



Universidad de Navarra  
Nafarroako Unibertsitatea

Escuela Superior de Ingenieros  
Ingeniarien Goi Mailako Eskola



# CÁTEDRA DE INGENIERÍA TÉRMICA Y DE FLUIDOS FUNDACIÓN ANTONIO ARANZABAL-UNIVERSIDAD DE NAVARRA

INFORME CURSO 2003-2004

**tecnun**





## **RESUMEN DE ACTIVIDADES. CURSO 2003-2004**

A lo largo del curso 2003-2004 la Cátedra Fundación Antonio Aranzabal-Universidad de Navarra (CAA-UN) ha continuado desarrollando sus actividades en los ámbitos de la formación y la investigación.

### **FORMACIÓN**

En el curso 2003-2004 se han desarrollado actividades de formación dirigidas al alumnado de la Escuela de Ingenieros de San Sebastián y al propio personal investigador de la CAA-UN.

#### **FORMACIÓN DEL ALUMNADO**

Alumnos de la Escuela de Ingenieros de San Sebastián están desarrollando sus proyectos fin de carrera o colaboran como alumnos internos, trabajando en temas relacionados con las actividades de investigación y docentes que actualmente lleva a cabo la CAA-UN o que se prevé pueden ser de interés a medio o largo plazo.

#### **FORMACIÓN DEL PERSONAL INVESTIGADOR**

- El día 24 de Junio de 2003 visitó la Escuela de Ingenieros para conocer las actividades de la CAA-UN el profesor Dr. Bahram Moshfegh. El profesor Moshfegh es un reputado científico, catedrático de las universidades suecas de Gävle y Linköpings de la que es además jefe del departamento de Sistemas Energéticos. En su visita conoció las instalaciones de la Escuela de Ingenieros, trató con los investigadores de la CAA-UN acerca de futuras colaboraciones en proyectos de investigación e impartió un seminario titulado "*An Introduction to Computational Fluid Dynamics of Turbulence*".
- D. Raul Antón continua sus estudios de doctorado (4º año) en el departamento de Energía del Kungliga Tekniska Högskolan (K.T.H.) de Estocolmo bajo la supervisión del Profesor Bahram Moshfegh.
- Durante los meses de julio a octubre de 2003 el Dr. Alejandro Rivas Nieto y D. Gorka Sánchez Larraona han realizado con éxito los cursos del *American Institute of Aeronautic and Astronautics (A.I.A.A.) "Introduction to Computational Fluid Dynamics"* y "*Advanced Computational Fluid Dynamics*".
- El Profesor Dr. Carlos Pérez ha impartido a los componentes de la CAA-UN el curso titulado "*Introducción al Análisis de Sistemas Dinámicos*".

## INVESTIGACIÓN

En el ámbito de la investigación la CAA-UN ha realizado durante el curso 2003-2004 diferentes proyectos y colaboraciones con empresas y otras entidades. Los resultados de las investigaciones se han recogido en artículos publicados o a la espera de su publicación en revistas internacionales de reconocido prestigio y en comunicaciones en congresos internacionales. Al final de este informe se recogen muestras de estos artículos.

### PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN

#### DISEÑO DE COJINETES HIDRODINÁMICOS PARA BOMBAS MULTIFÁSICAS

- ❑ **Entidad Financiadora:** Indar Máquinas Hidráulicas S.A.
- ❑ **Entidades Participantes:** CAA-UN.
- ❑ **Estado del proyecto:** Finalizado.
- ❑ **Resumen:** El objeto de este proyecto es la obtención mediante modelación matemática y simulación de la distribución de presiones y temperaturas que se alcanzan en los cojinetes hidrodinámicos de empuje axial de las bombas multifásicas diseñadas y construidas por Indar Máquinas Hidráulicas S.A. Las condiciones de funcionamiento complican la obtención de medidas experimentales por lo que se ha recurrido a la modelación matemática para determinar las sollicitaciones mecánicas y térmicas a las que se ven sometidos dichos cojinetes (Figura 1). Estas sollicitaciones servirán como punto de partida para la elección de nuevos materiales y diseños de los cojinetes.

