

Una guía del fabricante para aprovechar los beneficios en productividad del Análisis de elementos finitos (FEA)

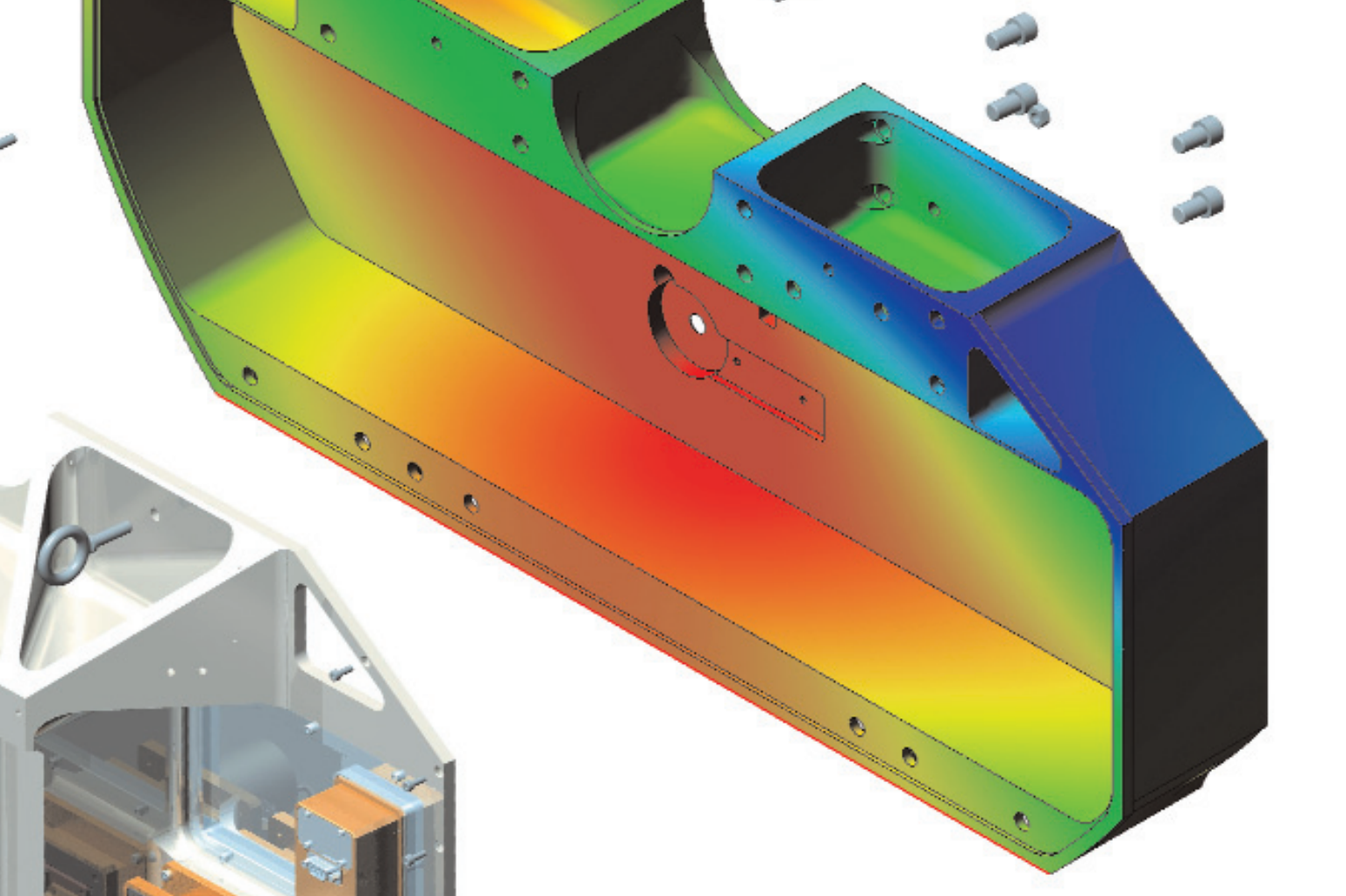
1234567891011121314151617181920	ITEM PART NUMBER	ITEM DESCRIPTION
1	M 10 X 1.5 L5 SHCS	SOCKET HEAD CAP SC
2	M 10 X 1.5 L5 SHCS	SOCKET HEAD CAP SC
3	M 10 X 1.5 L5 SHCS	SOCKET HEAD CAP SC
4	M 10 X 1.5 L5 SHCS	SOCKET HEAD CAP SC
5	M 10 X 1.5 L5 SHCS	SOCKET HEAD CAP SC
6	M 10 X 1.5 L5 SHCS	SOCKET HEAD CAP SC
7	M 10 X 1.5 L5 SHCS	SOCKET HEAD CAP SC
8	M 10 X 1.5 L5 SHCS	SOCKET HEAD CAP SC
9	M 10 X 1.5 L5 SHCS	SOCKET HEAD CAP SC
10	M 10 X 1.5 L5 SHCS	SOCKET HEAD CAP SC
11	M 10 X 1.5 L5 SHCS	SOCKET HEAD CAP SC
12	M 10 X 1.5 L5 SHCS	SOCKET HEAD CAP SC
13	M 10 X 1.5 L5 SHCS	SOCKET HEAD CAP SC
14	M 10 X 1.5 L5 SHCS	SOCKET HEAD CAP SC
15	M 10 X 1.5 L5 SHCS	SOCKET HEAD CAP SC
16	M 10 X 1.5 L5 SHCS	SOCKET HEAD CAP SC
17	M 10 X 1.5 L5 SHCS	SOCKET HEAD CAP SC
18	M 10 X 1.5 L5 SHCS	SOCKET HEAD CAP SC
19	M 10 X 1.5 L5 SHCS	SOCKET HEAD CAP SC
20	M 10 X 1.5 L5 SHCS	SOCKET HEAD CAP SC



