

REFLEXIONES SOBRE LA NECESIDAD DE IMPLEMENTAR Y GENERALIZAR EL USO DE SISTEMAS INFORMÁTICOS BASADOS EN EL MÉTODO DE ELEMENTOS FINITOS. EXPERIENCIAS Y PREPARACIÓN ALCANZADAS CON SU UTILIZACIÓN

Augusto César Rodríguez Medina.
Ingeniero; Master en Diseño Mecánico; DrC.
Profesor de la Academia Naval "Granma"
Cuba

RESUMEN

En este trabajo se da a conocer la experiencia del autor en el intento de fomentar y generalizar el uso de sistemas informáticos (programas de computación) basados en el Método de Elementos Finitos, como medio de aseguramiento a las actividades de ingeniería mecánica en la rama naval, tratando de abarcar sus aplicaciones en disciplinas como el análisis estructural, de transferencia de calor y de fluidos internos; se exponen también reflexiones sobre la necesidad de implementar y generalizar su uso, teniendo en cuenta las amplias posibilidades que ofrece para realizar o brindar aseguramiento al diagnóstico técnico, la investigación y el diseño.

INTRODUCCIÓN

El denominado Método de Elementos Finitos (MEF) es una técnica que se basa fundamentalmente en convertir el medio continuo de un modelo geométrico, en un medio discreto; es decir, fragmentarlo en **elementos** más pequeños, que se unen entre sí mediante entidades denominadas **nodos**, para cuyas condiciones se evalúan las ecuaciones del proceso que se analiza, utilizando una computadora; tal procedimiento permite calcular para cada zona del objeto analizado, una serie de características en función de la disciplina física a que pertenece el problema; los resultados se muestran en forma gráfica, mediante una leyenda de colores asociada a los valores numéricos de los resultados.

Los programas que se han elaborado para implementar este método se comenzaron a difundir y desarrollar en la década del 60 del pasado siglo y una de las primeras disciplinas que abarcó fue el análisis estructural mediante el uso de la Teoría de la Elasticidad; seguidamente se fueron incorporando otras ramas de la física y actualmente estos programas son multidisciplinarios e incluyen posibilidades para estudiar problemas de Mecánica de los fluidos, Transferencia de calor, Electromagnetismo, entre otros. En este trabajo exponemos también, algunas reflexiones acerca de la necesidad de implementar y generalizar su uso en la rama naval.

UTILIZACIÓN DEL MÉTODO EN EL ÁMBITO MUNDIAL

Es difícil encontrar en la actualidad un centro de investigación, universidad o empresa de servicios de ingeniería, principalmente en los países con fuerte desarrollo industrial, en que no se utilicen sistemas informáticos basados en el MEF; esto está determinado por las ventajas que proporciona, al permitir el análisis automatizado de modelos que representan objetos reales con un elevado nivel de semejanza geométrica y física, de forma rápida; esto brinda la posibilidad de reducir el costo en las etapas de proyecto y fabricación de los artículos, al sustituirse algunos tipos de pruebas, o permitir llegar a estas con un amplio banco de datos obtenidos por vía teórica, además de estimar las características posibles de un objeto, antes de ser construido.

Es de especial importancia el uso que se le da en las etapas de diseño de nuevos artículos, en que permite evaluar la resistencia estructural, el comportamiento de materiales o estructuras diversas sometidas a diferentes tipos de cargas mecánicas, térmicas, o las variaciones de un fluido en presencia de algún tipo de perturbación; también en el ámbito investigativo, tienen un amplio uso ya que constituye una poderosa herramienta para el análisis. Los sistemas actuales pueden abarcar varias disciplinas físicas.

Existen empresas cuya ocupación principal es la evaluación y diagnóstico de diversos productos por medio de estas técnicas; los servicios de tales entidades se incrementan por día. Se aprecia que la utilización de los productos informáticos que contienen este método, es una exigencia para el incremento de la calidad de nuevos artículos y la evaluación de otros ya existentes.

