

NEiNastran

Elementos Finitos, Posibilidades Infinitas

Ahorrrar costes. Ser más productivos. Optimizar el diseño. Estos objetivos, tan simples de formular pero en ocasiones tan difíciles de alcanzar, están en boca de la mayoría de empresas y pesan como losas sobre muchos ingenieros. Y es que, en el escenario actual, producir de forma cada vez más eficaz es algo ya imprescindible para mantener la competitividad.

Abordar estos retos no es posible sin el uso de nuevas herramientas capaces de simular la realidad, pero sin necesidad de crearla, y de predecir qué ocurrirá ante todas las diferentes condiciones que puedan darse. Y aquí es donde entran en juego soluciones como NEiNastran, una herramienta de análisis de elementos finitos destinada a la creación de modelos de diseño y su posterior análisis.

Análisis de elementos finitos

A modo de introducción, lo que pretende el método de análisis de elementos finitos es obtener una solución a un problema de modelado mediante la descomposición del objeto o entorno real que sea analizar en un gran número de constituyentes básicos (los elementos). El comportamiento físico de cada uno de estos pequeños elementos es mucho más fácil de determinar numéricamente a partir de las ecuaciones relevantes al problema en cuestión y a las condiciones de contorno adyacentes. Una vez determinados los resultados para cada

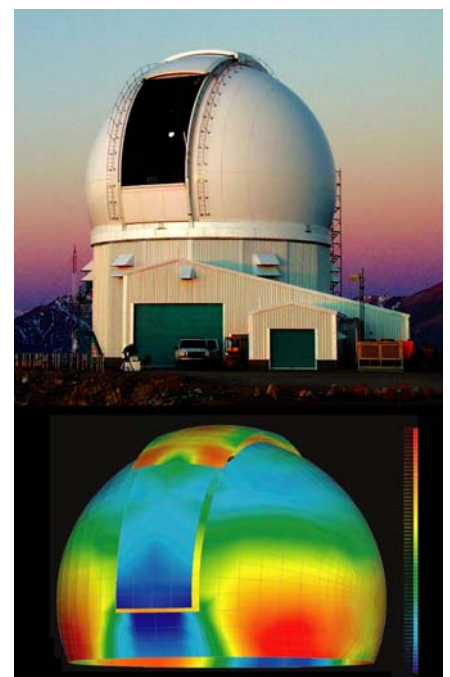
elemento, se combinan para mostrar cuál sería el comportamiento del objeto real.

Ante una realidad compleja, la estrategia parece bastante simple: divide y vencerás. De hecho, esta forma de abordar un problema físico fue propuesta hace varios siglos, pero su puesta en práctica debió esperar muchos años hasta la aparición de los primeros ordenadores. Las elevadas exigencias de cálculo inherentes a esta aproximación, en especial cuando se trabaja con modelos tridimensionales, restringían su aplicación manual a los casos más simples.

Hoy en día, el análisis de elementos finitos o FEA, según su acrónimo anglosajón, se aplica a multitud de disciplinas. Prácticamente cualquier situación real en que sea posible descomponer un modelo en trozos elementales sobre los que aplicar las ecuaciones que rigen su comportamiento, dispone ya de programas informáticos de gran utilidad. Y, aunque el método de elementos finitos no es siempre la panacea universal que pueda aplicarse a todos los casos, su uso es muy habitual en campos como el electromagnetismo, la dinámica de fluidos y, por supuesto, el modelado de elementos sólidos.

La compleja realidad

Modelar la realidad siempre ha sido difícil. No sólo es necesario considerar la geometría del modelo, sino que además los materiales que lo forman, la manera en que se disponen y las condiciones de contorno iniciales intervienen de forma decisiva en su análisis. Por otro lado, conviene recordar que los modelos se pueden analizar bajo diferentes puntos de vista. ¿Nos interesa conocer cual va a ser su comportamiento en estado estacionario, o estamos también interesados en analizar la fase transitoria inicial? ¿Se precisa un análisis térmico del modelo, o carece de relevancia?



