

# PREPARACIÓN Y SIMULACIÓN DE CASO 3D EN OPENFOAM

## SETUP AND SIMULATION OF 3D CASE IN OPENFOAM

**Guillermo Rolle**

**Palabras clave:** CFD, OpenFOAM, FreeCAD, simpleFoam, scalarTransportFoam

**Resumen.** Este documento provee información e instrucciones para realizar una simulación de un caso 3D en OpenFOAM. La geometría 3D se modela con software FreeCAD y se malla con snappyHexMesh. Luego, se ejecutan las simulaciones correspondientes con simpleFoam y scalarTransportFoam. Se mantienen las condiciones de contorno e iniciales de los informes anteriores. El documento finaliza con conclusiones sobre el caso y los resultados obtenidos.

**Keywords:** CFD, OpenFOAM, FreeCAD, simpleFoam, scalarTransportFoam

**Abstract.** This document provides information and instructions to setup a 3D OpenFOAM case. The geometry is defined with FreeCAD software and is meshed with snappyHexMesh. Afterwards, the corresponding simulations will be run using solvers simpleFoam and scalarTransportFoam. Initial conditions and boundary conditions are kept from previous reports. The document ends with conclusions about the case and the results obtained.

Haciendo una revolución de este croquis sobre el eje inferior, obtenemos la geometría en cuestión y podemos empezar a preparar el caso de CFD.

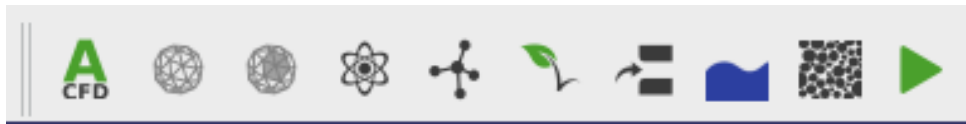


Figura 3: Acciones disponibles en espacio de trabajo **CfdOf**

En el espacio de trabajo **CfdOf** iniciaremos un nuevo estudio de CFD. Al iniciar el estudio, se habilitarán los botones de CFD en la barra superior (ver figura 3).

Antes de empezar, debemos definir la ruta de salida para el caso de OpenFOAM. Es decir, qué directorio utilizara FreeCAD para ejecutar las simulaciones. En la figura 4 se muestra dónde puede modificarse ésta ruta.

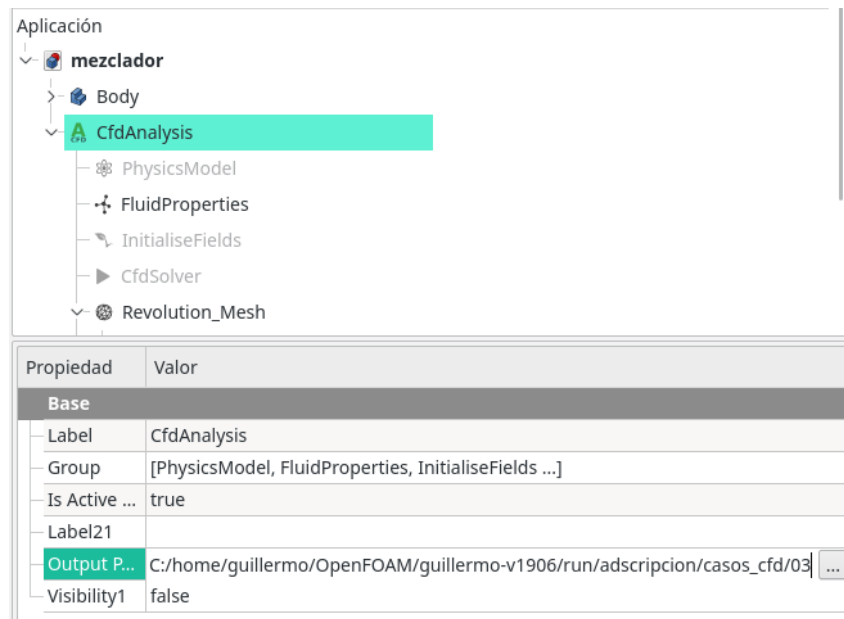


Figura 4: Propiedad *Output Path* en *CfdAnalysis*

Definimos las condiciones de contorno para cada cara de la geometría y ajustamos las propiedades del fluido y del solver. Ver las condiciones y propiedades correspondientes en los archivos del [repositorio](#). Una vez hecho esto tendremos un árbol similar a la de la figura 5.