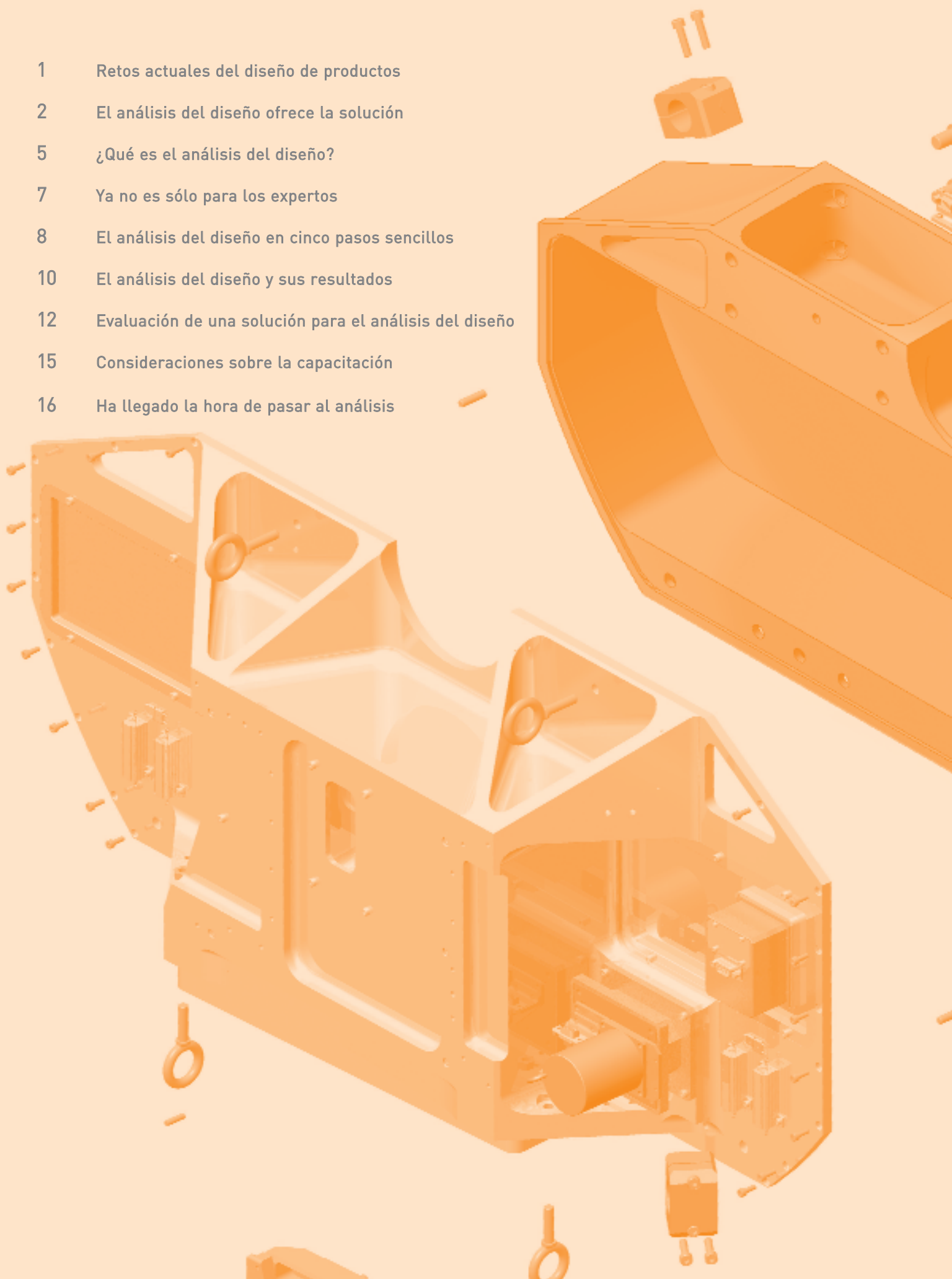
Pasar al Análisis

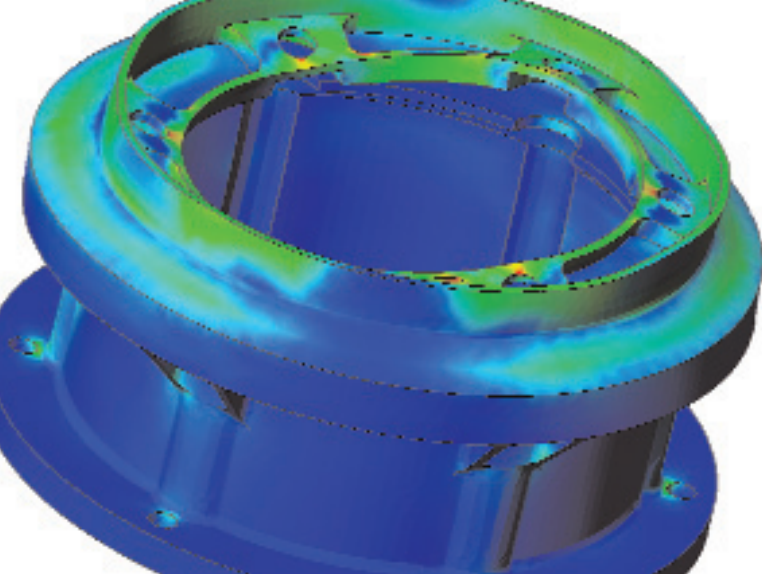


OS FINITOS UNA GUÍA DEL FABRICANTE PARA APROVECHAR LOS BENEFICIOS EN PRODUCTIVIDAD DEL ANÁLISIS



- 1 Retos actuales del diseño de productos
- 2 El análisis del diseño ofrece la solución
- 5 ¿Qué es el análisis del diseño?
- 7 Ya no es sólo para los expertos
- 8 El análisis del diseño en cinco pasos sencillos
- 10 El análisis del diseño y sus resultados
- 12 Evaluación de una solución para el análisis del diseño
- 15 Consideraciones sobre la capacitación
- 16 Ha llegado la hora de pasar al análisis





"Con la utilización de algunas de las funciones de optimización, generalmente podemos extraer entre un 15 y un 20% más de masa. COSMOS™ es la herramienta que lo hace posible".

Jim Staats, Vicepresidente,
Alliance Spacesystems Inc.

→ Retos actuales del diseño de productos

1

Dificultades de la creación de prototipos

Antes de que un nuevo producto pase a la fase de producción, se realizan pruebas del prototipo para garantizar que el rendimiento del producto cumpla con las expectativas del cliente. Algunas pruebas sólo requieren simples modelos físicos, mientras que otras, como las pruebas de integridad estructural, es posible que necesiten la producción de prototipos físicos completamente funcionales.

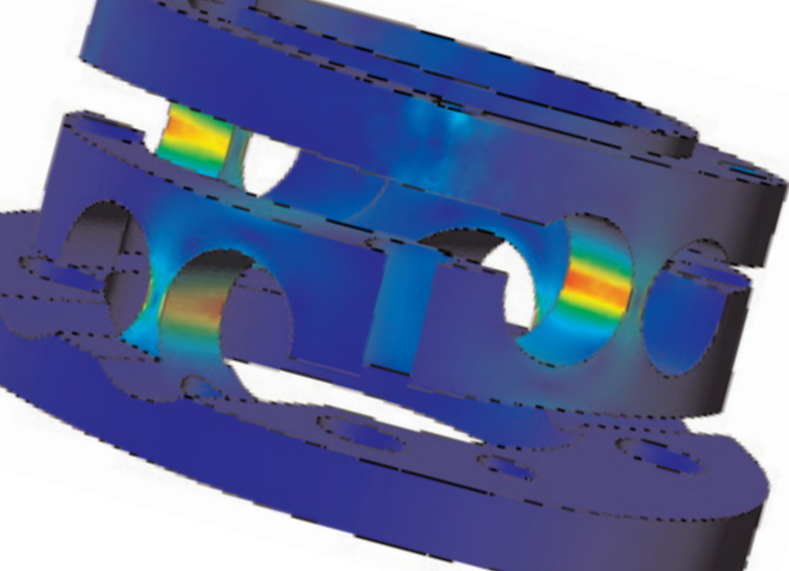
Los prototipos completamente funcionales son caros, se demora bastante en fabricarlos y, además, amplían los ciclos de desarrollo de los productos, especialmente cuando se necesitan varios prototipos. Las pruebas de prototipos a menudo revelan problemas que requieren modificaciones en el diseño, con lo que es necesario crear más prototipos y realizar más pruebas para analizar el diseño modificado. Por lo general, es necesario realizar muchas y costosas iteraciones diseño-prototipo antes de llegar al diseño del producto final.

En el mundo real de la fabricación, el retraso y los gastos relacionados con la creación de prototipos y la realización de pruebas a menudo reducen el número de iteraciones diseño-prototipo-prueba, lo que tiene una repercusión negativa en la calidad del producto. Sencillamente las empresas no pueden permitirse construir y comprobar el número de prototipos necesarios para lograr un diseño

optimizado y están dispuestas a aceptar un diseño que sea "lo suficientemente bueno" en vez de continuar optimizando el diseño. La creación de prototipos físicos y la realización de pruebas se han convertido en los principales obstáculos para el desarrollo de productos satisfactorios al crear dificultades que incrementan los costos y amplían los ciclos de diseño, a menudo sin producir el mejor diseño posible del producto.

Muchos fabricantes, que enfrentan presiones competitivas para lograr diseños más innovadores y optimizados y productos más seguros y fiables, han aprovechado la tecnología CAE (ingeniería asistida por computadora) para simular las iteraciones prototipo-prueba y optimizar los diseños basándose en una comprensión exhaustiva del comportamiento físico de un diseño. Al utilizar la tecnología de análisis del diseño para predecir el comportamiento del diseño, los ingenieros pueden optimizar los diseños del producto en la computadora sin construir un solo prototipo.

Esta guía se ha diseñado para ayudar a los ingenieros y desarrolladores de productos a comprender el valor del análisis del diseño en 3D así como para describir la manera de evaluar y seleccionar un sistema de análisis del diseño que proporcione grandes ventajas al proceso de desarrollo del producto.



"La principal ventaja era que podíamos ahorrar tiempo respecto a nuestros métodos anteriores. COSMOS es tan rápido y fácil de utilizar que pudimos ejecutar los 20 análisis necesarios para comprender el problema y resolverlo".

Don Bartlett, Ingeniero de Plantel Superior,
Fanuc Robotics NA

→ El análisis del diseño ofrece la solución

2

Antecedentes

Durante los inicios de la década de los 90, el proceso de desarrollo de productos empezó a evolucionar de un método de prototipo-prueba a un nuevo paradigma de desarrollo de productos mediante la tecnología del diseño asistido por computadora (CAD). En vez de incurrir en los costos y retrasos relacionados con la construcción y realización de pruebas de prototipos, los ingenieros empezaron a analizar modelos informáticos del diseño en cuestión mediante el método de análisis de elementos finitos (FEA).

El análisis del diseño con FEA es una tecnología de software que los ingenieros utilizan para simular el comportamiento físico de un diseño en condiciones de funcionamiento específicas. FEA divide un sólido en "elementos" geométricos, que se representan matemáticamente en la computadora como una malla en 3D que se superpone sobre el sólido y lo impregna, para resolver las ecuaciones diferenciales que rigen los fenómenos físicos tal como se aplican a las geometrías simuladas. Con la utilización de FEA, los ingenieros simulan las respuestas de los diseños ante las fuerzas de funcionamiento y utilizan estos resultados para mejorar el rendimiento del diseño, minimizando la necesidad de prototipos físicos.

Los primeros paquetes de software de análisis del diseño eran aplicaciones independientes y altamente

especializadas que se utilizaban para realizar simulaciones únicas y específicas que no se podían probar de manera eficaz con prototipos. Los edificios de contención de reactores nucleares son un ejemplo de la primera utilización del análisis del diseño, al simular una situación de prueba cuya duplicación con un prototipo real era extremadamente peligrosa.

Aunque los beneficios del análisis del diseño para todo tipo de desarrollo de productos son evidentes, el cambio general que ha realizado toda la industria al pasar de los prototipos físicos al análisis del diseño en 3D, que empezó a mediados de los 90, continúa debido a los siguientes desarrollos importantes:

- » El software de modelado de sólidos en 3D ha pasado a ser potente, asequible y fácil de utilizar;
- » El software de análisis del diseño se ha convertido en una herramienta potente, y accesible a los usuarios no especialistas;
- » El sistema operativo Microsoft® Windows® ha permitido la utilización de las aplicaciones de análisis y del CAD en las computadoras;
- » El hardware informático ha llegado a ser potente, asequible y fiable.

Observe que las características del sistema de análisis del diseño hoy en día son: más potente, más fácil de utilizar y menos caro. El poder informático de los procesadores centrales de los años 80



Bucyrus International, Inc.

es el líder mundial en la fabricación de palas, perforadoras y excavadoras de cuchara de arrastre para la industria de la minería superficial. Con la utilización de COSMOS, Bucyrus® redujo en un 20% el tiempo que dedicaba al análisis y en un 25% el ciclo de diseño.

3

está ahora disponible en sistemas PC a una fracción del precio original. El desarrollo de las herramientas de análisis del diseño avanzado permite que los fabricantes aprovechen la disponibilidad de potentes sistemas informáticos asequibles y obtengan los beneficios del análisis del diseño.