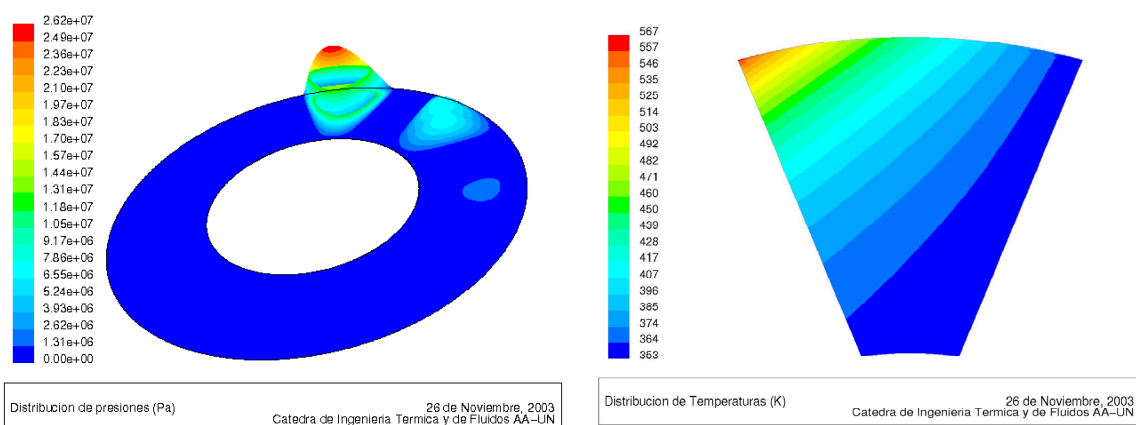


Figura 1. Distribución de presiones y temperaturas en el cojinete axial de una bomba multifásica.



## ESTUDIO DE LA DISTRIBUCIÓN DEL FLUJO DE AIRE Y DE LAS TEMPERATURAS EN EL INTERIOR DE ARMARIOS DE TELECOMUNICACIONES

- **Entidad Financiadora:** KTH Royal Institute of Technology.
- **Entidades Participantes:** KTH y CAA-UN (mediante un becario que está realizando su tesis doctoral).
- **Estado del proyecto:** En curso.
- **Resumen:** Las *Radio Base Stations* son armarios metálicos con varias estanterías o subracks conteniendo una entrada para el aire, un array de ranuras con PCBs (Printed Circuit Boards) y unos ventiladores. En el caso de las *Power Supply Cabinets*, su componente principal son los rectificadores, los cuales se apilan verticalmente en el interior del armario.

Este año la investigación se ha centrado en mediciones experimentales y simulaciones. Un modelo de un subrack fue construido dentro de un túnel de viento. Normalmente el aire fluye por la entrada, después gira 90 grados a través de una chapa perforada y luego fluye por las ranuras (entre dos tarjetas llenas de componentes electrónicos). Se analizó la distribución del aire mediante mediciones de velocidad usando un *Hot Wire Anemometer* y visualizaciones hechas mediante *Wire-Smoke*. Se midió la caída de presión a través de la chapa perforada y se realizó un análisis paramétrico usando diferentes geometrías y velocidades. Estas mediciones sirvieron para validar el campo de velocidades y presiones proporcionadas por el modelo matemático y utilizar unas condiciones de contorno adecuadas. Finalmente se evaluó la influencia de la modelación de la turbulencia y el tratamiento cercano a la pared en los resultados proporcionados por el modelo matemático. Actualmente se está trabajando en un estudio paramétrico usando modelación matemática (Figura 2). El objetivo es crear una correlación para la caída de presión dentro de los subracks que servirá para modelar de diferente manera la chapa perforada, esta vez como un medio poroso y crear una correlación con los coeficientes direccionales de caída de presión. Los resultados de este proyecto se han recogido en dos artículos presentados en el congreso *Thermal and Thermomechanical Phenomena in Electronic Systems, IThERM 2004, IEEE conference, Las Vegas, USA*. Al final de este informe se recoge una copia de estos artículos.

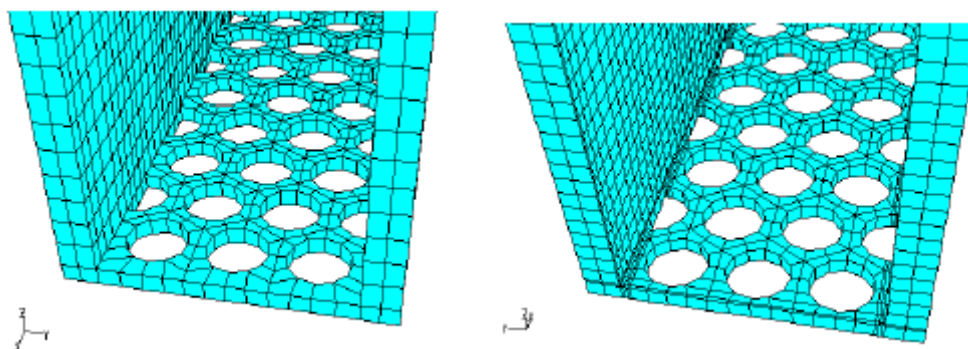


Figura 2. Mallados utilizados en las simulaciones.

