

# **SOBRE EL USO DE TÉCNICAS COMPUTACIONALES AVANZADAS Y LAS RESTRICCIONES REGULATORIAS<sup>1</sup>**

**JUAN CARLOS FERRERI<sup>2</sup>**

## **Resumen**

En éste trabajo se define cual puede ser hoy ser el papel de las técnicas computacionales avanzadas como herramientas para su consideración en el proceso de licenciamiento de instalaciones nucleares. La discusión cubre cuestiones actuales en el tema, definiciones necesarias, lineamientos para el uso apropiado de dichas técnicas, el rango actualmente aceptado de aplicaciones y sugerencias para desarrollos futuros. Si bien se habla de técnicas computacionales avanzadas, está implícito que las consideraciones están mayormente referidas a la termo-hidráulica de instalaciones nucleares, en particular las técnicas de la Fluido-dinámica Computacional (CFD por su acrónimo en inglés). Se afirma y se justifica que la CFD puede ser un soporte de técnicas ya aceptadas y establecidas a partir de experimentos de validación.

## **Abstract**

This paper considers the present role of advanced computational techniques used as tools in the licensing of nuclear installations. The present paper considers general techniques but emphasizes on the role of Computational Fluid Dynamics (CFD). The discussion covers present issues on this subject, dealing with necessary definitions in the field, user effects and best practice guidelines, scope of accepted applications and suggestions for future developments (link to a complete text version is included). It is asserted and justified that CFD may be a support to well-established methodologies when based on validation experiments.

La versión completa del texto, con particular referencia a la CFD puede ser obtenida a partir de la página web de la ANCSA, pestaña E-PUBS (<http://www.ciencias.org.ar>)

---

<sup>1</sup>Versión adaptada y extendida de una presentación invitada en *XXI ENIEF*, San Carlos de Bariloche, septiembre 23-26, 2014.

<sup>2</sup>Ingeniero, Miembro de la Academia Nacional de Ciencias de Buenos Aires.

## Introducción

Esta versión de la presentación tiene carácter esquemático dado que el texto completo es demasiado extenso y puede ser consultado en el hipervínculo ya mencionado.

Es importante introducir algunas definiciones para establecer los límites de las aseveraciones que seguirán y que estarán restringidas a éste texto, a saber:

**Restricción.** *(diccionario RAE, Ed.22 online)*

(Del lat. *restrictiō*, *-ōnis*).

1. f. Acción y efecto de [restringir](#) (ceñir).

– **restringir.**

(Del lat. *restringĕre*).

1. tr. Ceñir, circunscribir, reducir a menores límites.

2. tr. Apretar, constreñir, restriñir.

En inglés: *(diccionario Merriam-Webster, online)*

Constraint:

a) something that limits or restricts someone or something

b) Control that limits or restricts someone's actions or behavior

Una *restricción regulatoria* es una restricción que especifica una ley gubernamental o regulación que no debe ser violada por el diseñador o el regulado. El *objetivo típico* de una restricción regulatoria es asegurar que la presentación de una práctica para su licenciamiento no viole alguna ley o regulación relevante.

Tratándose del comportamiento de una instalación nuclear, la diferencia entre una predicción calificada en ingeniería computacional y una predicción calificada en ingeniería computacional *aplicable al licenciamiento de una instalación nuclear* es la “SATISFACCION DE LAS RESTRICCIONES REGULATORIAS”. Utilizamos aquí la palabra calificada por “qualified”; en realidad aplica para cualquier tipo de predicción. Según el diccionario RAE: **calificado** 2. adj. *Dicho de una cosa: Que tiene todos los requisitos necesarios.*

## Aseveraciones

A continuación, introduciremos algunas aseveraciones, que servirán para introducir dos opiniones derivadas.