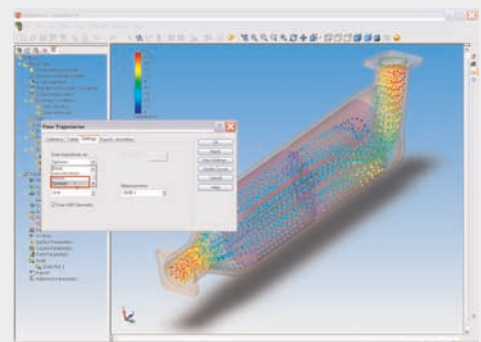
Combinación potente

El software de análisis de diseño completamente integrado con el software de modelado en 3D, les permite ahora a los ingenieros probar un diseño en la computadora en vez de utilizar iteraciones de prototipo-prueba. Los modelos de CAD se han convertido en prototipos virtuales y el análisis del diseño ha sustituido las pruebas físicas, con lo que se consigue un desarrollo del producto más rápido, menos costoso y más optimizado. Además, el análisis virtual del diseño permite realizar un test más exhaustivo del rendimiento de dicho producto del que sería posible aunque se utilizaran los prototipos más detallados, con lo que se obtienen productos más innovadores, fiables y comercializables.

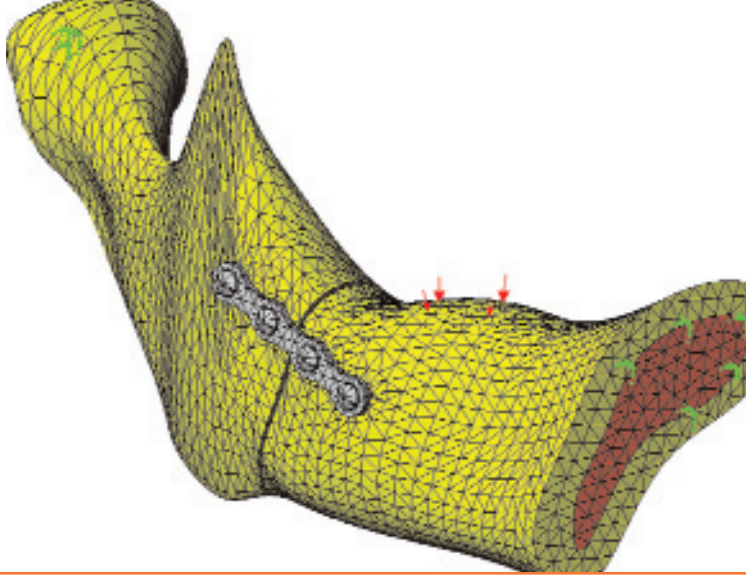
Prototipos frente a análisis del diseño

Las investigaciones han demostrado que el 80% de los costos de fabricación de un producto se concentran en el diseño aprobado y éste es el motivo por el que la capacidad de realizar repeticiones de diseño rápidas y económicas antes del lanzamiento del diseño se ha convertido en una ventaja competitiva crucial.

El análisis del diseño permite realizar iteraciones de diseño de manera rápida y económica en modelos virtuales en vez de en costosos prototipos físicos. Aunque los costos derivados de la creación de prototipos no fueran consideraciones importantes, el análisis del diseño aporta beneficios significativos a la calidad del producto, lo que permite que los ingenieros detecten los problemas de diseño mucho antes de lo que se tarda en construir un prototipo. El análisis del diseño también facilita el estudio de más de una opción de diseño y ayuda a desarrollar diseños optimizados. A menudo, el análisis rápido y económico revela soluciones no intuitivas y beneficia a los ingenieros al ofrecerles una mejor comprensión de las características del producto.



Integración en una sola ventana entre el CAD y el análisis



"Para desarrollar una nueva articulación artificial de mandíbula, se crearon diferentes modelos con diferentes materiales de placa/tornillo, y se realizó un análisis estático en COSMOSWorks™ para ver cómo la utilización de distintos materiales afectaría la tensión".

Tomoaki Kawamoto y Toshio Sugahara, Investigadores, Universidad Okayama, Facultad de odontología

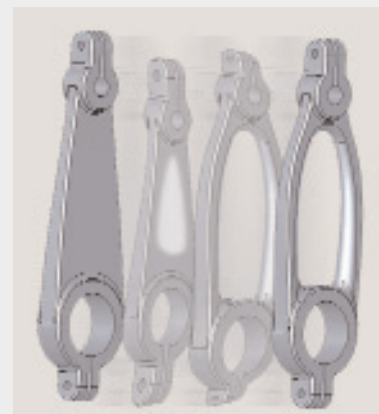
Si no está roto, es posible que todavía necesite que lo arreglen

Numerosas concepciones erróneas rodean la utilización del software de análisis del diseño. Muchos ingenieros creen que el análisis del diseño basado en FEA es esotérico, caro y difícil de utilizar. Algunos ingenieros creen que para hacer funcionar el software de análisis del diseño es necesario tener un doctorado, que sólo lo utilizan empresas muy grandes y que resulta innecesario para el tipo de trabajo que realizan. Las investigaciones han demostrado que siete de cada diez ingenieros de diseño que utilizan el CAD en 3D son de esta opinión.

Como resultado, muchos ingenieros aplican diseños que no se han probado directamente a los prototipos o incluso pasan directamente a la fase de producción, poniendo de este modo en peligro la calidad del producto y las valiosas relaciones con los clientes. En otros casos, los diseñadores simplemente siguen su curso al reproducir productos obsoletos y prefieren continuar con conceptos que han funcionado en el pasado en vez de luchar por innovar y abrir nuevos caminos. Su premisa es: "Si no está roto, no intentes arreglarlo". Seguir con el status quo puede costarle mucho dinero a una empresa en oportunidades perdidas para introducir productos de mayor calidad, de aspecto más atractivo y moderno que más consumidores deseen comprar. Si el diseño del producto no se optimiza, se pueden incrementar los gastos como, por ejemplo, la utilización de una

cantidad excesiva de materiales, que podría reducirse al implementar el análisis del diseño. El ahorro de tan sólo una décima parte de un céntimo por unidad se puede convertir en una suma considerable cuando un fabricante produce miles de unidades. En otras palabras, incluso "si no está roto, es posible que todavía necesite que lo arreglen".

Ahora que el análisis del diseño está completamente automatizado y es accesible para todos -algunas funciones del análisis se incluyen de manera gratuita como parte de algunos paquetes de CAD en 3D- las concepciones erróneas respecto al análisis del diseño están desapareciendo, puesto que cada vez más ingenieros evalúan estas herramientas.



Un brazo de conexión antes y después de la optimización



KryoTech, Inc.,

fabricante de sistemas de refrigeración para computadoras personales, redujo su ciclo de diseño de un año a tres meses, gracias a la utilización de Cosmos, su herramienta de análisis del diseño, integrada con SolidWorks.

→ ¿Qué es el análisis del diseño?

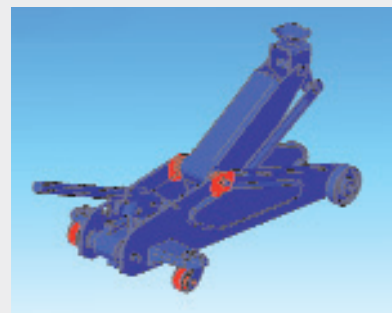
5

En términos sencillos, el análisis del diseño es una potente tecnología de software para la simulación del comportamiento físico de un futuro producto en la computadora. ¿Se romperá? ¿Se deformará? ¿Se calentará demasiado? Éstos son los tipos de preguntas a las que el análisis del diseño ofrece respuestas precisas. En vez de construir un prototipo y desarrollar elaborados regímenes de pruebas para analizar el comportamiento físico de un producto, los ingenieros pueden obtener esta información de manera rápida y precisa. Puesto que el análisis del diseño puede minimizar o incluso eliminar la necesidad de crear prototipos físicos y realizar pruebas, esta tecnología se ha estandarizado en el sector de la fabricación durante la última década y se ha convertido en una valiosa herramienta de desarrollo de productos que está omnipresente en casi todos los campos de la ingeniería.

DEL análisis del diseño emplea el método de análisis de elementos finitos (FEA) para simular el comportamiento físico del diseño de un producto. El proceso de análisis de elementos finitos (FEA) consiste en subdividir todos los sistemas en componentes individuales o "elementos" cuyo comportamiento es de fácil comprensión y, a continuación, reconstruir el sistema original a partir de estos componentes. Se trata de una manera natural de realizar análisis en ingeniería e incluso en otros campos analíticos, como la economía. Por ejemplo, un brazo de control en la suspensión de un coche es una forma continua.

Una aplicación del análisis comprobará el brazo de control dividiendo la geometría en 'elementos', analizándolos y, a continuación, simulando lo que sucede entre los elementos. La aplicación muestra los resultados como imágenes en tres dimensiones con códigos de color, normalmente rojo para indicar un área de error y azul para indicar las áreas que mantienen su integridad bajo la carga aplicada.

Los ingenieros utilizan el análisis del diseño para casi todo tipo de desarrollo de productos y también para la investigación. El análisis de diseños mecánicos, plásticos moldeados por inyección, sistemas de refrigeración, productos que emiten campos electromagnéticos y sistemas que se ven influidos por la dinámica de fluidos son sólo algunos ejemplos de cómo las empresas aprovechan el análisis del diseño.