Fotografía del observatorio SOAR en Cerro Pachón (Chile) e imagen del modelo de su cúpula creado y analizado mediante NEiNastran

Además, un modelo puede ser radicalmente distinto de otro, y requerir una aproximación diferente. Por ejemplo, es muy importante establecer la condición de linealidad o no del problema antes de intentar resolverlo, ya que la forma de realizar los cálculos deberá ser diferente. De la misma forma, es posible que un determinado juego de ecuaciones ofrezca unos resultados más próximos a la realidad que otro para un mismo diseño. En este caso, será tarea del ingeniero determinar qué opción conviene utilizar en base a su experiencia.

Es innegable que una herramienta informática capaz de satisfacer todos estos aspectos resultaría extraordinariamente útil en multitud de escenarios y disciplinas de la ingeniería, y que su aplicabilidad podría extenderse a los departamentos de diseño, desarrollo e investigación de muchas empresas y universidades. NEiNastran, de la empresa Noran Engineering, es una de estas herramientas cuya utilidad y fiabilidad están sobradamente probadas. Baste indicar que empresas como Honda, Volvo o Boeing y organismos como la NASA utilizan este producto para la elaboración de buena parte de sus diseños.

La creación del modelo

El punto de partida de toda aplicación de elementos finitos como NEiNastran es el modelo. La aplicación debe permitir el diseño o importación de modelos de elevada precisión y que reflejen fielmente el producto final. Basta con pensar en las tolerancias máximas de las piezas de un motor de Fórmula 1 o de una válvula cardíaca, para darse cuenta de la importancia de este hecho.

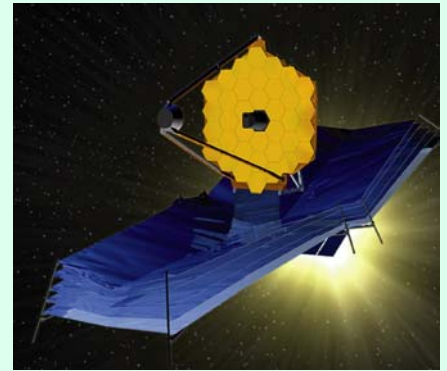
NEiNastran incorpora un avanzado módulo para la creación interactiva de los modelos, denominado *NEiNastran Modeler*. Puesto que en muchas ocasiones la geometría de los modelos ya ha sido creada mediante un programa CAD especializado, una de las funciones que NEiNastran Modeler incorpora, y que con mayor frecuencia se utiliza, es la de importación. El producto permite importar geometrías de CATIA, IGES, VDA, I-deas, Pro/Engineer, Solid Edge, Unigraphics, ACIS y Parasolid, así como del formato estándar DXF. De cualquier forma, NEiNastran Modeler dispone de

En el espacio

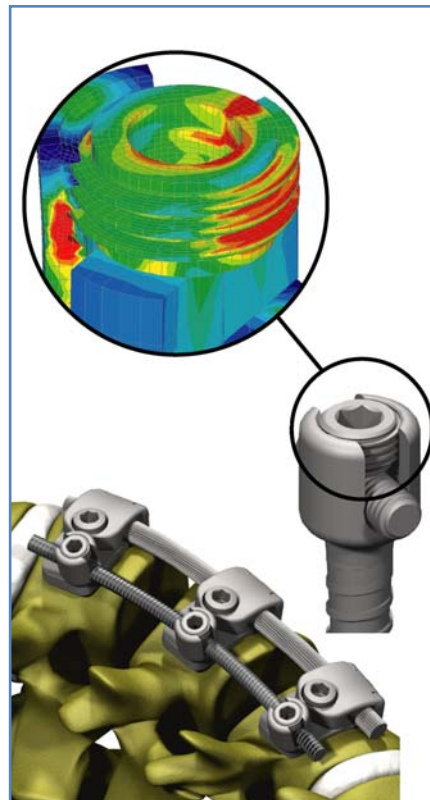
El escudo solar del nuevo telescopio espacial James Webb ha sido diseñado con NEiNastran

James Webb es el nombre del nuevo telescopio espacial de la NASA, que tiene previsto sustituir al Hubble en el año 2010. Su revolucionario diseño, con espejos hexagonales y seis metros de diámetro, permitirá observar objetos anteriores a la formación de las galaxias y de los sistemas planetarios, y profundizar en el conocimiento sobre el origen del universo. Uno de los componentes básicos del telescopio es su escudo solar, formado por cinco delgadas capas de material que protegen la delicada óptica de los rayos solares y evitan su calentamiento.