**ESTUDIO MEDIANTE MODELACIÓN MATEMÁTICA Y SIMULACIÓN DEL FLUJO EN DIFERENTES MODELOS DE BOQUILLAS EMPLEADAS EN EL PROCESO DE OBTENCIÓN DE GRANALLA.**

- ❑ **Entidad Financiadora:** Centro de Investigaciones Técnicas de Guipúzcoa.
- ❑ **Entidades Participantes:** CAA-UN
- ❑ **Estado del proyecto:** Finalizado.
- ❑ **Resumen:** El objeto de este estudio ha sido conocer mediante modelación matemática y simulación las modificaciones que se producen al introducir una tobera en el flujo de agua que tiene lugar en el interior de las boquillas utilizadas en el proceso de obtención de granalla. Dicha tobera tiene como finalidad acelerar el mencionado flujo de forma que las velocidades en los puntos en la zona central de la sección sean mayores que las del resto. La solución propuesta para conseguir un aumento de velocidad en la zona central de la sección es, tal y como se ha mencionado y se muestra en la Figura 3, colocar centrada en la sección de la boquilla una tobera a una cierta distancia de su salida. Se ha optado por proponer la geometría de la tobera más simple, sin entrar en el estudio de la forma hidrodinámicamente más conveniente para no perturbar la parte de flujo que no circula por el interior de la tobera. La geometría propuesta viene determinada por 5 parámetros:  $D$ ,  $H$ ,  $L$ ,  $\theta_1$  y  $\theta_2$ .

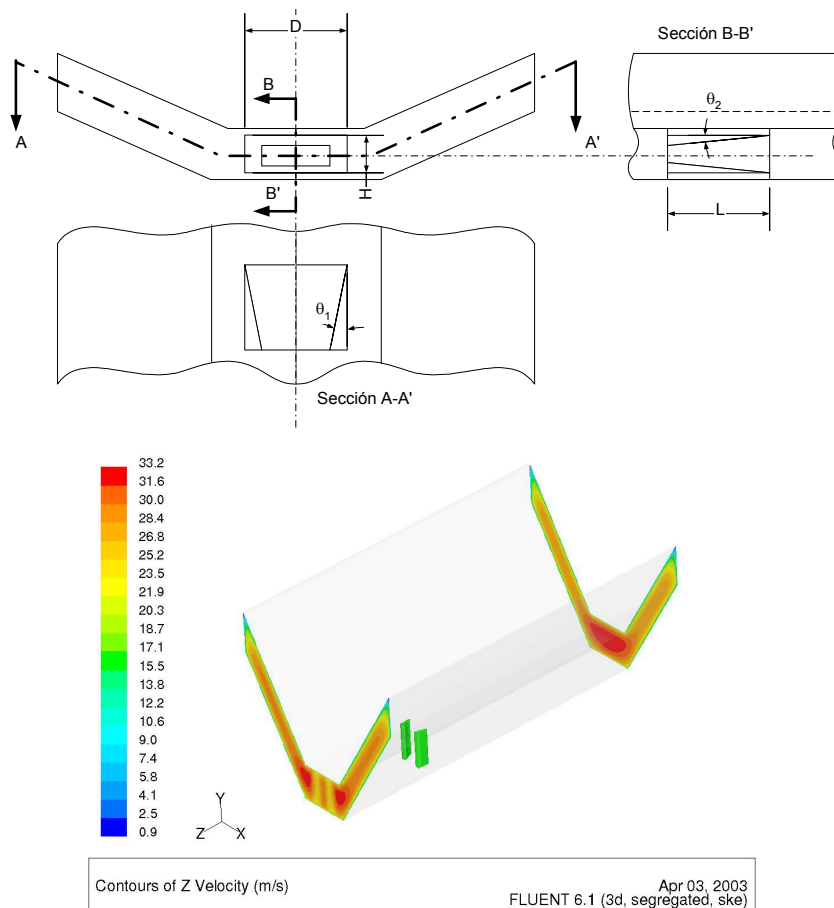


Figura 3. Modificaciones propuestas y resultados obtenidos por simulación.

### FLOW INDUCE NOISE AND VIBRATION MODELING IN THE TRANSPORTATION INDUSTRY (WINDY)

- **Entidad Financiadora:** Eureka Project EI3020.
- **Entidades Participantes:** MLS International (Belgium), K.U.Leuven (Belgium), CEIT (Spain), CAA-UN (Spain) y Mcube (France).
- **Estado del proyecto:** En curso.
- **Resumen:** La contribución del CEIT y la CAA-UN al proyecto estará centrada principalmente en la *modelación aeroacústica* del ruido generado en casos complejos de interés industrial, utilizando el acoplamiento entre los códigos comerciales de simulación FLUENT y SYSNOISE (Figura 4). Las aplicaciones seleccionadas estarán centradas en las siguientes áreas:
  - *Funcionamiento de Turbomaquinaria* (Ventiladores y Compresores). En este caso un ventilador centrífugo industrial será modelado. Para constatar la validez de la metodología empleada se contrastarán el ruido obtenido mediante simulación con medidas experimentales obtenidas en el laboratorio.