En esta imagen, las áreas de color rojo indican un posible fallo



"Con algunos programas de software, uno simplemente sabe que está obteniendo beneficios. En mi opinión, COSMOS se ha amortizado, sin lugar a dudas, más de diez veces"

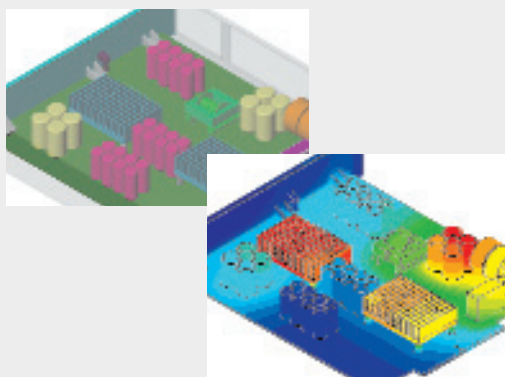
Steve Massey, Ingeniero Mecánico,
Sturman Industries

En el campo de la ingeniería mecánica, el análisis del diseño puede resolver una amplia gama de problemas relativos al desarrollo de productos. Los ingenieros pueden utilizar el análisis del diseño para predecir el comportamiento físico de casi cualquier pieza o ensamble en todas las condiciones de carga: desde una sencilla viga bajo una carga de flexión hasta simulaciones de accidentes de tráfico y el análisis de las vibraciones de un avión. El verdadero poder del análisis del diseño consiste en la capacidad de realizar cualquiera de estos tipos de estudios de manera precisa sin necesidad de construir nada. Todo lo que se necesita es un modelo de CAD.

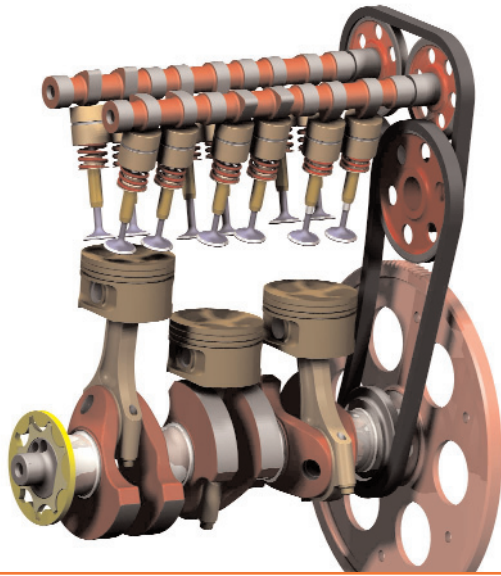
La aplicación de análisis del diseño más habitual en el campo de la ingeniería mecánica es el análisis de tensiones. Los ingenieros estudian las tensiones (tanto estructurales como térmicas) de una pieza para determinar si fallará o no y si es necesario realizar modificaciones en el diseño para superar problemas potenciales. El análisis del diseño también se utiliza para determinar el potencial de deformación de las piezas, las frecuencias de resonancia y los modos de vibración de piezas y ensambles, las respuestas dinámicas y sísmicas, las tensiones de contacto y la distribución de la temperatura, para nombrar algunas utilidades; así como también se utiliza para analizar el flujo

de los fluidos, tanto si se trata de un gas o un líquido en una tubería, como la mezcla de aire y combustible del colector de admisión de un motor o bien el plástico en estado líquido para rellenar un molde.

Además de trabajar estrechamente con paquetes de CAD, las aplicaciones comerciales de análisis del diseño también interactúan con los cada vez más populares programas de análisis de movimiento para crear completos análisis virtuales y sistemas de prueba. En otros campos de la ingeniería, el análisis del diseño se utiliza de manera satisfactoria para estudiar los campos electromagnéticos, la mecánica de suelos, el flujo de las aguas subterráneas, el crecimiento de los huesos, etc.



COSMOSFloWorks™ se utilizó para modelar el flujo de aire a través de este entorno de placas de circuito



Steve Prentice Design Limited

es una empresa de consultoría del sector automotriz que utiliza COSMOS para el análisis inicial. "En 18 meses, hemos realizado más proyectos de conceptos que nunca y los hemos expresado con un mayor nivel de definición en menos tiempo del que los clientes creían posible".

→ Ya no es sólo para expertos

7

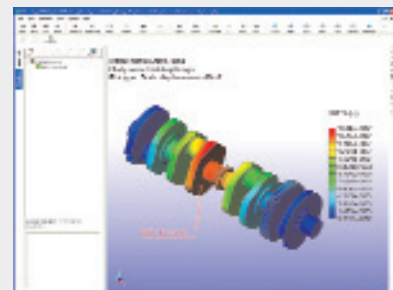
El análisis del diseño proporciona mayores beneficios cuando se realiza al principio del ciclo de diseño, puesto que es entonces cuando resulta más fácil y rentable realizar cambios. Cuando el análisis se realiza junto con el modelado en 3D, los ingenieros de diseño pueden aprovechar para corregir, mejorar u optimizar los diseños.

Durante muchos años, el análisis del diseño fue el territorio exclusivo de analistas altamente especializados, que analizaban los modelos después de que un ingeniero de diseño finalizara su trabajo. Este método hacía que se perdiera mucho tiempo en la interacción entre diseñadores y analistas, especialmente cuando los modelos tenían que ser recreados en un paquete de análisis diferente.

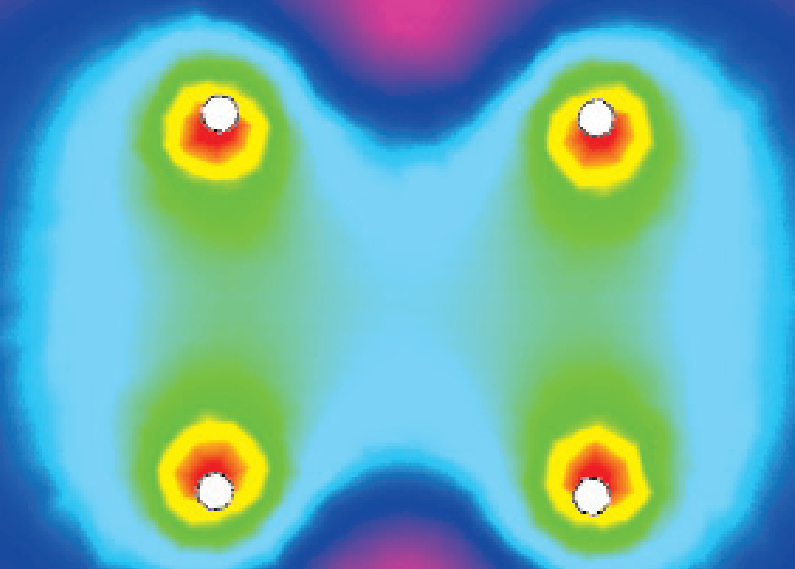
Sin embargo, en los últimos años, los beneficios que conlleva la utilización del análisis como parte del diseño conceptual se han hecho evidentes. Los ingenieros de diseño, cuando tienen la formación suficiente para utilizar los modernos sistemas de análisis integrados de la actualidad, se encuentran en mejor posición para aprovechar los resultados del análisis con el objetivo de modificar los modelos a medida que progresan las repeticiones del diseño. La participación directa de los ingenieros de diseño en el análisis, permite ofrecer rápidos plazos de entrega y garantiza que las modificaciones del diseño que indican los resultados del análisis se apliquen

de manera inmediata durante su progreso.

En gran medida, la tecnología de análisis le ayuda a difuminar las líneas de demarcación entre las empresas de ingeniería tradicionales. Mientras que la realización de versiones preliminares, el diseño y el análisis de producto eran tareas tradicionalmente separadas realizadas por diferentes personas, la disponibilidad de una potente herramienta de análisis y de CAD, fácil de utilizar y asequible ha fomentado un mayor sentido de la colaboración, entre todas las funciones de ingeniería.



Los usuarios pueden transmitir los resultados del análisis a otros miembros de los equipos de diseño con herramientas como SolidWorks eDrawings



"Con COSMOS ahorramos tanto tiempo que, en cierta manera, no se puede cuantificar. Podemos cambiar la geometría y realizar el análisis en media hora. Si tuviéramos que realizar estos cálculos tridimensionales a mano, tardaríamos días".

Chris Andre, Ingeniero Mecánico,
Genetronics

→ El análisis del diseño en cinco pasos sencillos 8

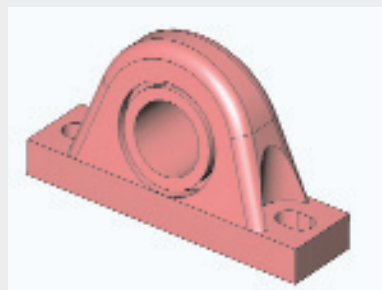
Este soporte ofrece un sencillo ejemplo de cómo se utiliza el análisis del diseño. Se acaba de realizar el diseño de este soporte y estamos listos para hacer dibujos de producción basándonos en el modelo de CAD.

Sin embargo, no estamos seguros de que el soporte sea lo suficientemente fuerte como para aguantar las cargas de servicio sin sufrir deformaciones y tensiones excesivas. Estamos cerca de las fechas límites de producción y casi estamos fuera del presupuesto, por lo que necesitamos respuestas de manera rápida y económica. El análisis del diseño puede proporcionarnos estas respuestas utilizando simplemente nuestro modelo de CAD original y un paquete de análisis.

Con un sistema de análisis del diseño integrado, podemos realizar el análisis directamente en nuestro modelo en 3D, sin salir en ningún momento de nuestro paquete de CAD. Una vez que tenemos nuestra geometría, podemos configurar el modelo, realizar el análisis y analizar los resultados en un par de pasos.

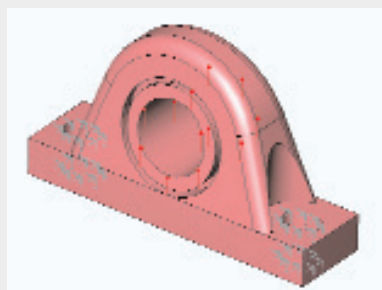
Paso 1

Primero, definimos y asignamos las propiedades materiales al modelo.



Paso 2

A continuación, aplicamos las cargas y soportes adecuados que representan las condiciones de carga de la vida real.



