

DISEÑO

Las contribuciones de la Mecánica Estructural en el desarrollo de la Tecnología de las Centrales Nucleares (C.N.), en la última década, ha sido uno de los factores clave para lograr una mejor ingeniería y diseño de las estructuras de edificios y sus equipos.

INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO EN EL CAMPO DE LA MECANICA ESTRUCTURAL APLICADA A LA TECNOLOGIA DE CENTRALES NUCLEARES. Bosquejos sobre posibles temas de Investigación

Arturo ORDOÑEZ VILLALOBOS

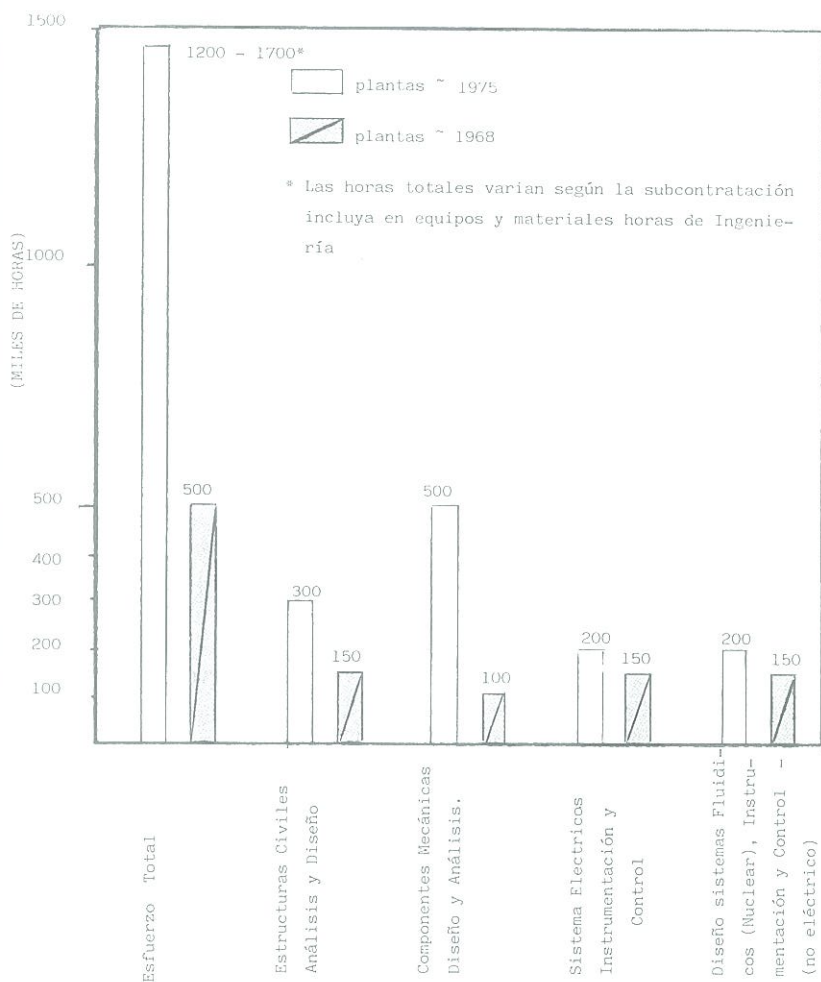
El atender a exigencias cada vez mayores de seguridad, en condiciones ambientales normales o extremas y la complejidad de los procesos de operación o de accidente, ha dado lugar a un incremento considerable de los costos de Ingeniería. (Ver tabla 1.)

Las aplicaciones de los resultados de las actividades de Investigación y Desarrollo (I y D) de la Mécanica Estructural,

en el análisis y diseño, se han incrementado considerablemente los últimos años, como lo prueba la abundante literatura técnica sobre el tema. (Ver tabla 2.)

Esto ha contribuido, en gran parte, a encontrar soluciones de los distintos problemas estructurales, más equilibradas en cuanto a su seguridad-funcionalidad-costo.

