

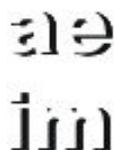


UNIVERSIDAD DE CÁDIZ
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA

Departamento de Ingeniería Mecánica
y Diseño Industrial



XV Congreso Nacional de Ingeniería Mecánica

The background of the title is a collage of interlocking gears in various colors (blue, red, grey). The gears are arranged in a circular pattern, and the central area is filled with a landscape scene showing a body of water, a coastline, and a building.

Asociación Española de
Ingeniería Mecánica

CONSORCIO TECNOLÓGICO DE CÁDIZ
del 10 al 13 de Diciembre de 2002



Vic. Investigación y Desarrollo
Vic. Extensión Universitaria



AREAS TEMATICAS

<u>ACUSTICA Y VIBRACIONES</u>	<u>MANTENIMIENTO</u>
<u>AUTOMOVILES Y FERROCARRILES</u>	<u>MAQUINAS Y MECANISMOS</u>
<u>APLICACIONES INFORMATICAS EN INGENIERIA MECANICA</u>	<u>MAQUINAS Y MOTORES TERMICOS</u>
<u>BIOMECANICA</u>	<u>MAQUINAS HIDRAULICAS</u>
<u>CAD / CAM / CAE / CIM</u>	<u>MECANICA DE FLUIDOS</u>
<u>CALOR Y FRIO INDUSTRIAL</u>	<u>MECANICA DE LA FRACTURA</u>
<u>CORROSION</u>	<u>MEDIO AMBIENTE</u>
<u>DISEÑO MECANICO</u>	<u>METODOS MATEMATICOS Y NUMERICOS EN INGENIERIA MECANICA</u>
<u>DOCENCIA EN INGENIERIA MECANICA</u>	<u>METROLOGIA Y VERIFICACION</u>
<u>ESTRUCTURAS</u>	<u>PROCESOS DE FABRICACION</u>
<u>INGENIERIA DE LA CALIDAD</u>	<u>ROBOTICA</u>
<u>INGENIERIA METALURGICA</u>	<u>TRANSFERENCIA DE MASA Y CALOR</u>
<u>INSTRUMENTACION</u>	<u>TRIBOLOGIA</u>

METODOS MATEMATICOS Y NUMERICOS EN INGENIERIA MECANICA

[Análisis de componentes independientes. Aplicación en ingeniería mecánica](#)

L. M. Marín Trechera, F. Álvarez González, J. Ollero Hinojosa

[Análisis de uniones con holgura en sistemas multicuerpo flexibles](#)

Juan C. García Orden, José M. Goicolea

[Análisis del tamaño de elemento mínimo para la determinación de la tensión de cierre en fatiga mediante elementos finitos](#)

A. Gonzalez-Herrera, D. García-Vallejo, B. Moreno, J. Zapatero

[Análisis estocástico de materiales heterogeneos](#)

D. Trias, J. Costa, N. Blanco, J.E. Hurtado

[Análisis numérico y experimental del flujo en un ventilador de chorro](#)

R. Ballesteros Tajadura, G. Álvarez Valdés, C. Santolaria Morros, J.M. Fernández Oro

[Análisis paramétrico de la capacidad de disipación de energía de paracaídas instantáneo de ascensor](#)

M.L. Remedios, I. Herrera

[Aplicación de esquemas conservativos a flujo bifásico separado](#)

J.R. García Cascales, J.M. Corberan Salvador, M.L. Gascón Martínez

[Aplicación del MEC en la Cuantificación del Efecto Local en Cañones de Sección Variable](#)

A. González, F. García, J.J. Aznárez, O. Maeso

[Determinación de la eficiencia de los filtros en la minimación del polvo respirable debido a la coagulación, condensación y deposición por gravedad del aerosol atmosférico](#)

P. J. García Nieto, J. M. Fernández Díaz

[Dinámica No Lineal en Fracturas Geológicas](#)

