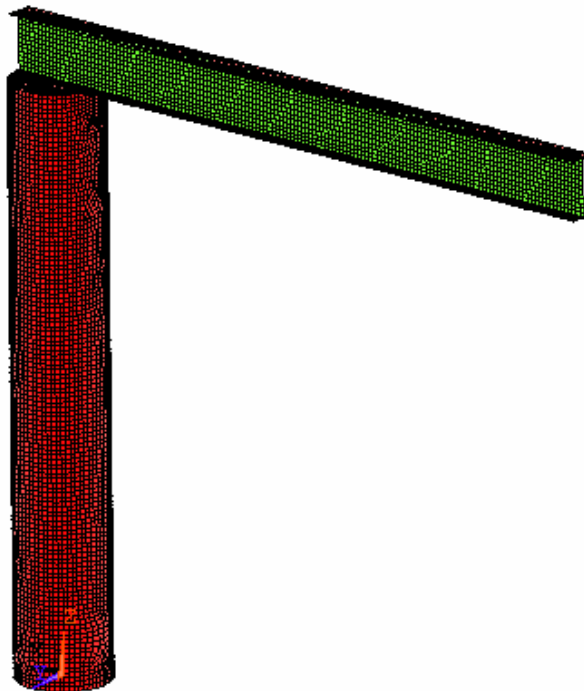


Figura 7. Mallado de la grúa



5.- SOLUCIÓN

En primer lugar, se debe definir el tipo de análisis que se desea efectuar. Ve a Analysis Type -> New Analysis -> Static. Para aplicar las cargas:

- Gravedad: Define loads -> Apply -> Structural -> Inertia -> Gravity en dirección z y de valor positivo.
- Carga vertical puntual: Define loads -> Apply -> Structural -> Force/Moment -> Nodes y selecciona el nodo.
- Para aplicar una presión (fuerza por unidad de área): Define loads -> Apply -> Structural Pressure-> On Areas. Se debe introducir el valor de la fuerza por unidad de área proyectada.
- Para aplicar condiciones de contorno: Define loads -> Apply -> Structural Displacement-> On Lines

Las fuerzas se definen positivas cuando van en dirección positiva de los ejes coordenados, sin embargo, hay que comprobar la correcta orientación de las presiones para saber si hay que introducir el valor positivo o negativo. Para visualizar el sentido de la presión aplicada se selecciona del menú superior: Plot Controls -> Symbols-> Surface Load symbols -> Show press and convect as Arrows y después se pincha en el menú superior Plot -> Areas

Para eliminar el estado de cargas y aplicar otro estado de cargas diferentes: Define loads -> Delete -> All load data. Finalmente, para resolver el modelo se pincha en Solve -> Current LS.

6.- POSTPROCESADOR

Es de vital importancia comprobar la veracidad de los resultados obtenidos mediante, por ejemplo, el cálculo de las reacciones. Ve a List Results -> Reaction Solutions -> All item. Habitualmente, el máximo desplazamiento del extremo de la grúa está limitado. Ve a List Results -> Nodal Solution -> DOF solution -> Translation -> UY y determina el máximo desplazamiento que se produce en la estructura.



Finalmente, se puede determinar la tensión máxima en Plot results -> Contour plot -> Element results y seleccione la tensión que desea dibujar. En pantalla aparece el valor de la tensión máxima dibujada (SMX) y su localización (MX).

7.- ANÁLISIS MODAL

Finalmente, se va a llevar a cabo un análisis modal de la estructura de la grúa. Seleccione un nuevo análisis en Analysis Type-> Modal Analysis. En Solution -> Analysis Type -> Analysis Options se especifica el número de modos que se van a extraer, por ejemplo, 20 y el rango de frecuencias (0 a 100 Hz). Vaya a Define Loads -> Delete -> All Loads and Options de tal forma que no se aplican cargas al modelo. Resuelva el modelo.

Se van a obtener las frecuencias naturales de vibración y los modos propios. Vaya a General Postproc. -> Results Summary para listar las frecuencias naturales de vibración en Hz. Además, para cada frecuencia natural de vibración se puede animar el modelo para visualizar el correspondiente modo propio. Ve a General Postproc. -> Read Results -> By Pick. Seleccione una de las frecuencias y pinche en Read. Después ve al menu de la barra de herramientas y pincha en Plot Controls -> Animate -> Mode Shape, elija un time delay de 0.1 s DOF Solution -> Deformed Shape.

8.- CÁLCULO DE LA ESTRUCTURA DE LA GRÚA

Para poder llevar a cabo el modelo y aplicación de cargas en el modelo de elementos finitos es necesario determinar las sollicitaciones de la estructura. La grúa deberá levantar una carga de 54900 N que es la suma de la carga 50.000N y de accesorios 4900N. Sabiendo que la velocidad de elevación es de 0.08 m/s y la velocidad del viento de 20 m/s, se debe determinar el valor del coeficiente dinámico ψ , así mismo debe determinar el resto de coeficientes de mayoración.



9.- TRABAJO A REALIZAR

- a) Para la velocidad del viento dada, determine la fuerza del viento que actuará en el pilar y la que actuará en la pluma.
- b) Determine las reacciones en el apoyo considerando Caso I (con viento) y Caso II (sin viento) aplicando los coeficientes de mayoración.
- c) Determine el peso propio de la pluma.
- d) Máximo desplazamiento en el extremo del voladizo (flecha) para el caso en el que no hay viento, considerando el peso propio de la grúa y la carga mayorada. Además, demuestre mediante cálculos justificativos que dicho valor es correcto. ¿A qué se deben las diferencias entre ambos resultados?
- e) Dibuje una gráfica mostrando la distribución del desplazamiento vertical de la grúa y horizontal para los dos casos.
- f) Máxima tensión de la grúa y su localización en ambos casos. ¿Tiene sentido la localización de la máxima tensión? Comente el resultado
- g) Para la pluma, determine mediante cálculos justificativos aplicando la norma UNE 58132-2: las tensiones (tensión normal y tensión tangencial) y dibuje el diagrama de momentos flectores y cortantes debidas a fuerzas verticales (peso propio de la pluma y peso de la carga de 54900 N) en ausencia de viento. Compare el valor obtenido de la combinación de solicitaciones verticales calculado con el obtenido mediante elementos finitos.
- h) ¿Cómo mejoraría el diseño de esta grúa?
- i) ¿Por qué el análisis modal es tan importante? ¿Para qué tipo de grúas es de vital importancia llevar a cabo un análisis modal?
- j) Determine las 10 primeras frecuencias propias de vibración de la grúa diferentes de cero.
- k) ¿Si no se aplican restricciones en la estructura de la grúa, porqué las primeras seis frecuencias son 0 Hz?
- l) Para las 10 primeras no nulas frecuencias dibuje los modos propios de la estructura de la grúa y especifique si el modo es de torsión, flexión o combinación de ambos.