Para el diseño del escudo, con unas dimensiones de 22 x 10 metros, se ha elegido NEiNastran. El modelo tridimensional creado ha permitido identificar la necesidad de ajustar de forma precisa la tensión de los cables de reacción del escudo, así como recomendar la introducción de un cable perimetral en forma de catenaria que sujete los bordes del escudo para distribuir la carga de manera uniforme. De esta forma, se asegurará una protección adecuada del telescopio durante todo su tiempo de vida.



sus propias funciones para la creación de geometrías, que pueden utilizarse para crear un modelo desde cero, o para modificar un diseño importado desde un programa CAD.

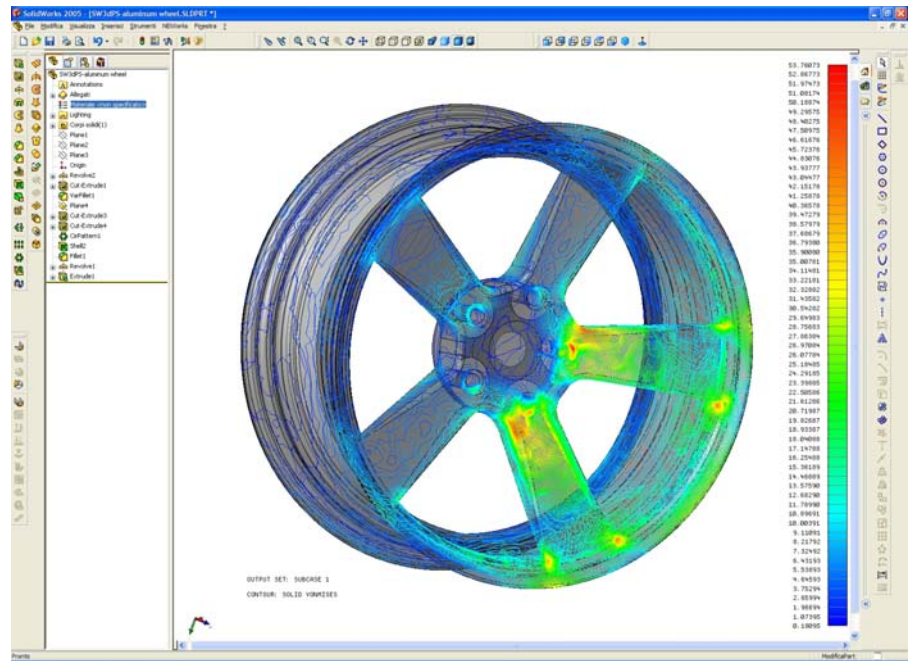


Modelo detallado de un tornillo utilizado para la fijación de una placa a la columna vertebral, y detalle de las tensiones que experimenta.

Pero con la geometría no basta, en especial si el diseño contiene partes móviles. Es necesario introducir elementos como barras, cables, membranas, muelles, amortiguadores o superficies de fricción, para simular el diseño mecánico con precisión. En este sentido, Modeler ofrece una importante biblioteca de componentes con los que conectar las diferentes partes del modelo que así lo precisen. Y no menos impresionante es la biblioteca de materiales. Para llevar a cabo cualquier análisis térmico, de resistencia o de tensión, es obligatorio definir el material o materiales con los que se elaborará el diseño. NEiNastran soporta materiales isotrópicos, ortotrópicos y anisotrópicos. Además, permite definir modelos avanzados de materiales cuyas propiedades estén en función de la temperatura, así como efectos de plasticidad, elasticidad no lineal y termoelasticidad. Con el módulo opcional NEiAdvanced Composites es posible, incluso, modelar con precisión estructuras compuestas por laminados, lo que resulta de particular utilidad en el diseño de cascos de veleros, alas de aviones o chasis de vehículos. NEiAdvanced Composites es sólo uno de los muchos módulos complementarios que se ofrecen con NEiNastran.

Antes de que el modelo esté listo para su análisis es preciso definir un par de cosas más. Por un lado, hay que dividir el diseño en sus partes elementales de acuerdo con lo que se conoce como mallado o mesh. Esta operación es hasta cierto punto crítica por varios motivos. En primer lugar, el mallado ha de ser lo suficientemente fino como para segmentar con precisión el modelo y sus detalles. En otro caso, los resultados obtenidos podrían discrepar de la realidad, en particular en contornos y superficies irregulares modeladas con poco detalle. NEiNastran permite el mallado automático o semiautomático de los sólidos, así como refinarlo en aquellos puntos que precisan una mayor resolución. Asimismo, el mallado puede adaptarse a las condiciones de construcción particulares del modelo, ya que, por ejemplo, el comportamiento de un bloque sólido es radicalmente diferente al de una superficie laminada.