- Los licenciarios no especifican los requerimientos para la aceptabilidad de las predicciones para el licenciamiento
- Los reguladores deben especificar explícitamente las restricciones
- Las restricciones son necesariamente técnicas y procedimentales
- Existe el riesgo de la sobre-especificación o la sobre-restricción

## Discusión

En algunos casos, el licenciamiento está basado en el comportamiento global (performance) como en la norma AR-3.1.3 de la Autoridad Regulatoria Nuclear Argentina, antes que en valores específicos de parámetros (como en la NRC's CFR 10 §50.46 y Appendix K to Part 50 – ECCS) como parte de un criterio global. En el primer caso, los licenciarios podrían (*¿no sería acaso deseable?*) establecer parámetros particulares de seguridad (a veces denominados *intermedios*) a satisfacer en sus análisis, que deberían llevar al cumplimiento de los criterios de seguridad global. A veces esto podría acordarse con el regulador.

Existen los denominados “efectos del usuario” (bien discutidos para códigos generales pero macroscópicos) y son también importantes en los códigos avanzados y están presentes tanto explícita como implícitamente. A veces esto es más sutil (interacción de grillas de cálculo y sub-modelos, mejoras de los códigos por los usuarios, funciones y correlaciones definidas por el usuario, extrapolaciones de validez de los códigos por parte del usuario, etc.). La calificación de los usuarios para disminuir su influencia sobre los resultados es esencial. Es interesante que, debido a la necesidad de una mayor comprensión física de aspectos básicos por el grado de detalle implícito en los modelos computacionales

avanzados, se hace necesaria una formación básica mucho más fuerte en los usuarios.

La reproducibilidad de los resultados es casi imposible (e inútil) sin un conocimiento detallado de los datos de entrada. Códigos diferentes producen resultados diferentes bajo las mismas hipótesis. Lo mismo aplica a idénticos códigos con datos diferentes. Los códigos avanzados proveen acceso a variables dependientes (VDs) que son imposibles de verificar de otra manera. No todas las VDs son relevantes para la seguridad nuclear y pueden ser importantes para la investigación y desarrollo (I+D). Lo mismo aplica a otras variables globales.

Los resultados de “papers” no necesariamente constituyen un respaldo para la calidad de los análisis de seguridad, lo que contradice la opinión de los autores. Los resultados experimentales de las bases de datos establecidas (ITFs e SETs), por el contrario, son referencias válidas cuando se interpolan o extrapolan apropiadamente. Hay una gran cantidad de bibliografía sobre técnicas computacionales avanzadas aplicadas a instalaciones nucleares, pero, debido a metodologías diferentes; a la imposibilidad de acceder al escrutinio de datos “proprietary” de validación, lo que impide mejorar el conocimiento para el modelado de casos particulares y las diferentes escuelas, entre otros aspectos, es difícil discernir sobre su validez.

Las razones para las anteriores aseveraciones provienen de la necesidad de aproximaciones más generales para los modelos físicos y la necesidad de esfuerzos muy importantes en dinero y trabajos dedicados a la validación y la cuantificación de incertezas de las técnicas computacionales avanzadas

## Opiniones derivadas

En base a lo expresado anteriormente, ¿es posible establecer dos opiniones sobre **cuál debe ser el rol** de las técnicas avanzadas de predicción computacional actuales en relación a la seguridad nuclear en el licenciamiento de una instalación nuclear? A criterio del autor éstas son: a) **Dar soporte** a métodos generales de análisis bien establecidos, a través de resultados detallados y, b) **NO proveer resultados** que

reemplacen la falta de datos experimentales para los análisis de validación en la documentación regulatoria.

## **Conclusiones**

Del análisis de la bibliografía actualizada (ver versión completa del texto de ésta comunicación en [www.ciencias.org.ar](http://www.ciencias.org.ar), pestaña E-PUBS, surge que la madurez de algunas técnicas computacionales avanzadas para el licenciamiento de las instalaciones nucleares no ha sido alcanzada y resta al menos una década para ello (¡pero están y son utilizadas!). “Madurez” es un término a ser aplicado en general a los modelos y a sus usuarios. Esto es particularmente cierto en Argentina (a la fecha, muy pocas aplicaciones han sido consideradas).

La diferencia entre I+D y la aplicación al licenciamiento debería ser claramente comprendida por todos los “jugadores”. Esto es particularmente importante cuando se consideran la Seguridad Nuclear y el Licenciamiento de instalaciones.

El autor considera que el motivo de las opiniones formalizadas debería estar incluida implícita (o mejor aun explícitamente) en la normativa regulatoria.