T.I



HORAS DE INGENIERIA EN C.N.

Ref 6

Nota: La cuantificación de horas tiene sobre todo un valor relativo, dadas las características del entorno americano considerado.

Arturo ORDOÑEZ VILLALOBOS es Doctor Ingeniero Civil de la Universidad Técnica de Stuttgart. Jefe de Sección de Cálculos del Departamento Civil de Empresarios Agrupados. Ha colaborado durante los últimos diez años en el análisis de Estructurales de Centrales Nucleares.

SELECCION DE TEMAS DE INVESTIGACION

I - Investigación Directa.
T - Transferencia y Adaptación.

Area : Cargas	I	T	Area : Análisis	I	T
Definición del Input Sísmico	X		1. Métodos de Análisis (inc. Fisuración para Hormigón-Armado (HA). Desarrollo de programa de Elementos Finitos (EF). Su incorporación a problemas de análisis en Ingeniería	X	X
Espectros: Para emplazamientos locales		X	2. Interacción Fluido-Estructura	X	X
Acelerogramas: Espectros dependientes del sitio	X	X	Selección de Programas. Métodos simplificados para Ingeniería		
Espectros de potencia	X				
Análisis Probabilístico de Cargas	X	X	2.ª Componentes de HA. Estudio de Huecos y discontinuidades	X	
Evaluación de Cargas con Criterios globales de Seguridad	X	X	3. Interacción Suelo Estructura		X

El objeto del presente artículo es indicar algunos de los temas de I y D más relevantes en la actualidad y sobre los que se requiere un esfuerzo adicional. Estos temas se han definido a partir de requerimientos detectados a lo largo de los últimos años en la ingeniería de las C.N. en España y en otros países.

Ubicación de los temas de I y D en la Mecánica Estructural

Los campos principales de aplicación de la Mecánica Estructural son:

SISTEMAS ESTRUCTURALES DE EDIFICIOS (Cimentación y Superestructura), EQUIPOS NUCLEARES (Reactores, Circuito Primario), EQUIPOS MECANICOS, EQUIPOS ELECTRICOS Y DE CONTROL, SISTEMAS DE TUBERIAS, SISTEMAS ESTRUCTURALES INTERMEDIOS (Plataforma, Soportes, etcétera).

La MECANICA ESTRUCTURAL aborda tres aspectos principales de los Sistemas anteriores, que pueden delimitar tres áreas generales de investigación aplicada:

- Métodos de **análisis**
- Propiedades estructurales de los **materiales**
- Sistemas de **cargas** o solicitudes

En el diseño de C.N. cobra especial importancia el aspecto «**CARGAS**», debido a los valores extremos que pueden alcanzar, su carácter generalmente dinámico y su variable probabilidad de ocurrencia,

así como los efectos que pueden llegar a producir en el funcionamiento y seguridad de la planta.

Los **MÉTODOS DE ANALISIS**, dadas las características de las cargas y la complejidad estructural de edificios y equipos, requieren de un refinamiento de análisis no usual en otro tipo de estructuras. La interacción entre edificios estructuras intermedias-equipos, requiere de estudios complementarios para poder definir una transferencia de cargas entre ellos que sea realista y que permita un análisis y diseño, de las distintas componentes y equipos, sin un excesivo conservadurismo.

El conocer el comportamiento de los **MATERIALES** en condiciones ambientales severas (p. ej.: altas temperaturas, fisuración,...), bajo acciones dinámicas súbitas y en gran medida en estados tridimensionales y en un régimen no lineal de deformaciones, requiere de un considerable esfuerzo adicional de investigación.