G. Olivar, O. González

[Estrategias de reordenamiento de matrices huecas para el tratamiento óptimo de las ecuaciones de la dinámica de mecanismos](#)

J.A. Antón, F. Cobeño, A. Deibe, A. Díaz, J. Cardenal

[Herramienta de simulación en elementos finitos de la predicción de la vida a fatiga. Parte I: cálculo determinista](#)

A. Turon, J.A. Mayugo, D. Trias, J. Costa, S. Oller

[Herramienta de simulación en elementos finitos de la vida a fatiga.
Parte II: enfoque estocástico](#)

J.A. Mayugo, D. Trias, N. Blanco, J. Costa, S. Oller

[Integración del control activo en la simulación dinámica de sistemas multicuerpo](#)

M. Á. Naya, J. Cuadrado

[Método General de Síntesis Dinámica Óptima de Mecanismos](#)

Fernando Conde Torrens

[Modelado Dinámico y Simulación de Paracaídas Instantáneo de Ascensor](#)

V. Sánchez, I. Herrera

[Modelado y comprobación experimental de la endentación elastoplástica de rodillos moleteados](#)

M.L. Remedios, I. Herrera

[Modelización numérica del comportamiento a fatiga de elementos mecánicos basada en el MEF](#)

C. Álvarez Caldas, J.L. San Roman García, S. Rodríguez Fernández

[Simulación de defectos en elementos rodantes: aplicación a rodamientos](#)

J.C. García Prada, H. Rubio Alonso, P.J. Lorca Hernando, R. García Sainz

[Simulación de un par elemental de orden superior ante defecto en superficie: aplicación a un sistema Leva-Palpador](#)

J.C. García Prada, H. Rubio Alonso, P.J. Lorca Hernando, I. López Guerrero

[Simulación numérica de sistemas de refrigeración para moldes de inyección de plásticos](#)

C. Farré Desongles, M. Soria Guerrero, A. Oliva Llana

[Software destinado al prediseño de transductores extensométricos](#)

J.M. Aulí i Vila, M. Abad Prat

[Suavizado automático de curvas procedentes de análisis térmico con errores autocorrelacionados](#)

S. Naya, R. Cao, R. Artiaga, A. García, I. López de Ullibarri

[Técnicas de inteligencia artificial aplicadas al desarrollo del biodiesel](#)

M.P. Dorado Pérez, Juan M. Fernández Luna

[Un nuevo entorno para la simulación de sistemas mecánicos multicuerpo basado en XML](#)

M. González, J. Cuadrado, J. García de Jalón

Aplicación del MEC en la Cuantificación del Efecto Local en Cañones de Sección Variable

A. González, F. García, J.J. Aznárez, O. Maeso

Instituto Univ. de Sistemas Inteligentes y Aplicaciones Numéricas en Ingeniería (IUSIANI)
Edificio Central del Parque Científico y Tecnológico
Campus Universitario de Tafira
Universidad de Las Palmas de Gran Canaria
35017 – Las Palmas de Gran Canaria
928 45 1920, e-mail: omaeso@iusiani.ulpgc.es

Resumen

En este trabajo se presentan resultados que muestran la importancia de irregularidades tridimensionales en la geometría de un cañón, en cuanto a los desplazamientos de campo libre que experimentan los puntos de su superficie ante la presencia de ondas sísmicas. Se hace uso de la formulación dinámica tridimensional del Método de los Elementos de Contorno (MEC). El suelo es considerado como un medio viscoelástico lineal e isótropo. El problema se plantea en campo difractado, de manera que satisface automáticamente las condiciones de radiación, lo cual permite truncar la discretización de la superficie libre a cierta distancia de la zona de estudio.

Palabras Clave: Efecto local, Método de los Elementos de Contorno (MEC), ondas sísmicas, desplazamientos de campo libre.

Abstract

In this work the results that show how important are three-dimensional irregularities in a canyon geometry are presented, related to the free field displacements supported by its superficial points under seismic waves. Boundary Element Method (BEM) in the frequency domain it used. The foundation rock is modelled as a uniform viscoelastic boundless domain where the incident travelling waves field is defined by its analytical expression.