UTILIZACIÓN EN CUBA

Por lo que hemos podido llegar a conocer, en nuestro país se tuvo noticias de este método, también desde la década del 60 del siglo XX, pero no hubo condiciones para su propagación hasta que comenzó la era de las computadoras personales en la década del 80, apareciendo personas interesadas en los medios académicos, principalmente los que tienen facultades politécnicas.

Precisamente las universidades, son las que han contribuido en gran medida a difundir esta herramienta, que figura como asignatura en cursos de postgrado; algunos de los profesores de esas instituciones que más han avanzado en su dominio, han realizado servicios para la industria nacional, pero aun es insuficiente el nivel de implementación. Algún que otro centro de proyectos, tiene un especialista que por curiosidad profesional hace uso de estos programas, pero no están orgánicamente integrados a la producción, es decir, no se utiliza de forma sistemática para asistir la actividad de proyecto o la investigación.

SOBRE LOS PRODUCTOS INFORMÁTICOS QUE CONTIENEN EL MÉTODO. UTILIDADES Y APLICACIONES MÁS IMPORTANTES

La esencia de este método es la fragmentación del modelo que se analiza, en elementos más pequeños unidos entre sí mediante nodos, operación que se realiza mediante algoritmos de mallado. Este procedimiento permite que el modelo, elaborado en un editor gráfico vectorial, pueda ser evaluado en cada uno de esos nodos con los recursos que brinda la teoría con que se relaciona el problema analizado.

El método se implementa en un sistema de programas de computación que permiten cumplir los siguientes pasos:

1. Elaboración del modelo geométrico y mallado del mismo
2. Aplicación de las condiciones de contorno (cargas y otras especificaciones necesarias)
3. Solución
4. Análisis y procesamiento de los resultados.

Estos programas se han desarrollado con ambientes gráficos interactivos que hacen posible la representación del modelo en la escala deseada, donde se pueden establecer distintas vistas del mismo. Los resultados del análisis se pueden obtener en forma numérica para cada elemento o nodo, y gráficamente, mediante una leyenda que relaciona un listado de colores, asociado a valores numéricos que representan los valores de la característica calculada.

Algunos se han elaborado para usos específicos, destinados a las industrias automovilísticas, de aviación y naval; pero se han difundido también otros de propósito general y multidisciplinarios como el MSC PAL y CAL, LUSAS, ANSYS, COSMOS, ProPLEX, Inertia entre otros.

Algunas de las posibilidades de los sistemas basados en el MEF son:

1. Comprobación de elementos de máquinas, piezas, agregados o dispositivos ante la acción de diferentes estados de cargas estructurales, térmicas o electromagnéticas; tanto en las etapas de diseño de las mismas como en estudios preliminares o después de ensayos físicos o pruebas de funcionamiento.
2. Simulación de las condiciones de funcionamiento, para obtener datos acerca del comportamiento de piezas o mecanismos ante la acción de solicitaciones de diversos tipos.
3. Simulación de ensayos mecánicos destructivos para caracterizar estructuras.

La utilidad más apreciada de estos sistemas es, en nuestra opinión, que permiten obtener por vía teórica, características de los objetos que se analizan antes de que sean construidos, de manera que para la actividad de proyección constituye un complemento importante.

Entre las aplicaciones generales se cuentan:

1. Asistencia y complemento de las tareas de diseño.
2. Asistencia al diagnóstico técnico.
3. Asistencia al mantenimiento predictivo.
4. Investigación.

Si se toman en cuenta las utilidades que brindan estos programas y el papel que han jugado en la esfera de la producción, se puede llegar a entender que su implementación y uso sistemático en la rama naval, y en otras que lo requieran, puede contribuir notablemente al desarrollo científico y tecnológico en el ámbito nacional. Consideramos que fomentar el uso sistemático de estas herramientas en la producción, no es algo que se puede hacer, sino algo que es necesario y urgente, que puede reducir costo y tiempo de ejecución de proyectos y multiplicar la productividad de investigadores e ingenieros de diversas especialidades.