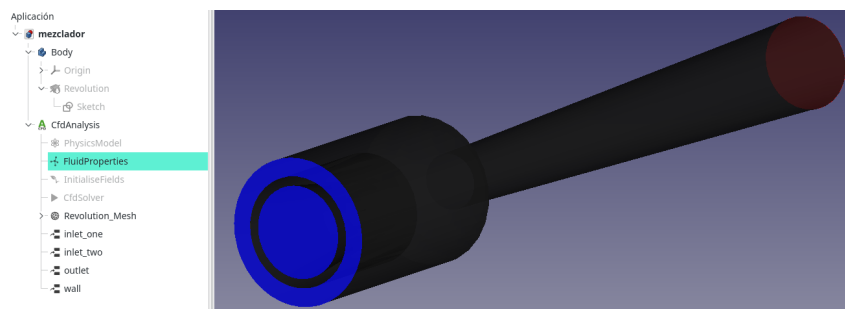


Figura 5: Estructura básica del estudio CFD

## 2.1. Mallado

Seleccionamos el sólido de revolución y elegimos la opción de crear una nueva malla a partir del sólido. Usamos el mallador **snappyHexMesh** en **3D** y un tamaño base de elemento 0.5mm. Usamos la utilidad para encontrar un punto dentro de la geometría y cerramos la ventana de tareas (todavía no ejecutar el caso de mallado). Vamos a crear además un refinamiento sobre las superficies de las paredes para tener una mejor definición de la capa límite. Para esto, seleccionar la malla (en el estudio CFD) y clickear en refinamiento de malla. Seleccionamos refinamiento por superficie y tamaño relativo de 0.5. Luego seleccionamos todas las superficies de pared.

Con esto estamos listo para escribir el caso de mallado y ejecutarlo. En la figura 6 se muestra la malla generada en el visualizador **ParaView**. Observar el refinamiento sobre las paredes. Tener en cuenta que **Paraview** presenta algunos errores en la visualización de la malla, pero el mallado es correcto. Comprobar ejecutando `checkMesh`. También corroborar que las regiones de entrada/salida estén definidas correctamente.

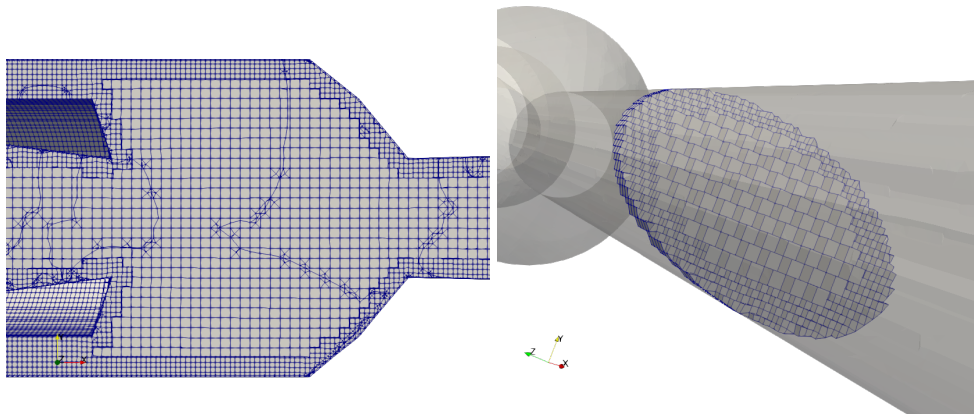


Figura 6: Malla en cámara de mezcla (izquierda) y en sección interna del difusor de salida (derecha)

### 3. SIMULACIÓN SIMPLEFOAM

Una vez creada la malla y definidas las propiedades del solver (modelo estacionario, flujo incompresible, agua, etc.) abrimos la sección **CfdSolver** en **FreeCAD** y escribimos el caso. Antes de ejecutarlo, debemos realizar algunas modificaciones en los archivos *fvSolution* y *fvSchemes*. En el repositorio se encuentran los archivos *fvSolution.bkp* y *fvSchemes.bkp*. Reemplazar los anteriores por éstos últimos para mejorar la convergencia de la simulación.

Se sugiere utilizar una utilidad como **Meld** para comparar archivos y/o carpetas. En la figura 7 se muestra esta utilidad comparando los archivos mencionados.