En segundo lugar, es necesario establecer un compromiso entre el detalle del mallado y los tiempos de cálculo. En el modelado tridimensional, duplicar la resolución en cada dimensión supone incrementar por ocho el número de elementos finitos y el tiempo de cálculo. Afortunadamente, los diferentes resolvers (solvers) que incorpora NEiNastran están muy optimizados para proporcionar una solución al modelo en el menor tiempo posible.



Modelo de una llanta de aluminio creada mediante una herramienta CAD. El análisis muestra las zonas y puntos de máxima tensión cuando se ve sometida a una carga.

El último paso necesario previo al cálculo del modelo es su activación. Habrá que aplicar algún tipo de fuerza, presión o momento para analizar cómo responde el diseño, aunque se trate de la simple fuerza de la gravedad. NEiNastran permite definir qué cargas y condiciones de trabajo serán las habituales del modelo, incluyendo no únicamente fuerza, presiones, velocidades o aceleraciones, sino también temperaturas o flujos de calor para llevar a cabo análisis térmicos.

A resolver el modelo

Una vez llegados a este punto, ya todo es cuestión de esperar al cálculo y obtención de los resultados. Antes, no obstante, habrá que seleccionar uno de los cinco resolvers que incorpora NEiNastran para el análisis tomando como base la naturaleza del modelo y nuestra experiencia de diseño. En concreto, NEiNastran ofrece los siguientes resolvers:

- **PCGLSS** (Preconditioned Conjugate Gradient Linear System Solver): Es un solver lineal utilizado en otras herramientas FEA y que permite calcular modelos con hasta 7 millones de grados de libertad en un Pentium PC.
- **VSS** (Vector Sparse Solver): Basado en tecnología de la NASA, este solver utiliza métodos de reordenación avanzados para seleccionar la alternativa de cálculo más eficaz.
- **VIS** (Vector Iterative Solver): Muy robusto y capaz de proporcionar soluciones precisas para un amplio rango de modelos.
- **Lanczos**: Es un resolver de tipo eigensolver, capaz de tratar con hasta 4 millones de grados de libertad en un Pentium PC.
- **Subspace**: Como en el caso anterior, se trata de un eigensolver basado en este caso en VSS.

En tierra

El equipo de Fórmula 1 Minardi estandariza el uso de NEiNastran para el diseño de sus chasis

Tras varios meses de un completo análisis comparativo, el equipo Minardi ha seleccionado NEiNastran como la herramienta ideal para el diseño y análisis de sus futuros monoplazas. Su aplicación principal será la del diseño de los chasis monocasco de fibra de carbono, sobre los que se llevará a cabo un completo y exhaustivo análisis digital hasta cubrir el más mínimo detalle. Con ello, se pretende no tan solo cumplir con los estrictos estándares de seguridad, sino mejorar el rendimiento de los diseños, reducir el número de prototipos de prueba y acortar el tiempo de producción. Asimismo, Minardi aplicará NEiNastran para la elaboración de análisis aerodinámicos y de rigidez, y para la determinación de los requisitos estructurales para el montaje de la suspensión y los motores.



Con independencia del resolvidor aplicado, es interesante mencionar que todos ellos están soportados en plataformas Windows, Linux y Unix, y que la mayoría permiten la ejecución de cálculos en paralelo, ya sea en máquinas multiprocesadoras o en potentes clústers Linux de 64-bits.

La gran ventaja de un cálculo rápido es que experimentar con posibles cambios en el diseño y sus consecuencias no supone una espera interminable. Resulta obvio que las todas las aplicaciones FEA no son más que herramientas de cálculo que, a partir de un determinado input (el modelo), devuelven un resultado. En consecuencia, el ciclo habitual de diseño consiste en ir refinando una idea inicial a partir de los resultados obtenidos tras cada iteración. Dicho de otra forma, se trata de poner en práctica el viejo método de prueba y error, ya que ningún programa es capaz, por lo menos hasta la fecha, de optimizar un diseño por sí mismo.