Keywords: Site effect, Boundary Element Method (BEM), seismic waves, free field displacement.

1. Introducción

La respuesta sísmica de una estructura está fuertemente condicionada, además de por aspectos relativos a su propia geometría y propiedades elásticas, por factores de no menor importancia y que están relacionados con su emplazamiento. Multitud de estudios teóricos [1] y registros experimentales de terremotos [2] ponen de manifiesto que las características geológicas y geotécnicas del emplazamiento, así como la

topografía local, pueden provocar importantes variaciones espaciales del movimiento sísmico.

En esta ponencia se estudia la influencia de la topografía local sobre los desplazamientos de campo libre, ante la presencia de un tren de ondas armónicas que inciden desde el infinito. Se estudiarán concretamente los efectos de amplificación local producidos por discontinuidades geométricas que no pueden ser estudiadas con modelos bidimensionales, como ocurre en el caso de un cañón de sección variable [3].

El problema se aborda en régimen armónico estacionario, para el rango de frecuencias de interés en un terremoto. Se han obtenido las funciones de transferencia complejas de la respuesta en desplazamientos de puntos de la superficie libre del terreno, comparándose las amplificaciones de estos desplazamientos frente a los correspondientes a una topografía sin discontinuidades.

2. Metodología

Para el cálculo de la respuesta se hace uso de la formulación dinámica tridimensional del Método de los Elementos de Contorno (MEC) [3]. El suelo es considerado como un medio viscoelástico lineal e isótropo. El problema se plantea en campo difractado, de manera que satisface automáticamente las condiciones de radiación, lo cual permite truncar la discretización de la superficie libre a cierta distancia de la zona de estudio.

El cañón que se estudia es de forma trapezoidal. Tiene una profundidad de 142 metros y una longitud de 12000 metros. En su zona central presenta un cambio de sección pasando el ancho menor de 48 metros a 184 metros y el ancho mayor de 248 metros a 384 metros. La transición consiste en una pared plana no alabeada a lo largo de 200 metros medidos en dirección longitudinal.

Las propiedades físicas del suelo son las siguientes:

$$G = 11,50 \cdot 10^9 \text{ N/m}^2 \quad \rho = 2641,64 \text{ kg/m}^3 \quad \nu = 0,2 \quad \xi = 0,05$$

La excitación consiste en un tren de ondas planas SH que provoca un desplazamiento de amplitud unitaria en la dirección longitudinal del cañón en puntos lo suficientemente alejados de la discontinuidad. De tratarse de un cañón de sección constante estaríamos ante un problema bidimensional antiplano muy estudiado por otros autores [5][6].

La onda se hace incidir verticalmente sobre el cañón. Las frecuencias elegidas para el análisis son aquellas cuyas longitudes de onda están del orden de la profundidad del cañón, relacionadas a través del parámetro adimensional η definido como el cociente entre la profundidad del cañón (p) y la longitud de onda (λ).

Tabla 1. Frecuencias con las que se trabaja en este estudio

$\eta = p/\lambda$	λ (m)	ω (rad/s)
0,15	944,880	13,874
0,30	472,440	27,748
0,50	283,464	46,248
0,75	188,976	69,372
1,00	141,732	92,496