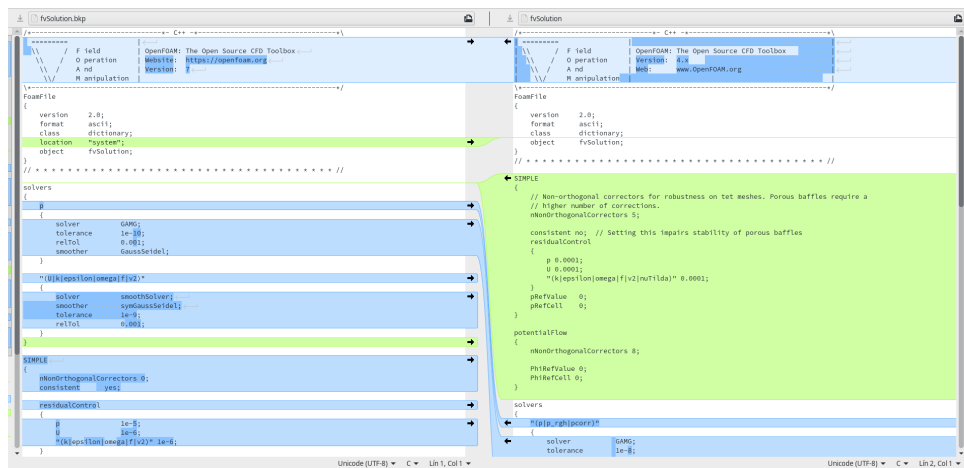


Figura 7: Comparación archivos fvSolution.bkp (izquierda) con fvSolution (derecha)

Volviendo a FreeCAD, podremos ejecutar la simulación con **RUN**. Observar que la evolución de los residuales (figura 8) comienza a oscilar sobre un valor aproximadamente constante a partir de la iteración número 1000 sin llegar nunca a las tolerancias definidas en *system/fvSolution*.

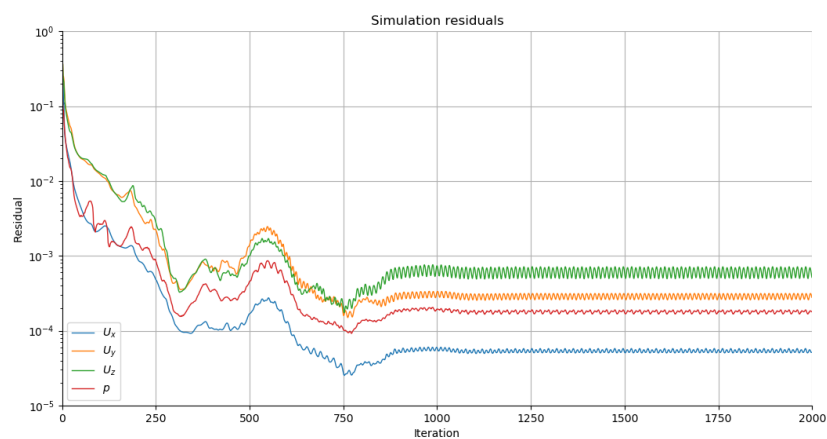


Figura 8: Evolución de residuales con simpleFoam

Sin necesidad de esperar a que termine de correr la simulación, podemos ver la evolución del perfil en ParaView. En la figura 9 se muestra el campo de velocidades para una iteración bastante avanzada de la simulación (1700). Al comparar con pasos de tiempo consecutivos, no se aprecian grandes diferencias en los campos de velocidad o presión, por lo que asumiremos

que la simulación fue satisfactoria. FreeCAD descompone el caso en varios procesadores, por lo que para ver los resultados en ParaView debemos seleccionar "DecomposedCase".