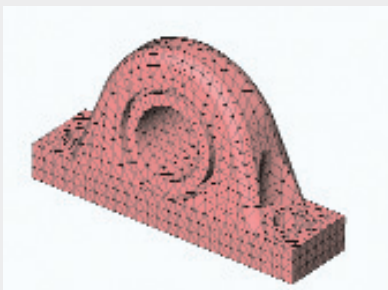


True Technologies

es una empresa de consultoría de ingeniería de sonido. Al encontrarse con una pieza que no funcionaba correctamente después de usarla durante 20 minutos, recurrieron al análisis para obtener ayuda. Después de optimizar la pieza en COSMOS, funcionó durante más de 1.000 horas sin ningún fallo, incluso cuando la alimentación se incrementó en un 50%.

Paso 3

Ahora, generamos el mallado de la geometría. El mallado consiste básicamente en dividir la geometría en pequeñas piezas de formas simples denominadas elementos finitos. El análisis del diseño utiliza los elementos finitos para calcular la respuesta de nuestro modelo a las condiciones de carga indicadas. El mallado se realiza automáticamente de poca, si es que se necesita, intervención del usuario.

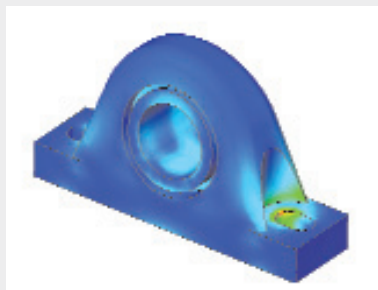


Paso 4

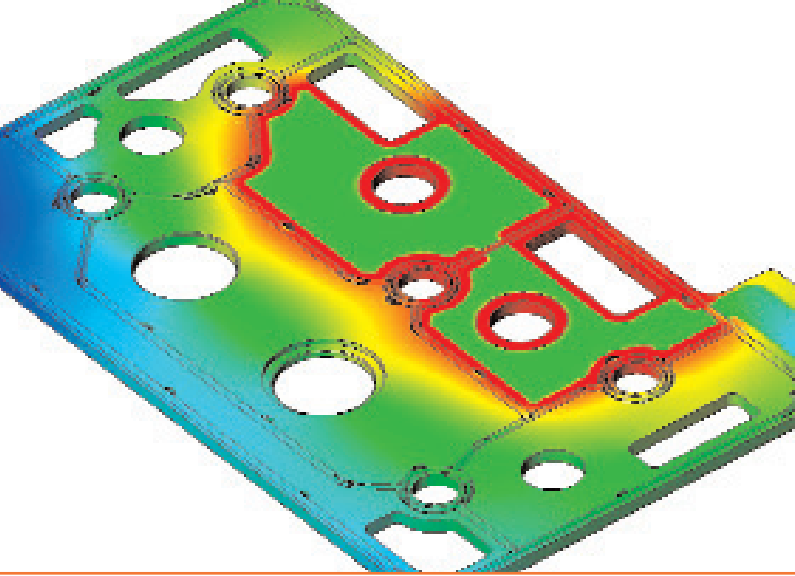
Después de generar la malla del modelo, se lleva a cabo la solución del análisis. Este paso está completamente automatizado y no es necesaria la intervención del usuario.

Paso 5

Una vez que la solución está completa, podemos analizar los resultados. Por supuesto, éstos dependen del tipo de análisis realizado. En nuestro caso, estábamos interesados en propiedades estructurales como las desviaciones y tensiones. También podemos utilizar el análisis del diseño para evaluar las frecuencias de resonancia, la distribución de la temperatura o la respuesta estructural a las cargas dinámicas.



Los resultados de nuestro análisis verificarán la función de nuestro diseño o bien nos mostrarán dónde tenemos problemas que requieran modificaciones para conseguir la calidad, el nivel de tensión y la frecuencia natural necesarias, etc. Con los paquetes de análisis integrados, se pueden realizar fácilmente modificaciones en el diseño en el mismo modelo de CAD que se utilizó para el análisis inicial.



"Utilizar COSMOSWorks significa que podemos realizar cálculos en las diferentes etapas del diseño de manera rápida y sencilla. A continuación podemos compararlas entre sí".

Karsten Hoffman, Líder de Proyectos,
Dräger Medical

→ El análisis del diseño y sus resultados

10

La utilización del análisis como una herramienta de diseño produce productos de mayor calidad de manera más rápida y a un precio menor. Por supuesto, para obtener estos beneficios es necesario realizar una inversión en la adquisición del software de análisis del diseño y en la capacitación de los usuarios. Generalmente, no es necesario comprar hardware nuevo porque las estaciones de trabajo de CAD existentes suelen ser adecuadas para ejecutar el software de análisis.

El Retorno de Inversión (ROI) real que consigue una empresa al implementar el software de análisis del diseño depende de las necesidades de la empresa, el paquete de análisis específico seleccionado, cómo se implementa el software de análisis y la capacitación realizada.

En muchos casos, el costo del software de análisis y de la capacitación se recupera durante el primer año de implementación.

El Retorno de Inversión (ROI)

Aunque resulta útil realizar una completa evaluación del Retorno de inversión (ROI) antes de implementar el análisis del diseño en 3D por razones de planificación, los cálculos sencillos basados en medidas de fácil cuantificación también ofrecen información útil. He aquí un ejemplo del campo de la ingeniería automotriz.

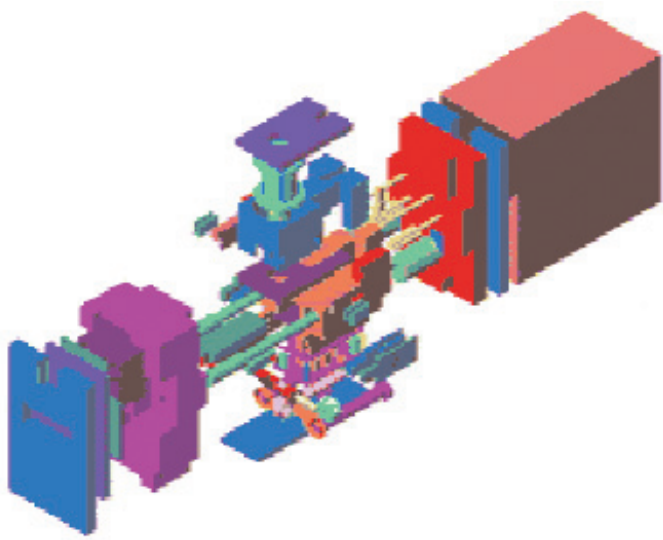
El costo de los prototipos y las pruebas de piezas sencillas como el soporte de un motor, la polea o el hardware de una puerta pueden ir fácilmente de 10.000 a 20.000 y se tardan varias semanas en llevar a cabo estos pasos.

Compare este gasto con de una sola licencia de software de análisis del diseño integrado y la capacitación del usuario y verá cómo el software de análisis del diseño puede aportar beneficios a su empresa.

Los resultados del análisis se pueden producir en cuestión de horas en la mayoría de los casos, lo que representa una importante ventaja competitiva para todas las empresas de fabricación. Los beneficios de la reducción de costos derivada de la utilización del análisis del diseño en vez de la tradicional creación de prototipos y realización de pruebas, son incluso mayores cuando entran en juego piezas y productos complejos.

En el caso de piezas complejas, los costos de la realización de prototipos y pruebas pueden ascender fácilmente a cientos de miles de dólares y pueden tardar varios meses en completarse. Aunque un cálculo del ROI puede reflejar fácilmente ahorros cuantificables, hay beneficios adicionales que son más difíciles de cuantificar, como la capacidad de analizar varias configuraciones del diseño, el potencial para la reducción de costos de garantía y la repercusión general de la calidad del producto mejorado.

El ROI varía en cada caso particular y las empresas deben considerar el costo de oportunidad que tiene el no usar un sistema de análisis para el desarrollo del producto. Es evidente que los beneficios derivados de la calidad del producto con la utilización del análisis del diseño como parte de su desarrollo, pueden proporcionar beneficios sustanciales relativos a la inversión realizada por una empresa en el software de análisis del diseño.



SANDIA National Laboratories

trabajó mucho durante cinco meses en la validación de un proyecto y sólo consiguió terminar el 90% con un software de análisis de la competencia. Después de pasar a COSMOS, SANDIA National Laboratories pudo analizar un sólido muy detallado compuesto por 306 piezas en sólo una semana.