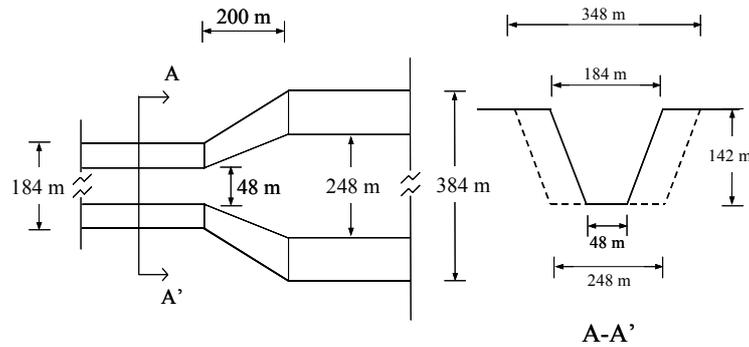


Figura 1. Detalle de la geometría en la zona del ensanchamiento del cañón

Se emplean elementos cuadriláteros y triangulares de 9 y 6 nodos respectivamente en los que tanto la geometría como las variables de campo se aproximan de forma parabólica. El tamaño máximo del elemento empleado es del orden de $\lambda/4$, siendo λ la longitud de onda correspondiente al valor mayor de la frecuencia en el rango estudiado.

3. Resultados

Las graficas que figuran a continuación representan el módulo de la amplificación de los desplazamientos anteroposterior, transversal y vertical para dos de las cinco frecuencias analizadas. En ningún caso, aunque pueda parecerlo, se representa la superficie libre deformada.

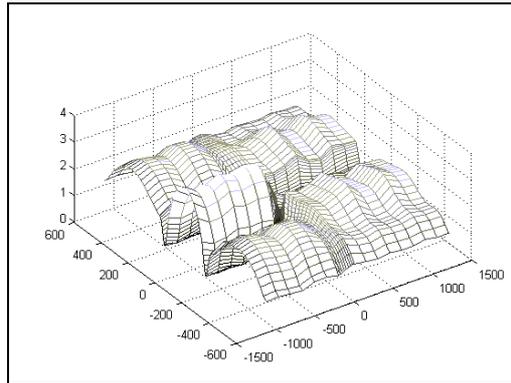


Figura 2. Desplazamiento anteroposterior para $w=27.748$ rad/s

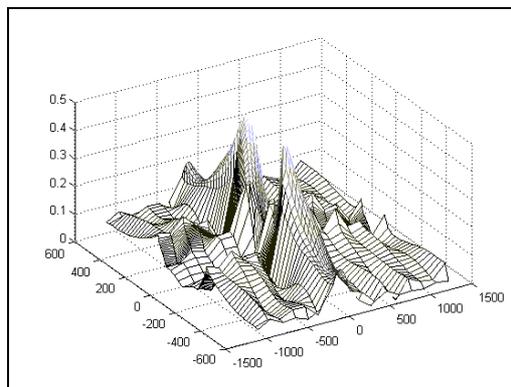


Figura 3. Desplazamiento transversal para $w=27.748$ rad/s

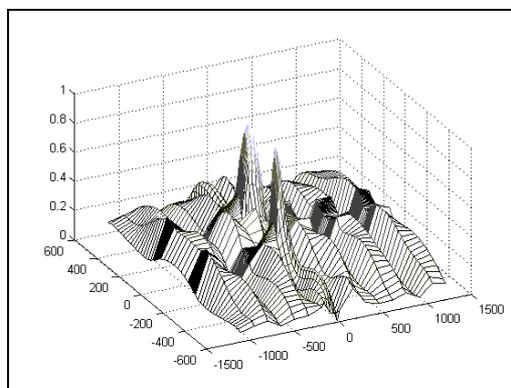


Figura 4. Desplazamiento vertical para $w=27.748$ rad/s

La primera conclusión que se extrae es la existencia de una clara tendencia a recuperar la respuesta que habría sin la discontinuidad a medida que nos alejamos de la zona donde se encuentra el ensanchamiento; el movimiento anteroposterior se iguala al obtenido en un análisis bidimensional de una sección sin ensanchamiento y los movimientos transversales y verticales se hacen nulos. Esta tendencia se acentúa a

medida que aumenta la frecuencia, llegando a ser esta distancia del orden de la longitud de la discontinuidad para la frecuencia más alta ($\eta = 1$).