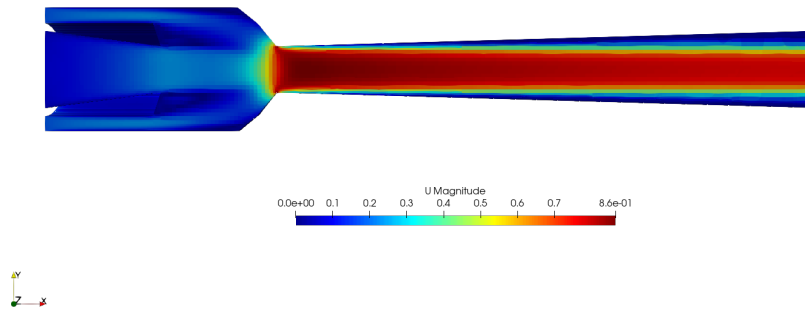


Figura 9: Campo de velocidad U obtenido

### 3.1. Reconstrucción del caso

Ya sabemos de los informes anteriores que necesitamos copiar el campo de presión y velocidad obtenidos con esta simulación en otro directorio que contenga el caso de la simulación RTD. Como el caso fue ejecutado en varios procesadores, en el directorio principal no encontraremos los pasos de simulación. Éstos se encuentran en las carpetas `processor*` y los archivos están divididos (caso descompuesto).

Para reconstruir el caso debemos ejecutar el comando `$ reconstructPar` en el directorio *case*. Ahora encontraremos los campos de presión y velocidad para la iteración 2000 en el directorio principal.

## 4. SIMULACIÓN SCALARTRANSPORTFOAM

## 5. ESPECIFICACIONES GENERALES

El artículo puede ser escrito en inglés, español o portugués dentro de una caja de impresión de 16cm x 24cm, centrada en la página. El documento, incluyendo figuras, tablas y referencias, deben tener una longitud mínima de 4 páginas y no debe exceder las 10 páginas. El documento debe ser cargado en el sitio de AMCA como archivo en formato **PDF**; no se aceptan otros formatos (MS Word, RTF). El tamaño del archivo PDF del documento no debe Exceder 2 MBytes.

### 5.1. Uso de acrónimos

Si se usan acrónimos, entonces debe definirlos antes de su primera ocurrencia.

## 6. TÍTULO, AUTORES, AFILIACIÓN, PALABRAS CLAVE

La primera página debe contener el Título, Autor(es), Afiliación(es), Palabras clave y el resumen. Si el idioma elegido es el español o el portugués, se debe agregar el duplicado del título, palabras clave y resumen en inglés, siguiendo como ejemplo el presente instructivo. La segunda página debe comenzar con la Introducción. La primera línea del título se encuentra a 3cm de la parte superior de la caja de impresión para agregar el membrete AMCA.

## 6.1. Título

El título se debe escribir centrado, con 14pt, en Times Roman negrita y todas las letras en mayúsculas. Debe tener espaciado simple si el título tiene más de una línea de longitud. **No se recomienda** la inclusión de fórmulas o caracteres especiales en el título. Se pueden utilizar acrónimos si se definen *en línea*, por ejemplo “flujo alrededor de un cilindro utilizando Large Eddy Simulation (LES)”. La traducción al inglés del título se debe escribir centrada, con 12pt, en Times Roman negrita y todas las letras en mayúsculas.

## 6.2. Autor

El nombre del autor debe incluir el nombre, la inicial del segundo nombre y el apellido. Debe estar escrito centrado, en 12pt, negrita, Times Roman, a 12pt debajo del título. Ubique a todos los autores juntos, divididos en varias líneas si fuese necesario. Antes del último autor debe estar el conector “y”. Las afiliaciones deben estar organizadas en bloques centrados, después de los autores. Identifique a cada autor con su correspondiente afiliación usando un superíndice como en el ejemplo. Si todos los autores pertenecen a la misma afiliación no utilice superíndice.

## 6.3. Afiliación

La afiliación del autor se debe escribir centrada, en 11pt, en Times Roman itálica, a 12pt debajo de la lista de autores. Un espacio de 12pt debe separar dos afiliaciones distintas. Se recomienda que los autores incluyan, en lo posible, su dirección de correo electrónico y una página web por sitio de afiliación.

## 6.4. Palabras clave

Por favor, escriba a lo sumo seis palabras clave. Deben escribirse alineadas a la izquierda, en 12pt Times Roman, y la línea debe comenzar en fuente negrita con **Palabras Clave**. Un espacio de 12pt debe separar las palabras clave del texto de las afiliaciones. Utilice la palabra **Keywords** para encabezar la traducción al inglés de las palabras clave. Un espacio de 12pt debe separar las palabras clave del texto del resumen en español.