Dos aspectos complementarios a los anteriores son:

4. Espectros de Respuesta. Desacoplamiento - Efectos locales - Uso de Espectros X
5. Transferencia entre Estructura-Equipos - Estructura Intermedios X
6. Introducción de **amortiguamientos** en métodos de análisis X
7. Ensayos: **Creación de Laboratorio de Ensayos Dinámicos** X X
Técnicas medidas *in situ* - Programas de ensayos - Amortiguamientos experimentales - Recopilación información sobre ambos.
8. Influencia, Fisuración y Ductilidad en HA. X X
9. Aislamiento de Sistemas X X
10. Métodos Probabilísticos. Incorporación en Análisis y Definición de Cargas y Criterios de Seguridad X X
11. Análisis no lineales en Ingeniería.
- Espectros - Incorporación en criterios de diseño X
12. Comportamiento a altas Frecuencias de Sistemas reales X X

T. II

EJEMPLO SOBRE INCREMENTO DE PUBLICACIONES TECNICAS

Temas	1971	1973	1975	1977	1981
Cargas	9	5	11	14	18
Análisis de Estructuras	11	26	33	48	82
Diseño de Componentes Mecánicos	4	2	6	11	22
Ensayos	1	3	2	8	16
TOTAL	25	36	52	81	138

Ejemplo:

Artículos Técnicos (En el campo de Acciones Sísmicas únicamente).

Ref.: Transactions, Conferencias Internacionales de 1971-1981.

Mecánica Estructural aplicada a Tecnología de C. N. (S. M. I. R. T.)

Ref. (12).

- En los métodos de Análisis, la utilización del **ordenador** en su resolución numérica (generalmente con la utilización masiva de métodos de

SELECCION DE TEMAS DE INVESTIGACION

I – Investigación Directa.
T – Transferencia y Adaptación.

Area : Materiales

I T

- | | | |
|--|---|---|
| 1. Suelos. Estudios de Prop. Dinámicas de Suelos con Materiales Locales | X | |
| Metodología de Ensayos Dinámicos | X | |
| 2. Mecánica de Fractura (MF). Aplicación en la evaluación de Diseños e Ingeniería | X | X |
| Criterios de MF y su correlación con ensayos clásicos | | X |
| 3. Estudios de hormigones bajo acciones rápidas. Fisuración. Variabilidad. Permeabilidad | X | |

Notas adicionales

Aspectos que se han considerado en la Selección de temas de Investigación.

- Definición de actividades relacionadas con la **Mecánica Estructural y Tecnología de C.N.**
- Detectar necesidades de I y D en actividades de **Ingeniería y Diseño** de Estructuras - Equipos - Estr. Intermedios.
 - A nivel internacional
 - A nivel nacional
- Evaluar si hay una correspondencia de necesidades. Internacional = Nacional.
- Conocer activ. de ID, donde se realiza actualmente Investigación (a nivel internacional).
- Definir temas donde interesaría realizar Investigación a nivel nacional.
- Definir temas donde se vea la posibilidad de transferir I y D de otras regiones al nivel nacional.
- Definir prioridades atendiendo a:
 - Uso de resultados.
 - Tiempo de transferencia de I - D a Producción.

Inferencias

- En temas donde se hace **Ingeniería** se pueden aprovechar más eficientemente resultados de la investigación Aplicada.
- Donde hay actividad de **Ingeniería** se pueden detectar necesidades reales de **Investigación y Desarrollo**.
- Para pasar de:
 - Investigación.
 - Ingeniería.
 - Diseño.
 - Construcción.

Se requiere de un tiempo de transferencia DT que puede ser relativamente largo y llegar tarde para su utilización.

- Del exterior se puede en muchos casos transferir directamente resultados de I y D en un tiempo DT menor.
- Para comprar, seleccionar temas a transferir y adaptar se requiere de preferencia que esté en activo el punto 2. Además de contar con personas que realicen I y D (para transferir eficientemente).
- A nivel nacional hay temas que requieren de una Investigación propia, además de ser útil para el punto 5.

elementos o diferencias finitas) y en el postprocesamiento de sus resultados para el diseño, y que requiere de una implementación y adaptación a las necesidades específicas de la tecnología nuclear.