Ahorros derivados de un lanzamiento de producto más rápido al mercado

Tamaño del equipo de ingeniería y diseño	5
Salario medio completamente cargado (incluidos los gastos generales variables)	\$65.000
Mejora del lanzamiento al mercado con el análisis de COSMOS	30%
Ahorros de tiempo anuales derivados de una mayor productividad (en horas de trabajo)	3000
Ahorros anuales derivados de un mejor lanzamiento al mercado	\$97.500

Ahorros derivados de una mejor calidad del producto

Costo anual de los fallos de campo	\$100.000
Reducción de los fallos de campo gracias a la utilización del análisis de COSMOS	20%
Ahorros anuales derivados de la reducción de fallos de campo	\$20.000
Costo anual de las reclamaciones de productos	\$10.000
Reducción de las reclamaciones gracias a la utilización del análisis de COSMOS	15%
Ahorros anuales derivados de la reducción de las reclamaciones	\$1.500
Ahorros totales derivados de una mejor calidad de los productos	\$21.500

Ahorros derivados de la reducción de prototipos y pruebas físicas

Costo anual de los prototipos	\$150.000
Reducción de los prototipos gracias a la utilización del análisis de COSMOS	32%
Ahorros anuales derivados de la reducción de prototipos	\$48.000
Costo anual de las pruebas físicas	\$175.000
Reducción de las pruebas físicas gracias a la utilización del análisis de COSMOS	23%
Ahorros anuales derivados de la reducción de pruebas físicas	\$40.250
Ahorros totales derivados de una mejor calidad de los productos	\$88.250

Mayores beneficios gracias a un lanzamiento al mercado más rápido y a una mejor calidad

Ingresos anuales	\$20.000.000
Promedio del margen de beneficios	8%
Incremento en las ventas derivado de una mayor calidad de los productos	3%
Incremento anual de beneficios derivado de una mayor calidad de los productos	\$48.000
Incremento en las ventas derivado de un lanzamiento al mercado más rápido	5%
Incremento anual de beneficios derivado de una mayor calidad de los productos	\$80.000
Incremento total de beneficios gracias a un lanzamiento al mercado más rápido y a una mejor calidad	\$128.000

Resumen de los ahorros e incrementos de los beneficios

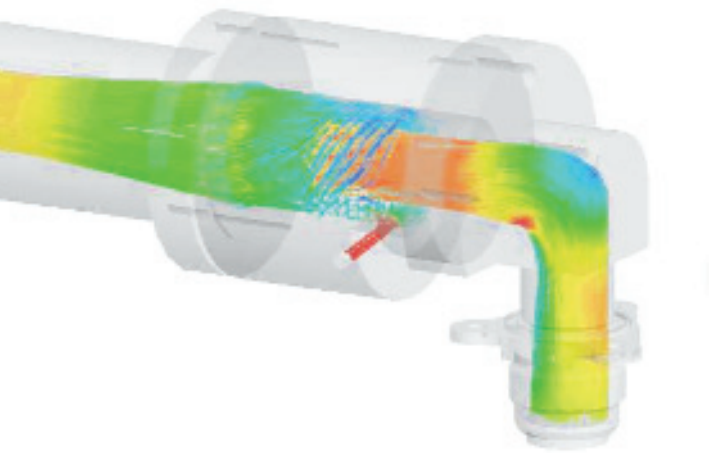
Ahorros anuales derivados de un lanzamiento al mercado más rápido	\$97.500
Ahorros anuales derivados de una mejor calidad de los productos	\$21.500
Ahorros anuales derivados de la reducción de prototipos y pruebas físicas	\$88.250
Incremento anual de los beneficios derivado de un lanzamiento al mercado más rápido y de una mejor calidad	\$128.000
Tasa de descuento	15%
Beneficio económico anual derivado del software de análisis de COSMO	\$335.250
Beneficio económico de tres años gracias a COSMOS, valor neto actual	\$880.269

Costo total de propiedad (TCO)

Costo total asumido el primer año (incluida la licencia, el hardware, la capacitación, el soporte, la instalación, la gestión, etc.) por licencia	(\$10.000)
Costo anual asumido después del primer año (incluidas las actualizaciones, el soporte, la capacitación adicional, etc.) por licencia	(\$3.000)
Número de licencias adquiridas	5
Costo total de propiedad (TCO) del primer año para todas las licencias	(\$50.000)
Costo total de propiedad (TCO) durante un período de tres años el soporte, las licencias, valor neto actual	(\$74.386)

Retorno de Inversión (ROI)

El ROI total durante el primer año	\$285.250
El ROI durante los tres primeros años, valor neto actual	\$805.883



"Sin duda alguna, COSMOS nos ha ayudado a reducir el tiempo dedicado al diseño de proyectos. Cuando empezamos el proyecto, calculamos que tardaríamos un total de ocho meses. Con COSMOS, ahorramos dos meses completos de trabajo de desarrollo".

David Rachels, Ingeniera,
Purolator-Facet

→ Evaluación de una solución para el análisis del diseño 12

Hay muchos programas de análisis del diseño diferentes en el mercado. ¿Cómo deben las empresas de fabricación llevar a cabo la evaluación y selección del paquete de análisis que sea también parte de su herramienta de diseño? ¿Qué paquete de análisis del diseño producirá el mayor rendimiento de inversión cuando se implemente en el proceso de desarrollo de producto?

Hay muchos temas importantes que hay que considerar a la hora de evaluar y seleccionar una solución para el análisis del diseño:

Los paquetes de análisis del diseño se deben integrar en los sistemas de CAD. Aunque es posible intercambiar información entre los paquetes de análisis y de CAD mediante archivos neutros como GES o STEP, este método lleva mucho tiempo, es imprevisible, propenso a errores y no ofrece ningún tipo de asociatividad bidireccional entre los modelos de análisis y de CAD. La mejor opción es una interfaz directa entre los dos.

Un paquete de análisis del diseño integrado funciona bien sólo si la solución de CAD es completamente asociativa, paramétrica y basada en funciones. Estos tipos de sistemas de CAD permiten que los ingenieros de diseño supriman temporalmente las funciones geométricas poco importantes, sin eliminarlas de manera permanente, y examinen fácilmente las diferentes configuraciones del diseño aprovechando la naturaleza paramétrica del modelo de CAD.

En un sistema realmente integrado, la solución de CAD se convierte en el host de la aplicación del análisis. Esto no sólo permite realizar rápidas iteraciones de análisis del diseño, sino que reduce sustancialmente la duración de su desarrollo puesto que todas las funciones de geometría (normalmente, la parte del análisis del diseño que más tiempo lleva) se realizan en el paquete de CAD.

La solución para el análisis del diseño debe ser fácil de utilizar, pero también debe incluir funciones para la intervención del usuario; además de ofrecerle el control sobre el mallado, el tipo y el orden de los elementos, el esquema de idealización y el método de solución deseado. El usuario debe poder controlar tareas de análisis específicas si la intervención se hace necesaria o se prefiere.

La solución para el análisis del diseño debe tener un buen generador de mallas automático y un solucionador rápido. La calidad de la malla de elementos finitos es esencial para producir resultados de análisis precisos y un solucionador rápido es importante para producir resultados de análisis de manera apropiada. Disponer de un buen generador de mallas y un solucionador rápido reduce o elimina la necesidad de preparar la geometría antes de generar la malla. Incluso en los grandes modelos de CAD se generan mallas y soluciones rápidamente con generadores de malla automáticos y solucionadores rápidos.

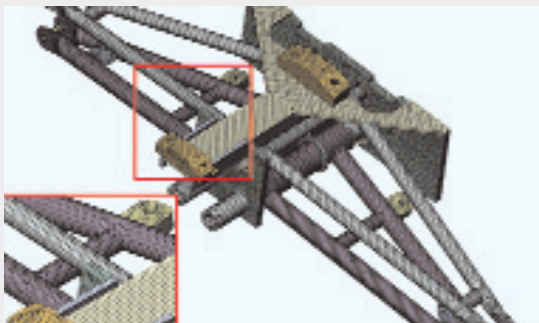


SpaceShipOne,

La primera nave espacial para tripulación, fue diseñada y construida por Scaled Composites Inc. La compañía ha usado COSMOS, para el análisis de materiales compuestos por más de 15 años, lo que contribuyó a tener un diseño único.

La solución para el análisis del diseño debe gestionar la mayoría de los tipos de análisis habituales. ¿Qué potencia debe tener en términos de funcionalidad? A veces los ingenieros tienen la tentación de seleccionar un paquete de análisis que pueda gestionar todos los tipos de análisis posibles, en caso de que algún día surja la necesidad.

Los paquetes de análisis de gama alta funcionan bien en manos de analistas con mucha formación, pero no cuando se utilizan simultáneamente con CAD durante el proceso de desarrollo del producto. En vez de seleccionar el software de análisis más potente disponible, los fabricantes deben buscar la solución a la mayoría de sus necesidades.



Malla de la suspensión anterior de una motonieve.

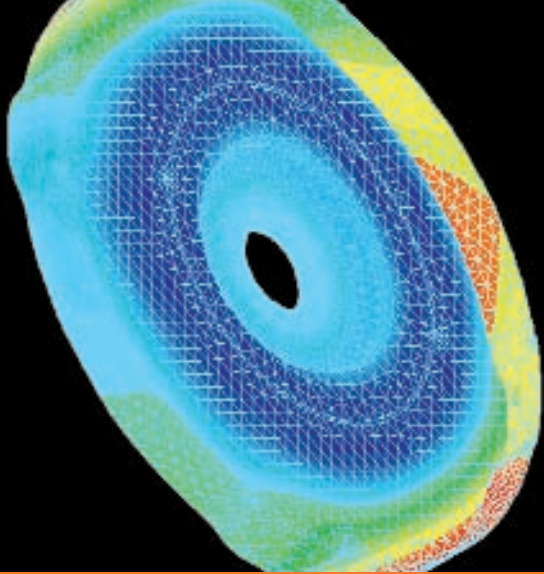
Los tipos de análisis realizados en la mayoría de los procesos de análisis del diseño incluyen:

- » Análisis de la tensión lineal
- » Análisis de la tensión de contacto
- » Análisis del modelo de frecuencia
- » Análisis térmico del estado de equilibrio
- » Análisis de pandeo

Los sistemas de análisis del diseño integrados deben admitir estos tipos de análisis con la opción de añadir más funciones posteriormente. \Probablemente si un proyecto ocasional necesita análisis más avanzados, como no lineales o dinámicos, el análisis será demasiado complejo para que un ingeniero de diseño implemente el proceso.

Es aconsejable dejar los análisis complejos en manos de un analista especializado. Cuando se hace necesario un análisis más avanzado, los paquetes del diseño integrado facilitan el intercambio de datos entre los ingenieros de diseño y los analistas, sin necesidad de reconstruir o convertir el modelo. Así, de manera ideal, una solución para el análisis del diseño integrado debe ser un subconjunto de un programa de mayor envergadura.

La solución también debe incorporar herramientas para transmitir la intención del diseño al resto de la organización y tener las herramientas necesarias para presentar resultados de manera clara y concisa.