## 6.5. Resumen

Utilice fuente Times Roman de 11pt para el resumen. El resumen debe tener un párrafo único sin saltos de línea. La palabra **Resumen** debe estar en negrita al principio de la primera línea. El texto del resumen debe estar justificado y separado 12pt como se muestra en la primera página de estas instrucciones. El resumen debe ser autónomo, por lo que no se deben incluir figuras, tablas o ecuaciones. Tampoco se deben incluir referencias cruzadas a tales materiales. Se desaconseja incluir referencias a otros trabajos en el resumen. En caso de incluirse referencias, deben hacerse *en línea*, pero en forma abreviada como en este ejemplo (C. Jhonson et al., *Int J Num Meth Eng*, 34(3):543–568 (1992); D. Mitchell y J. Brady, *J Sound Vib*, 21(2):221–230 (2006)). Las citaciones múltiples deben separarse por punto y coma. **No se recomienda incluir más de 2 referencias en el resumen.** Evite incluir caracteres especiales y fórmulas. Si utiliza acrónimos, debe definirlos inmediatamente antes de su primera ocurrencia. Ubique la traducción al inglés del resumen separándolo un espacio de 12pt de la traducción de las palabras clave; debe estar encabezado por la palabra **Abstract** en negrita. Se sugiere una extensión del resumen entre 150 y 300 palabras considerando que con las traducciones en inglés quede todo contenido en la primer página.

## 7. TÍTULOS EN EL TEXTO

### 7.1. Títulos principales

Los títulos principales se deben escribir alineados a la izquierda, en 12pt, en Times Roman negrita, con letras todas mayúsculas. Debe haber un espacio de 12pt antes y de 6pt después de los títulos principales.

### 7.2. Títulos secundarios

Los títulos secundarios deben ser escritos alineados a la izquierda, en 12pt, en Times Roman negrita, con una mayúscula en la letra inicial para la primera palabra solamente. Debe haber un espacio de 12pt antes y de 6pt después de los títulos secundarios.

## 8. TEXTO

El texto normal debe escribirse con espaciado simple, justificado, utilizando fuente de 12pt Times Roman, en una columna. La primera línea de cada párrafo debe tener una sangría de 0,5cm. No debe haber separación entre párrafos.

## 9. NÚMEROS DE PÁGINA

Los autores **no deben numerar** las páginas del artículo. Los números serán agregados por el editor.

## 10. FIGURAS

Todas las figuras deben numerarse consecutivamente y tener su leyenda o subtítulo. El subtítulo se debe escribir centrado, en 10pt Times Roman, en minúsculas con letra mayúscula para la primer letra de la oración.