Ver los resultados

Si el tiempo de cálculo invertido en resolver un modelo no es despreciable, es fácil imaginar que la cantidad de datos numéricos obtenidos será muy importante. Presentar estos datos de manera clara e inteligible es vital para conocer cómo se comporta el diseño. NEiNastran, al igual que otras muchas herramientas de análisis de elementos finitos, recurre a un tradicional esquema de coloreado del modelo para mostrar la magnitud de una variable. El caso más habitual es el de mostrar la tensión a la que se encuentra sometida cada punto del modelo con una gama de colores que va desde el rojo, que indica siempre los valores más altos, hasta el azul. Además de la tensión, es posible representar cualquier otro tipo de variable obtenida durante el proceso de cálculo, como la temperatura para el caso de análisis térmico. Resulta, asimismo, factible cortar el modelo por algún plano para mostrar sobre éste la gama de colores, y determinar isosuperficies, es decir, el conjunto de puntos con un valor común.

Naturalmente, NEiNastran permite crear multitud de gráficas que representen los datos obtenidos del resolvidor de una manera más clásica, seleccionan-

En el mar

Los principales equipos de la Copa América confían en NEiNastran

Diseñar un velero para la Copa América no es una tarea simple. Hasta el más mínimo detalle cuenta a la hora de sacar ventajas a los competidores. Un gran número de los equipos participantes utiliza NEiNastran como la principal herramienta de análisis de elementos finitos para el diseño del casco de fibra de carbono y de otras partes críticas del velero. En particular, la posibilidad que ofrece NEiNastran para modelar elementos laminados permite una fácil y rápida evaluación de múltiples diseños. Los ingenieros pueden analizar diferentes disposiciones de las capas de material en el casco para obtener el máximo rendimiento del modelo.



do las variables X e Y cuyos valores se desean confrontar. Pero, sin duda, una de las características más atractivas del producto es la de poder crear animaciones que muestren el cambio con el tiempo de una variable sobre el modelo cuando éste tiene carácter dinámico. Por ejemplo, NEiNastran permite ver la secuencia completa de deformación de una pieza cuando se la somete a una fuerza, el impacto de un objeto sobre otro e incluso las tensiones experimentadas por los pistones de un motor. Las animaciones se pueden guardar como ficheros AVI o publicarse en Internet como VRML, lo que permite una comunicación muy eficaz del comportamiento del diseño incluso a personas no especializadas.

Ajustarse más a la realidad

Si bien NEiNastran se centra especialmente en el análisis de elementos sólidos, es probable que para determinados proyectos se precise evaluar el comportamiento del modelo desde otros puntos de vista. Por ejemplo, en aplicaciones críticas puede ser interesante conocer el grado de fatiga de los componentes, en especial si van a someterse a cargas dinámicas. En lugar de utilizar otra herramienta específica para dicha problemática, NEiNastran ofrece diferentes módulos complementarios que se integran con la aplicación principal. Así, se puede aprovechar todo el trabajo de diseño ya realizado, y llevar a cabo otros análisis desde la misma interfaz de trabajo.

NEiNastran ofrece los siguientes módulos, la mayoría de los cuales han sido desarrollados por compañías especializadas:

- **NEiFluid Dynamics:** Ofrece soluciones de dinámica de fluidos computacional (CFD) y permite el cálculo en 3D de la velocidad, temperatura y presión de todo tipo de fluido, ya sea en estado transitorio o estacionario.
- **NEiThermal Basic y Advanced:** Módulo para el estudio de los procesos de transferencia de calor de modelos lineales o no lineales, en estado transitorio y estacionario. Permite crear modelos de conducción, convección, radiación y cambios de fase.
- **NEiFatigue:** Es un módulo dirigido al cálculo de los tiempos de fatiga de componentes sometidos a cargas dinámicas. La solución puede determinarse por análisis de elementos finitos o mediante otras aproximaciones clásicas.
- **NEiAeroelasticity:** Solución específica que ofrece funciones ampliadas en los campos de aeroelasticidad, aeroservoelasticidad, aerodinámica y dinámica estructural.
- **NEiAdvanced Composites:** Permite el análisis, diseño y fabricación de estructuras laminadas compuestas. Ofrece una solución más real y precisa al tratar con este tipo de materiales.