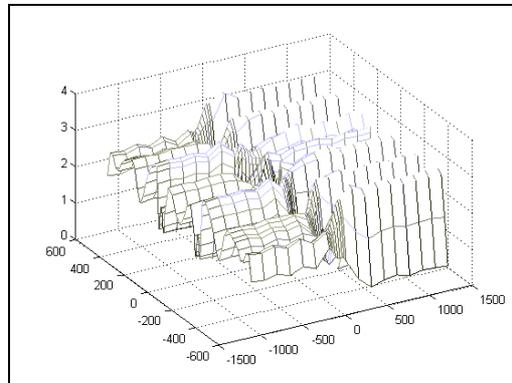


Figura 5. Desplazamiento anteroposterior para $w=69.372$ rad/s

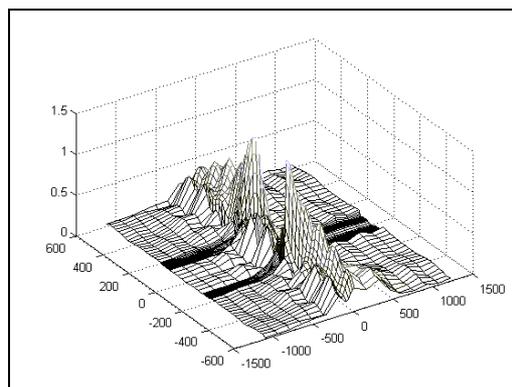


Figura 6. Desplazamiento transversal para $w=69.372$ rad/s

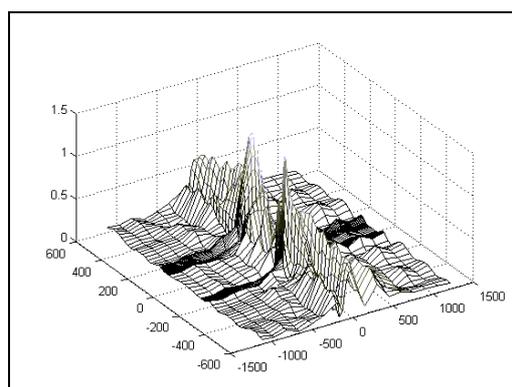


Figura 7. Desplazamiento vertical para $w=69.372$ rad/s

La importancia de los movimientos transversales y verticales aumenta con la frecuencia de la onda incidente. El módulo de estas componentes es del orden del 10% para las

frecuencias más bajas y del 40% para las más altas con respecto a la magnitud del movimiento anteroposterior.

4. Conclusiones

La modificación del campo de desplazamientos provocada por una alteración tridimensional en la topografía del semiespacio o efecto local se hace patente en este trabajo. Se ha puesto de manifiesto que la presencia de discontinuidades de carácter tridimensional rompe el problema antiplano apareciendo desplazamientos trasversales y verticales de considerable importancia no posibles de reproducir con modelos bidimensionales.

5. Referencias

1. H.L. Wong, "Effect of surface topography on the difrection of P, SV and Rayleigh waves". Bull.Seism.Soc.Am., 75, 263-269 (1985)
2. L. Siro, "Emergency microzonations by Italian Geodynamics Proyects after november 23 earthquake. A short technical report", Proc. 3rd.Int.Conf.Microzonations, Seattle, Wash., 3, 1417-1427 (1980)
3. O. Maeso, J. J. Aznárez, J. Dominguez, "Effects of the Space Distribution of the Excitation on the Seismic Response of Arch Dams", J. Engrg. Mech., 128 (7), (2002)
4. Domínguez J., "Boundary elements in dynamics", Computational Mechanics, Southampton and Elseveir, London (1993)
5. Dravisky, M., "Scattering of SH waves by subsurface topography", J. Eng. Mech. Div., 198(1), 1-17 (1982)
6. Trifunac, M.D., "Scattering of plane SH-waves by a semicylindrical canyon", Earthquake Eng. Struct. Dyn., 1, 267-281, (1973)

6. Agradecimientos

Los autores quieren agradecer a la Dirección General de Investigación del Ministerio de Ciencia y Tecnología por la financiación recibida a través del proyecto de referencia DPI2001-2377-C02-02.