EXPERIENCIAS DEL AUTOR EN EL EMPLEO DEL MÉTODO

Comenzamos a utilizar este método en el año 1996, primero con el programa de análisis estructural MSC PAL y posteriormente con el de análisis térmico MSC CAL; estos, eran bastante primitivos y databan de la década del 80; no tenían una interfase interactiva y la única posibilidad de editar el modelo geométrico era trazándolo a partir de las coordenadas, luego de un fatigoso trabajo de mesa. Más adelante pudimos disponer de una versión del programa Cosmos, con operación en ambiente DOS; pero finalmente, se pudieron obtener el ANSYS 5.4 y el COSMOS 2.5, en los que hemos reelaborado los antiguos trabajos y ejecutado otros nuevos. Los dos últimos son versiones completas que permiten una edición mucho más productiva de los modelos geométricos e incluso importar o exportar información en diferentes formatos como DXF, abriéndose la posibilidad de realizar dibujos en otros editores gráficos de mayor productividad como AUTOCAD y pasarlos a los programas de MEF. En la actualidad, los trabajos de análisis estructural, modal y térmico, lo realizamos con el COSMOS 2.5, mientras que los de fluidos, los elaboramos en el ANSYS 5.4.

En estos seis años de trabajo explotando estas técnicas, hemos ejecutado tareas de aseguramiento al diseño, investigación y diagnóstico técnico, algunos de los cuales exponemos a continuación.

El gráfico de la figura 1 muestra una sección del modelo geométrico de una cámara de combustión que ha sido fragmentada en elementos más pequeños mediante el mallado que proporciona el programa COSMOS 2.5; en la figura 2, se muestra el resultado gráfico del análisis térmico, que contiene el perfil de distribución de temperaturas para un estado de carga dado. El estudio de este modelo abarcó el análisis estructural para un sistema de cargas mecánicas (presión interior), el análisis térmico, y posteriormente se analizó un caso de carga con solicitaciones térmicas y mecánicas, de modo que se pudo simular su comportamiento para las condiciones de trabajo en caliente.



Fig. 1 Sección de una cámara de combustión con un mallado de 6738 elementos

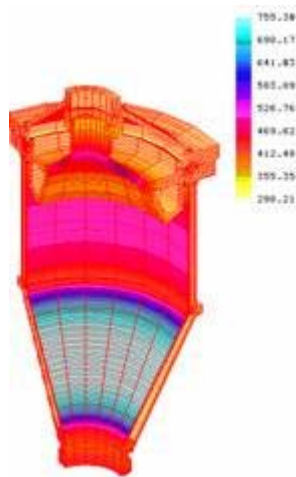


Fig. 2 Perfil de distribución de temperaturas de la cámara de combustión sometida a cargas térmicas

En el año 2002 realizamos un trabajo de diagnóstico para la empresa GEOCUBA, con el objetivo de caracterizar una estructura (registro) que se había comenzado a utilizar en el montaje del Cable de Fibra Óptica Nacional por parte de ETECSA y estaba fallando por resistencia; se determinaron los defectos de diseño del registro original, se realizaron comprobaciones de la estructura con una serie de refuerzos indicados por otros especialistas, y posteriormente se propuso un nuevo modelo de estructura cilíndrica que asegura una mejor distribución de la carga y menos concentración de tensiones; véanse figuras 3, 4 y 5.

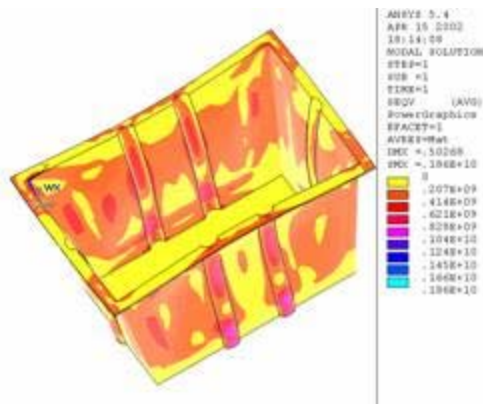


Fig. 3 Estado tensional del registro original

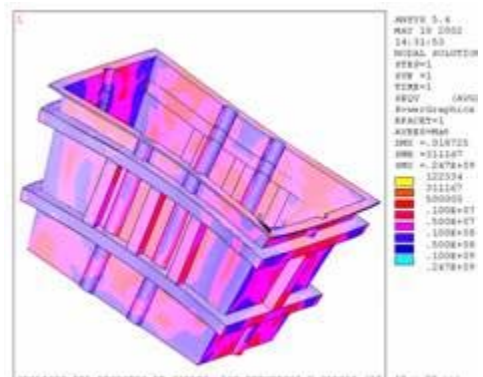


Fig. 4 Estado tensional del registro reforzado.

