CÁLCULO DE ESTRUCTURAS.INTRODUCCIÓN A LA TEORÍA Y PRÁCTICA DEL MÉTODO DE LOS ELEMENTOS FINITOS

El término elemento finito es debido al profesor Ray Clough de la Universidad de California y apareció por primera vez en el trabajo The finite element method in plane stress analysis, presentado durante la ASCE -Conference on Electronic Computation, Pittsburg 1960.

Trabajo fruto de los estudios realizados junto a Turner, Martin y Topp, presentados desde el 56 en una serie de artículos del Journal o/ Aeronautical Sciences sobre la aplicación de los principios y teoremas energéticos de la teoría de la Elasticidad al análisis de estructuras aeronáuticas. En el primero de ellos de septiembre del 56 bajo el título Stiffiess and deflection analysis o/ complex structures, se establecen los fundamentos del método matricial directo de la rigidez formulado en desplazamientos. Todos los mencionados estaban integrados en un grupo de ingenieros y profesores investigadores, liderado por M. John Turner, que trabajaron para la Unidad de Dinámica Estructural de la compañía Boeing.

Los fundamentos básicos del método se encuentran en las teorías matemáticas para la resolución de problemas de contorno. Tales como el método de las diferencias finitas, los métodos directos como el método de los residuos ponderados, el de los mínimos cuadrados, el procedimiento de B. Galerkin de las funciones de pesos (1915), y los métodos indirectos como el de Rayleigh (1870) y el de Ritz (1909). También debe citarse la contribución de los estudios acerca de la aproximación de funciones, de las funciones de interpolación y de los problemas conexos, como los realizados por Lagrange, Newton y Hermite.

Conjunto de teorías y métodos numéricos del Análisis Matemático, que posteriormente fueron adaptados a la Ingeniería y en particular al Cálculo de Estructuras por Argyris y Turner (1954-56), mediante la aplicación de los principios energéticos a la teoría de la Elasticidad.

También pueden incluirse dentro de los precursores los trabajos de Hrennikof(1941), McHenry (1943) y Newmark (1949) para la simulación de problemas continuos mediante estructuras de barras.

En su aplicación específica al cálculo de estructuras navales, cabe citar los desarrollos realizados en la Universidad de California desde los 60. Así como la serie de artículos de R S. Pauling publicados en el 64; antes precedidos por los estudios de Yulle y Wilson, con las grandes limitaciones computacionales de la época.

En 1967, se publica el libro de O. C. Zienkiewicz Ihe finite element method in structural and continuum mechanics, en el que se compendian los fundamentos básicos del método, contribuyendo a su difusión. En los años setenta, en la primera mitad puede decirse que el método alcanza su madurez y en la segund~ se potencian especialmente las fases de pre y posproceso.

Hoy en día después de ya más de 25 años de desarrollo práctico, el método de los elementos finitos constituye una técnica habitual en Ingeniería para simular el comportamiento de sistemas en el ordenador, y es el procedimiento más potente y el más utilizado para el Análisis de Estructuras, campo de conocimiento pionero en la aplicación del método.

Un aspecto esencial del método es el estar asociado al ordenador, que con su espectacular evolución y expansión han permitido el grado de desarrollo y aplicación actuales del mismo, así como su continua evolución.

En la actualidad, su aplicación en el campo de la Ingeniería Naval y Oceánica para el cálculo directo de estructuras marinas, constituye una práctica habitual e insustituible dentro del proceso de diseño es1ructural para la simulación de sistemas y en otros procesos del diseño naval, como sucede en otras ramas de la Ingeniería.

El Método de los Elementos Finitos (MEF) nos permite la consideración de cualquier geometría estructural por compleja que sea, como un buque o plataforma oceánica, de cualquier tipo de cargas ya sean estáticas o dinámicas, deterministas o aleatorias; así como de diferentes materiales ya sean isótropos, ortótropos o anisótropos.

Herramienta de cálculo, que nos capacita para realizar con la ayuda del ordenador los siguientes procedimientos del análisis estructural: análisis estático lineal, análisis moda, análisis armónico, análisis dinámico transitorio, análisis espectral, análisis no-lineal ya sea por causa de la geometría, del material o de las propias condiciones de contorno, análisis de pandeo elástico y elastu-plástico, análisis de fatiga y mecánica de la fractura, así como estudios de optimización estructural.

Tipos de análisis que incluyen el análisis de tensiones y el de todos los posibles modos de fallo estructural o estados límites que deben considerarse en el diseño avanzado actual de buques y estructuras marinas (ver esquema adjunto). Especialmente en los de nueva generación, ya que al incorporar innovaciones tecnológicas importantes se acentúan determinados modos de fallo ya conocidos o surgen otros nuevos, que deben considerarse desde el principio del diseño por sus importantes implicaciones en la fiabilidad final del sistema estructural en estudio.

Esta técnica matemática de aproximación de funciones, dada su versatilidad y generalidad, no es sólo utilizada por el Cálculo de Estructuras y la Mecánica de medios continuos en general, sino que tiene aplicaciones prácticas importantes en otros campos de conocimiento, tales como: la Dinámica de fluidos (programas CFD), la Acústica, la Electricidad, el Magnetismo y la Termodinámica.

Evolución de las herramientas de Cálculo de Estructuras