- *Componentes de trenes.* El uso de estas técnicas podrían ayudar a desarrollar trenes de alta velocidad que son una de las mayores fuentes de ruido ambiental. La intención del CEIT y la CAA-UN es modelar y simular el ruido producido por el pantógrafo de un tren de alta velocidad para conocer los fenómenos que intervienen en la generación de ruido por parte de estos elementos de manera que se puedan sugerir medidas orientadas a su reducción.

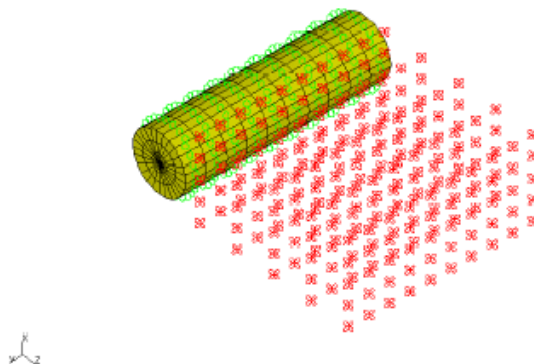


Figura 4. Simulación del Ruido producido por el flujo de aire alrededor de un cilindro.

#### APLICACIÓN DE TÉCNICAS CFD A LA OPTIMIZACIÓN DEL DISEÑO DE CONTADORES DE AGUA

- **Entidad Financiadora:** Gobierno Vasco y Elster Iberconta S.A.
- **Entidades Participantes:** CAA-UN.
- **Estado del proyecto:** En curso.
- **Resumen:** El propósito del proyecto es proporcionar a ELSTER Iberconta S.A. una herramienta de simulación que le permita conocer con mayor profundidad la hidráulica de los contadores ZENIT 15 y AQUABUS y poder mejorar así su diseño. Para cumplir con dicho propósito se han establecido los siguientes objetivos:
  - Desarrollo de sendos modelos matemáticos de los contadores ZENIT 15 y AQUABUS mediante técnicas de Mecánica de Fluidos Computacional para intentar reproducir su comportamiento hidráulico.
  - Validación de los modelos desarrollados mediante la comparación de los resultados obtenidos con mediciones experimentales.
  - Predicción, mediante los modelos matemáticos desarrollados, del efecto que los principales parámetros de diseño tienen sobre la hidráulica de los contadores.





## **DIVULGACIÓN DE LA ACTIVIDAD INVESTIGADORA**

- Artículo “*Development of a Thermal Model for Automotive Twin-tube Shock Absorbers*”. **J. C. Ramos, A. Rivas**, J. Biera, G. Sacramento and J. A. Sala. Enviado para su publicación a la revista *Applied Thermal Engineering*.
- Artículo “*Predicting the Dynamic Behaviour of Hydrobushings*”. N. Gil-Negrete, **A. Rivas** and J. Viñolas. Enviado para su publicación a la revista *Shock and Vibrations*.
- Artículo “*Convective Instabilities in Two Superposed Horizontal Liquid Layers Heated Laterally*”. S. Madruga, **C. Pérez-García** and G. Lebon. *Physical Review E* **68**, 041607 2003.
- Artículo “*Rotating Convection in Fluids with Temperature-Dependent Viscosity*”. S. Madruga, **C. Pérez-García** and G. Lebon. Enviado para su publicación a la revista *Physics of Fluids*.
- Artículo “*Hexagonal Patterns in a Model for Rotating Convection*”. S. Madruga and **C. Pérez-García**. Enviado para su publicación a la revista *International Journal of Bifurcation and Chaos*.
- Comunicación en Congreso “*Modelling of EMC Screens for Radio Base Stations, Part 1: Experimental Parametric Study*”. **Antón, R.**, Jonsson, H. and Moshfegh, B. Aceptado para su presentación en *Thermal and Thermomechanical Phenomena in Electronic Systems, IOTHERM 2004, IEEE conference, Las Vegas, USA*.
- Comunicación en Congreso “*Modelling of EMC Screens for Radio Base Stations, Part 2: Evaluation of Turbulence Models*”. **Antón, R.**, Jonsson, H. and Moshfegh, B. Aceptado para su presentación en *Thermal and Thermomechanical Phenomena in Electronic Systems, IOTHERM 2004, IEEE conference, Las Vegas, USA*.
- Comunicación en Congreso “*On the Prediction of the Dynamic Stiffness of Hydrobushings*”. N. Gil-Negrete, **A. Rivas** and J. Viñolas. Aceptado para su presentación en la *International Conference on Noise and Vibration, ISMA 2004, Leuven BELGIUM*.