"COSMOS me ha ayudado a ver que había dos soluciones viables: doblar el espesor o diseñar una indentación de anillo. Era menos costoso que doblar el espesor del material, así que ésa fue la solución que elegí".

Tao You, Ingeniero,
Fleetguard, Inc.

La generación automática de informes y resultados debe hacer que los resultados del análisis sean accesibles para cualquier persona con un software de entorno de oficina estándar sin tener que utilizar el propio software de análisis. Los archivos de resultados se deben crear en formatos de gráficos comunes como, por ejemplo, .html para gráficos de Internet y .avi para trazados animados.

Los recursos y los conocimientos especializados del análisis deben estar disponibles y ser accesibles para los usuarios. ¿El paquete de análisis del diseño proporciona acceso a los sistemas de ayuda en línea, al soporte técnico telefónico y a los grupos de usuarios y asesores independientes del proveedor de software?

La consideración final a la hora de evaluar y seleccionar un sistema de análisis del diseño es el costo. El software de análisis del diseño no debe ser demasiado caro, ya sea en términos de costos de licencia, de implementación o de capacitación. Sin embargo, el precio no debe ser la única consideración. Muchas veces, el precio que supone comprar software inadecuado supera en mucho el ahorro que se consigue en el precio de compra.

También hay que tener en cuenta el Retorno de inversión. Un paquete que sea un poco más caro puede producir mayores ahorros que compensen con creces este mayor precio.

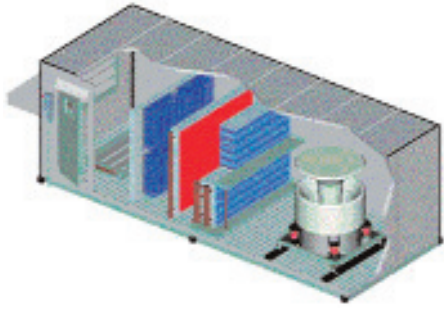
En resumen, al evaluar y seleccionar un sistema de análisis del diseño, hay que tener en cuenta lo siguiente:

El sistema de CAD debe ser:

- » Un modelador de sólidos completamente asociativo, paramétrico y basado en funciones
- » Capaz de crear toda la geometría para las funciones del análisis y de CAD
- » Capaz de moverse entre los modelos de análisis y diseño manteniendo, a la vez, la vinculación de las geometrías

El paquete de análisis del diseño debe:

- » Estar integrado con un modelador de sólidos completamente asociativo, paramétrico y basado en funciones
- » Estar diseñado para minimizar la necesidad de implicación del usuario con tareas de análisis específicas, pero ofrecer herramientas para controlar las tareas de análisis cuando sea necesario
- » Estar provisto de un generador de mallas avanzado y una selección de solucionadores rápidos
- » Ser capaz de gestionar todos los tipos de análisis habituales como, por ejemplo, el análisis estático, de frecuencia, de contacto de pandeo y térmico
- » Ser escalable a paquetes de análisis de gama alta para los analistas
- » Estar provisto de herramientas para comunicarse con el resto de la organización de desarrollo del producto
- » Ser capaz de proporcionarle un buen soporte al usuario
- » Tener un precio razonable



Cambridgeport Air Systems

sustituyó tres prototipos físicos mediante la utilización del análisis, con lo que se ahorró una cantidad estimada entre los 5.000 y los 6.000€. "COSMOS no sólo demuestra que los diseños funcionarán, sino que también ayuda a nuestros ingenieros a revelar los errores de los diseños y solucionarlos antes de que éstos aparezcan durante la fabricación o las pruebas".

→ Consideraciones de la capacitación

15

La preparación y la capacitación de ingenieros de diseño para conseguir los beneficios que ofrece el análisis del diseño es tan importante como la selección del paquete adecuado para las necesidades de un fabricante.

Normalmente, los ingenieros de diseño sólo necesitan realizar tipos de análisis sencillos y los paquetes de análisis del diseño integrado de la actualidad hacen que la teoría de FEA sea completamente transparente para el usuario. La mayoría de los ingenieros de diseño poseen los conocimientos necesarios para utilizar el análisis del diseño, por su formación en ingeniería.

La capacitación necesaria en análisis para que un ingeniero de diseño empiece a realizar un trabajo productivo debe ser cuestión de días, no de semanas o meses. El elemento clave de una formación de análisis eficaz es proporcionarles a los usuarios una sólida comprensión de los conceptos básicos del análisis como, por ejemplo, premisas importantes, limitaciones y errores inherentes así como errores comunes, trampas concepciones erróneas.

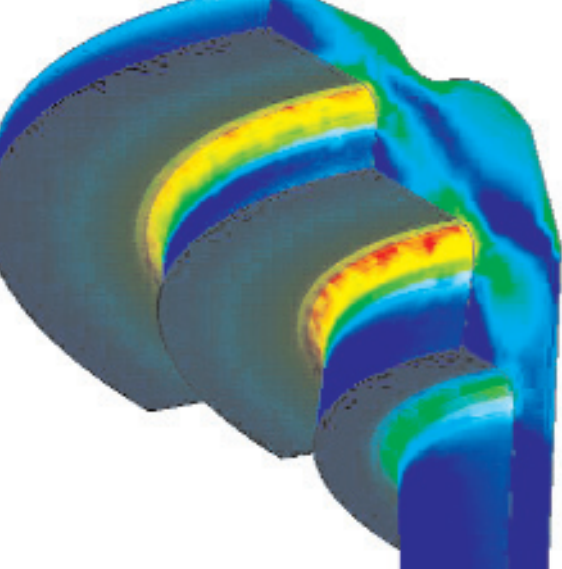
El curso de análisis debe emplear un método informático práctico, de modo que los participantes puedan beneficiarse de la sinergia que se produce al adquirir conocimientos de software a la vez que se familiarizan con la teoría del análisis. Si se hace demasiado hincapié en "cómo ejecutar el software" se pueden eclipsar temas más importantes relacionados con los conceptos básicos del análisis

y dar la impresión de que familiarizarse con el software es sinónimo de experiencia con el análisis. La experiencia del sector indica que los usuarios que saben cuáles son los conceptos básicos del análisis pueden averiguar fácilmente cómo funciona el software, pero la adquisición de aptitudes sobre el funcionamiento del software no implica necesariamente entender completamente el análisis.

En resumen, el análisis del diseño debe:

- » Centrarse en una comprensión conceptual del análisis
- » Evitar demasiado contenido específico de software a costa de los conceptos fundamentales del análisis
- » Utilizar ejemplos prácticos de análisis con un nivel de complejidad cada vez mayor
- » Emplear ejemplos que utilicen modelos de CAD
- » Combinar la teoría con ejemplos prácticos
- » Utilizar software de análisis del diseño integrado a la vez que se resaltan las diferencias entre las dos tecnologías
- » Realizar posteriormente un curso de capacitación específico del software

Aunque la capacitación centrada en el uso correcto del análisis puede hacer que un buen ingeniero de diseño sea aún mejor, lo contrario puede, en realidad, hacerlos peligrosos. Una formación eficaz es lo que marca la diferencia.



"Al observar las piezas con COSMOS, pudimos conseguir los factores de seguridad, fuerza y peso que nos habíamos marcado como objetivo. Hemos mejorado de manera sustancial la fiabilidad de nuestro motor con la utilización del Análisis de elementos finitos (FEA) en nuestros componentes".

John Calhoun, Ingeniero,
Robert Yates Racing

→ Ha llegado la hora de pasar al análisis

16

El análisis accesible para todos

Integrar el análisis estándar en el ciclo de diseño es un paso importante para los diseñadores. Muchas empresas, incluidos los clientes de COSMOS a los que se hace referencia en esta guía, ya han realizado esta transición, y han obtenido beneficios comerciales, de ingeniería y productividad en el proceso.

Los rápidos avances de hoy en día en la tecnología de hardware y software ofrecen una oportunidad ideal para que los fabricantes incorporen el análisis a sus procesos de diseño. Como se ha explicado a lo largo de esta guía, los pasos básicos para añadir el análisis implican:

- » Comprender de qué manera el análisis ofrece la solución a muchos retos del diseño de productos
- » Reconocer que las herramientas de análisis han evolucionado, son más ágiles y fáciles de utilizar para los usuarios no especialistas
- » Evaluar detalladamente las herramientas de análisis según su capacidad y necesidad

Siguiendo estos pasos, las empresas de fabricación pueden maximizar los beneficios de la utilización del análisis en el diseño mecánico. En el proceso, la mayoría de los fabricantes consiguen más ventas y ganancias así como una mejor fiabilidad y calidad del producto.

Si desea obtener más información acerca de cómo los clientes de COSMOS se han beneficiado al "Pasar al análisis", consulte los estudios de casos de clientes publicados en el sitio web de COSMOS (www.solidworks.com).