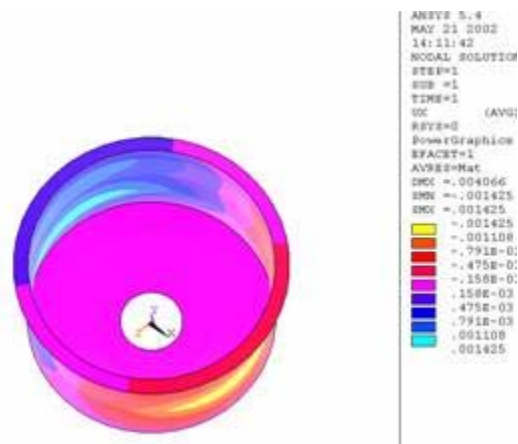


Fig. 5 Estado tensional en la dirección del eje x, del registro cilíndrico.

Utilizando estas herramientas, hemos realizado estudios de otras estructuras como las tapas de algunos de estos registros, las bridas sostenedoras de las mismas y los modelos de otras dos cámaras de combustión; estos análisis han sido estructurales y en el caso de las cámaras de combustión, también térmicos.

Hemos realizado análisis de fluidos internos y externos, sin superficie libre. Actualmente, estamos en condiciones de realizar estos trabajos para asegurar tareas de investigación y diseño haciendo uso de estas herramientas. En el segundo semestre del año de instrucción 2002-2003 impartimos un curso de postgrado en la Academia Naval "Granma", en el que participó personal docente de esa entidad, vinculado también a labores de ciencia e innovación tecnológica. Pretendemos en lo adelante, continuar contribuyendo a generalizar el dominio de estas

técnicas, e implementar su uso en actividades de investigación, proyecto y docencia.

REQUERIMIENTOS PARA IMPLEMENTAR Y GENERALIZAR EL USO DE SISTEMAS INFORMÁTICOS BASADOS EN EL MEF

Pensamos que ante todo, para implementar y generalizar el uso de los programas que contienen este método, debe elaborarse una estrategia por parte de la dirección de la entidad que tiene la intención de introducir esta herramienta en su actividad productiva; en ella, deben tomarse en cuenta los siguientes aspectos:

1. Exigencias técnicas de los medios de cómputo en que se va a instalar el sistema
2. Preparación del personal que se dedicará a operar el sistema, los cuales deben dominar los conocimientos básicos de las disciplinas asociadas a los análisis.
3. Selección y adquisición del sistema.
4. Organización del empleo (implementación de la tecnología)

Debe tenerse presente que como cualquier otro sistema o tecnología que se desea dominar, lo esencial es la adquisición de los conocimientos y la práctica en su uso.

CONCLUSIONES

1. La explotación de estos sistemas, permite estimar características de los objetos que se analizan, antes de que sean construidos, lo que asegura la calidad del producto final.
2. El éxito en la implementación y generalización de su uso depende de la adquisición de los conocimientos sobre el sistema, del dominio de las ciencias asociadas con los problemas que se estudian y de la práctica en su uso.
3. La principal contribución como resultado de la implementación y generalización en el uso de estos sistemas será el incremento de la eficiencia y la calidad en los trabajos de investigación, proyecto y docencia; lo que a nuestro juicio constituye un paso hacia delante en el camino del desarrollo científico y tecnológico en Cuba.

BIBLIOGRAFÍA

Basic Procedures Analysis Guide, ANSYS, Inc., Canonsburg, 1997.
COSMOS/M User's Guide, Structural Research and Analysis Corporation, Los Angeles, 1999
Structural Analysis Guide, ANSYS, Inc., Canonsburg, 1997.