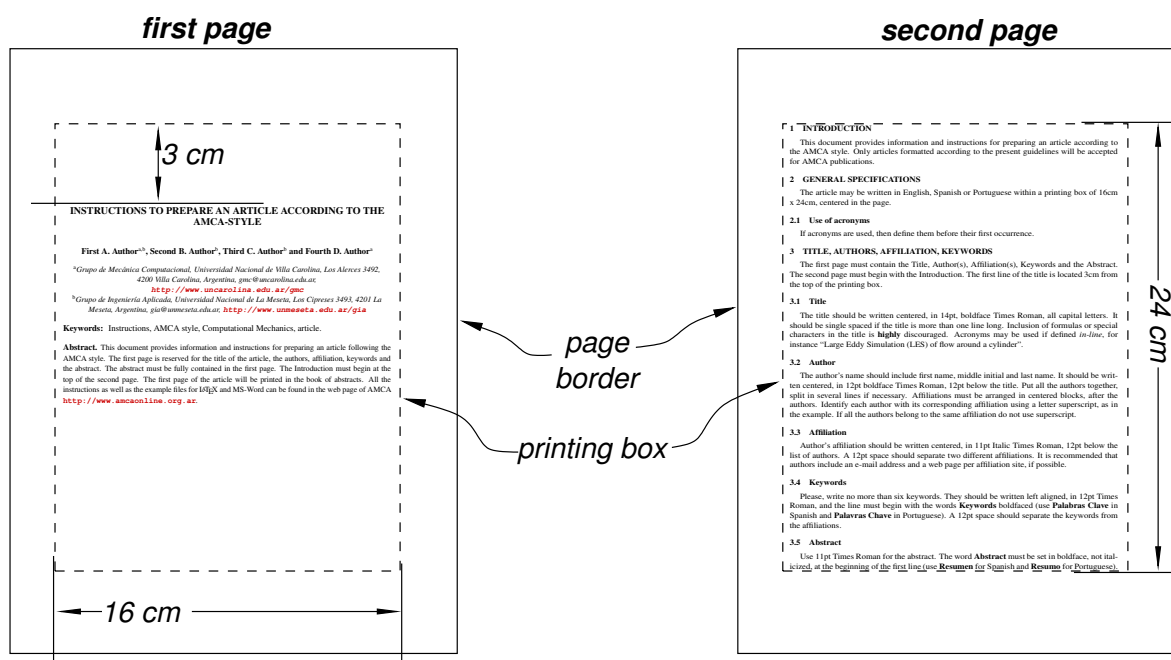


Figura 10: Disposición de la página.



Un espacio de 6pt debe separar la figura de su leyenda, y un 12pt espacio debe separar el texto que la rodea de la parte superior de la figura y de la inferior de la leyenda (véase la Fig. 10).

Todas las figuras deben estar referenciadas en el texto. Las figuras en color son bienvenidas.

## 11. ECUACIONES

Cada ecuación debe estar numerada utilizando números arábigos entre paréntesis. Debe estar centrada, dejando un espacio de 6pt arriba y abajo para separarla del texto que la rodea.

El ejemplo siguiente es una ecuación de línea simple

$$Ax = b. \quad (1)$$

El ejemplo siguiente es una ecuación de varias líneas

$$\begin{aligned} Ax &= b, \\ Ax &= c. \end{aligned} \quad (2)$$

En lo posible, se deben generar los vínculos internos del PDF para las referencias a las ecuaciones. El color recomendado para los vínculos a referencias en el texto es el azul; por ejemplo, ver Ec. (2).

## 12. TABLAS

Todas las tablas deben estar numeradas y tener su descripción. Esta descripción debe tener tamaño 10pt y fuente Times Roman, con letras minúsculas y mayúscula en la primera letra de la oración.

Un espacio de 6pt separa la tabla de la descripción, y un espacio de 12pt separa la tabla del texto que la rodea. Por ejemplo, ver la Tabla 1. Todas las tablas deben estar referenciadas en el texto.

	mallá 20x20	mallá 50x50	mallá 100x100
0	41,00	1.00	4,92
1	40,86	1.02	4,88
10	23,81	3,44	2,92
50	5,62	64,20	1,08

Tabla 1: Número de condición para el operador de Stekhlov.

## 13. FORMATO DE REFERENCIAS

Las referencias deben insertarse en el texto utilizando el estilo *autor-fecha* (también conocido como *Harvard style*). Las referencias se pueden citar entre *paréntesis* como (Zienkiewicz y Taylor, 1991; Idelsohn y Oñate, 1994; Meyer et al., 1995a,b), o en forma *textual*, por ejemplo, ver Zienkiewicz y Taylor (1991); Idelsohn y Oñate (1994); Meyer et al. (1995a,b). Las referencias deben agruparse y ordenarse alfabéticamente al final del artículo como se muestra en estas instrucciones. No incluya referencias que no sean citadas en el cuerpo del artículo. Utilice referencias con símbolos Romanos; no utilice, por ejemplo, símbolos griegos, chinos o japoneses.

En lo posible, debe generar los vínculos internos dentro del PDF para las citaciones. El color recomendado para los vínculos a referencias en el texto es el azul. El color preferido para

vínculos a referencias externas, como las páginas web, es el rojo (por ejemplo, <http://www.amcaonline.org.ar>).

## 14. CONCLUSIONES

Los archivos fuente en TeX, L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X y ejemplos en MS-Word se pueden encontrar en el sitio web de AMCA: <http://www.amcaonline.org.ar>. Se recomienda el uso de estos archivos para respetar el formato con mayor facilidad. Recuerde: **No numere las páginas.**

## REFERENCIAS

- Idelsohn S. y Oñate E. Finite element and finite volumes. two good friends. *International Journal for Numerical Methods in Engineering*, 37:3323–3341, 1994.
- Meyer E., Morrison A., y Plummer C. Finite differences and finite volumes. two old friends. *Journal of Numerical Methods*, 32:1223–1241, 1995a.
- Meyer E., Morrison A., y Plummer C. The finite element method: A good friend. *Journal of Numerical Methods*, 32:2223–2241, 1995b.
- Zienkiewicz O. y Taylor R. *The finite element method*, volumen II. McGraw Hill, 1991.