- El **análisis experimental** dado el panorama antes descrito, de **cargas, análisis y materiales**, es imprescindible para poder lograr un verdadero avance en estas áreas, y poder establecer bases más realistas para futuras aplicaciones analíticas y desarrollo de diseños.

Una característica particular, en la tecnología de C.N., es la realización de ensayos bajo acciones dinámicas, de equipos o componentes, en mucho mayor número, que en otras instalaciones industriales.

Estos ensayos (generalmente en mesas vibratorias) han permitido una cualificación, difícilmente realizable por medios exclusivamente analíticos, y la obtención de datos experimentales complementarios.

Una infraestructura que permite este tipo de actividades es una herramienta de la investigación aplicada que ha demostrado ser muy eficiente.

Con el fin de aclarar los alcances de los temas propuestos conviene precisar que en el presente artículo bajo actividades de Investigación entendemos, en términos generales, una **Investigación Aplicada**, cuyos objetivos principales serían el incidir en el desarrollo de la Tecnología de Centrales y equipos nucleares, con miras a poder diseñar y construir sistemas más efectivos en cuanto a seguridad, eficiencia funcional y economía de medios, tanto para satisfacer la demanda interna como para una recurrencia al mercado exterior.

Entendemos que estas actividades podrían ser en términos muy amplios:

- Estudios Teóricos
- Estudios Experimentales o ensayos
- Recopilación, Síntesis y evaluación crítica de la investigación realizada a nivel internacional en campos específicos.
- Traducción de las actividades A, B, C en procesos y estándares de Ingeniería y diseño.

DEFINICION DE TEMAS DE INVESTIGACION ESPECIFICA

Antes de definir unos temas específicos de Investigación y con objeto de tener una visión global de las necesidades actuales de la Tecnología Nuclear en el campo de la **Mecánica Estructural**, se han recopilado y clasificado unos conjuntos globales de necesidades, en las áreas antes mencionadas (cargas, análisis y materiales). Las fuentes de información han sido principalmente: las experiencias en la ingeniería de C.N. en proyectos desarrollados en España en los últimos 10 años –reseña sobre actividades de Investigación de los últimos años, reflejadas en la literatura técnica–, programas de Investigación y Desarrollo actualmente en operación en distintos países, generalmente a cargo de:

Organismos oficiales (tipo N.R.C. en EE. UU.).

Asociaciones técnicas o profesionales (tipo A.S.C.E., ...) y Universidades e Instituciones Académicas y la Industria y Empresas de Ingeniería.

En los cuadros se presenta un **resumen** de los conjuntos globales de necesidades antes mencionados, referidos a temas de Investigación específicos, éstos se han agrupado en las áreas de: Cargas, Análisis y Materiales.

Los temas indicados son los que se consideran de especial interés en España, aunque hay una gran analogía con las necesidades de otros países.

En cada tema específico se ha indicado con una I o una T las posibilidades de realizar ya sea una Investigación Directa (I) o una posible Transferencia o Adaptación (T) de la investigación realizada en otros países, esta última posibilidad dependerá del estado de avance del tema, la similitud de las condiciones del entorno y los requerimientos de tiempo en cuanto a la necesidad de poder utilizar resultados en un plazo aceptable. En muchos casos, dado el tiempo que suele transcurrir desde que se inicia un programa de investigación, hasta que se aplica a nivel de ingeniería y producción, es más conveniente el transferir los resultados de la investigación y adaptarlos, en su caso, a la ingeniería local. Este tipo de transferencia requiere sin embargo una infraestructura científica y técnica local que permita hacerla eficientemente, y, evidentemente, sólo debe realizarse en temas muy específicos, con objeto de reducir una dependencia externa excesiva y promover el desarrollo propio.

Continúa en la pág. 56