Empresas que se han beneficiado de los productos de análisis de COSMOS

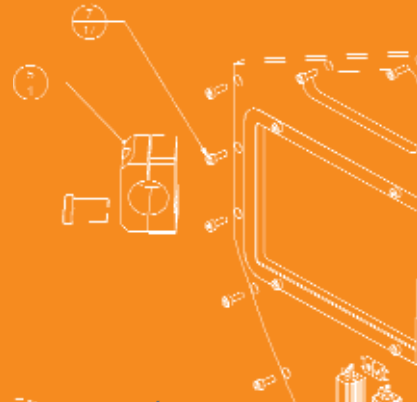
Acme Electric Aerospace Division | Adams Rite Aerospace | Aerocontrollex Group | Aerojet GE Corp. | Aerospace Corporation | Aerospace Industrial Development Corporation | ArmorWorks, Inc. | Avionics Specialties | Axsys Technology | BAE Systems | BF Goodrich Aerospace | Ceradyne Inc. | Dreesecode Software | Eagle Picher Technologies | Eaton Aeroquip | Electroimpact | Fairchild Fasteners | Fluid Components International | Fluid Regulators Corporation | Foster-Miler | Frontier Systems | Hartwel Corp. | Honeywell International Inc. | Huck International | Inbis Technology Ltd. | Industria | Innovative Engineering | Kaiser Electronics | Lawrence Livermore National Lab | Leigh Aerosystems Corp. | Lifeport Inc. | Litton Guidance & Control Systems | Lockheed Martin | Maestranza Aerea De Madrid | Mason Electric Co. | MHD Instruments | Michigan Aerospace | Mide Technology Corp | NASA Ames Research Center | NASA Dryden Flight Research Center | NASA Glen Research Center | National Aerospace Laboratories | Pacific Design Technologies, Inc. | Parker Hannifin Corp. | Pratt & Whitney | Reynolds, Smith & Hils Inc. | Sandia National Laboratories | Scaled Composites | Smiths Aerospace | Stage III Technologies | Technology Research Institute | Tecstar, Inc. | TRW Space & Electronics Group | Unison Industries | Universal Aerospace | Woodward FST | Wyle Laboratories | Advanced Integrated Manufacturing | American Expedition Vehicles | AP Racing | Autoliv North America | Automation Tooling Systems | Automotive Systems Laboratory Inc | Balcrank Products | Branick Industries, Inc. | Breed Technologies, Inc. | Casco Products Corp. | Castrol North America | Champion Laboratories, Inc. | Composite Group | D&R Technology Dechelis Machine | Delphi Packard Electric Systems | DSM Engineering | Epilog | Fey | Automotive | Ford Rvt Visteon | General Motors | Gentex Corp | GM Powertrain | Grove Design | GRP Connecting Rods | Hartwel Corp. | Honda R&D | Honeywell Co., Ltd. | Immersion Corp. | Impco Technologies, CA | International Rectifier, Ca | Johnson Controls Lasertronics | Lear Corporation | Litens Automotive Group | Lund Industries | Maxon Lift | MSX International | Nordson Corporation | Norgren Automotive, Inc. | Olin Brass | Performance Accessories | Power Trax | Raetech Corp. | Roush Technologies | Solakian Plastics | Spectra Premium Industries | Teleflex | Turbodyne Systems Inc. | Tuthil Transport Technologies | Ultra Dyne | Visteon Automotive Steering | Volkswagen de Mexico | Wetheril Assoc., Inc. | Wynn Oil Co. | Yakima Products, Inc. | Yazaki Europe Ltd. | Adaptive Micro Systems | Amerock | B. Braun Medical | Bainbridge Networks | Berliner Wasserbetriebe | Brill Manitoba | Bristol Babcock | Columbus-McKinnon Corporation | Cybex International, Inc. | Datastrip Products, Inc. | Delta Hudson Engineering, Ltd. | Diamondback Fitness | Dorma Door Controls, Inc. | Easton Sports Composites | Eldon Design Associates, Inc. | Electronic Sensor Technology | Enersys Inc. | Eveready Battery | First Alert | Flex Products, Inc. | GE Lighting | Glad Manufacturing Company | GT Bicycles | Hewlett Packard | Hitachi Corp. | Icon Health and Fitness Inc. | Interlink Technologies | JBL Professional | Johnson Outdoor | Kimberly Clark Corporation | Klein Bicycle | Klipsch Inc | Konica Corporation | Life Fitness Products | Lockheed Martin | Lucent Technologies | Masonite International | Matsushita Air Conditioning | McKee Foods Corp. | Medeco Security Locks | Milwaukee Electric Tool Corp. | Motorola Incorporated | Nautilus Schwinn Fitness | NEC Machinery | Philips Medical Systems | Polaris | Polaroid Corporation | Procter & Gamble | Raytech Corporation | Rockford Corp | Smith & Wesson | Sony Wega GmbH | Spectra Logic | Stairmaster | Tality Inc. | Waterpik Technologies | Waupaca Elevator | Western Digital | ABB Switchgear | Aerovironment Inc. | Alden Products | American Power Conversion | American Water Heater Co. | Andis Company | Andrew Corp. | Anvik Corp | AVO International | Basler Electric | Battele Memorial Institute | Chattanooga Group | Chromalox | Crouse-Hinds Div. Of Cooper | Daka Development Ltd. | Dynetics | Everbrite | Excelon Automation | Frazer-Nash Research LTD. | Greene, Tweed & Company, Inc. | Hansen Corporation | Heatrex Wescon Ind. | Hendry Telephone Products | IAP Research, Inc. | Interconnect Devices Inc. | Intermatic Inc. | Inventas AS | Jakel Inc. | Johnson Electric Industrial Manufactory Ltd. | JST Corporation | Kaman Aerospace Corp. | Kubota Corporation | LG Industrial Systems | MacLean Power Systems | MAEC Cahors | Marathon Electric | Marlow Industries | MBM Technology | Microvision | Milwaukee Electric Tool | Motile | Nxtphase | Pacific Scientific Co. | Petron Industries | Philips Oral Heathcare (Optiva) | Samtec, Inc. | Senco Products | Silicon Bandwidth, Inc. | SL Montevideo Technology | Southwire Co. (Wire And Cable Div.) | Star Trac By Unisen | Stratagene Cloning Systems | Subsea Mudlift Driling Company, LC | Toshiba Intl Corp. | Trinton PLC | Universal Power Track | XiDEM Corporation | Alum-A-Lift | American Meter Co | Amtech | Applied Materials | Ashbrook Corporation | Australian Submarine Corp. | Automatic Systems, Inc. | Baker Oil Tools | Barksdale, Inc. | Bimba Manufacturing | Bock GmbH & Co., | Bouwdienst Rijkewaterstaat | Cannon Industries, Inc. | Carl Closs Schweisstechnik GmbH CG Technologies | Datacard Corporation | Delta Design | Eastman Chemical Co. | Fanuc Robotics | Ferraz Shawmut | FleetMaster, Inc. | Flow Matrix Corp. | Foley Driling | Fuji Impulse Corp | Galbreath Incorporated | Haliburton Produtos Ltda | Hyundai Heavy Industry | Ingersol Miling Machine | Johnson Corporation | Matsushita Electronic Components | Milipore Corporation | Monterey Bay Aquarium Research Institue | Nakamura-Tome Precision Industry | Nanjing Aeronautics Ltd. | National Aerospace Lab | National Nuclear Regulator | Neumag GMBH | Nortel Optoelectronics | Northrop-Grummen | Oil States Subsea Ventures Inc. | Prolec - GE | Quizix | Rytec Corporation | Sagian- Beckman Inst. | Seaway Industrial Products | Skyjack | Speedgrip Chuck Ltd. | Tigercat Industries | Volvo Parts AB | W.L. Gore & Associates | Westfalia Technologies | Worldwide Oilfield Machine | Yang Iron Works Co | Yasunaga Corp. | Yehuda Tzabari | Zinser Textilmaschinen GmbH | Zolner GmbH | 3F Therapeutics, Inc. | 454 Corporation | Abbott Laboratories | Adac Labs | Advanced Instruments | ALZA Corporation | Applied Materials | Avail Medical | Bard Access Systems | Bard Endoscopic Technology | Bard Interventional Products | Baxa Corporation | Baxter Healthcare Corp. | Bayer, Incorporated | Becton Dickinson Medical Systems | Beere Precision Medical Instruments | Boston Scientific Corporation | Bryan D. Knodel, Inc. | Carr Metal Products, Inc. | Catheter Innovations | Chattanooga Group | Chroma Vision | DJ Orthopedics | Draeger Medizintechnik GmbH | Dunlee | EARTH-LITE | Elcam | Elscint | Endius Incorporated | Ethicon Endo SpA | Genetronics | GenoSpectra, Inc. | Glaxosmithkline | Johns Hopkins Applied Physics | Johnson & Johnson, Inc. | Lawrence Berkely Labs | Maquet AG | MedSource Technologies | Medventures | Murray Inc. | Nova Biomedical | Okayama University | Pacifix | Packard Instrument Company | Pulmonetic Systems | Ranfac Corp. | Roesch AG | Spinal Concepts | Spinevision | Stratagene Cloning Systems | Stryker Patient Handling | Sulzer Dental | Tensys Medical | Thermo Labsystems | Tomotherapy, Inc. | Vertis Neuroscience | Xiros Plc



Oficinas Corporativas
SolidWorks Corporation
300 Baker Avenue
Concord, MA 01742 USA
Tel.: +1-978-371-5011
Email: info@solidworks.com

Oficinas centrales Latinoamérica
Tel.: +55-(11)3186-4150 / 0800-772-4041
Email: infola@solidworks.com

Oficinas en México
Tel.: +52-(55)9171-1813 / 01800-288 1000
Email: infola@solidworks.com



LA GUÍA DEL FABRICANTE PARA APROVECHAR LOS BENEFICIOS EN PRODUCTIVIDAD DEL ANÁLISIS DE ELEMENTOS FINITOS

Imagen cortesía del Observatorio Nacional de Astronomía Óptica, dirigido por la Asociación de Universidades para la Investigación en Astronomía, bajo un acuerdo cooperativo con la Fundación Nacional de Ciencia.

SolidWorks es una marca comercial registrada de SolidWorks Corporation y CDSMOS es una marca comercial de SolidWorks Corporation. El resto de nombres de productos y de empresas son marcas comerciales registradas o no registradas de sus respectivos propietarios. SolidWorks es una compañía de Dassault Systemes. ©2006 SolidWorks Corporation. Reservados todos los derechos.
MKCOS3DLASP0906

