

SITUACIÓN ACTUAL EN LA ENSEÑANZA DE LA INGENIERÍA NUCLEAR

CURRENT SITUATION OF NUCLEAR ENGINEERING EDUCATION

C. QUERAL - E. MÍNGUEZ

En los últimos años se ha generado una gran inquietud por la disminución de ingenieros y licenciados adecuadamente cualificados en el campo de la Tecnología Nuclear. La aparición de un déficit entre la oferta y la demanda es ya un hecho en varios países, por ello la comunidad internacional ha elaborado diversos informes que aquí se resumen.

The last few years have seen a growing concern with the decreasing number of suitably qualified engineers and university graduates in the field of Nuclear Technology. The gap between supply and demand is now a fact in several countries, and for this reason the international community has prepared several reports on the issue that are summarized here.

Introducción

La energía nuclear y sus aplicaciones han generado importantes beneficios a la humanidad durante los últimos 50 años, para lo cual se ha necesitado un personal altamente especializado en la materia. Durante los últimos años se ha comenzado a detectar una cierta preocupación en la comunidad internacional por la disminución y posible desaparición del personal especializado en este campo.

Se debe tener en cuenta que, durante los próximos años, serán necesarios mas profesionales, aunque en principio no se construyeran mas centrales, ya que es preciso realizar el relevo generacional con nuevos profesionales para, por lo menos, mantener el nivel de conocimientos actuales, de forma que el nivel de seguridad se mantenga hasta el posible cierre de las centrales y el futuro desmantelamiento y gestión de los residuos radiactivos. Si no existen recursos humanos suficientes se perderá la energía nuclear como opción de futuro y se perderá influencia a nivel internacional.

En este artículo se analiza el problema de la enseñanza nuclear en el mundo, de acuerdo con algunos estudios realizados en los últimos años y se recogen algunas recomendaciones para abordarlo.

Situación a escala mundial

Los primeros síntomas de preocupación por la docencia de la Ingeniería Nuclear y el posible déficit de profesionales adecuadamente formados en dicho campo surgió en los EE.UU. a finales de la década de los 80. En 1990 se publicó el informe "U.S. Nuclear Education: Status and Prospects" en el cual se realizaba un exhaustivo análisis de la evolución de la situación durante la década anterior. Este informe dio lugar a un intenso programa de becas y premios que fue de gran efectividad. Sin embargo desde entonces no se volvió a analizar la situación, ya que parecía que había un balance adecuado entre la oferta y la demanda de ingenieros nucleares. En la primavera de 1998 muchos directores de departamentos de las universidades de EE.UU. notaron un aumento de la demanda de titulados por parte de la industria y la administración, lo que provoco la necesidad de volver a analizar la situación. En esta ocasión el análisis se realizó de manera más rápida y desde distintos frentes. De entre los informes que genero este análisis cabe destacar el realizado por el NERAC (Nuclear Energy Research Advisory Committee), "NERAC Blue Ribbon Report: The Future of University Nuclear Engineering Programs and

Introduction

Nuclear power and its applications have yielded significant benefits to humanity during the last 50 years, and this has required highly specialized personnel in the field. During the last few years, a growing concern has been detected in the international community with the decreasing number and possible disappearance of personnel specializing in this field.

In the next few years, even though in principle no new plants will be built, a generational turnover will be necessary with new professionals who can at least uphold the current level of know-how, maintain safety standards until the possible closure and future dismantling of plants, and manage radioactive waste. Without sufficient human resources, nuclear power will cease to be a future option and influence at the international level will be lost.

This article analyzes the problem of nuclear education around the world based on some studies carried out in the last few years, and some recommendations are given to address this issue.

Worldwide Situation

The first symptoms of concern with the state of teaching in Nuclear Engineering and the possible deficit of adequately trained professionals in this field emerged in the USA in the late 80s. In 1990, the report titled "U.S. Nuclear Education: Status and Prospects" was published; it contains a thorough analysis of how the situation had evolved during the previous decade. This report resulted in an intensive

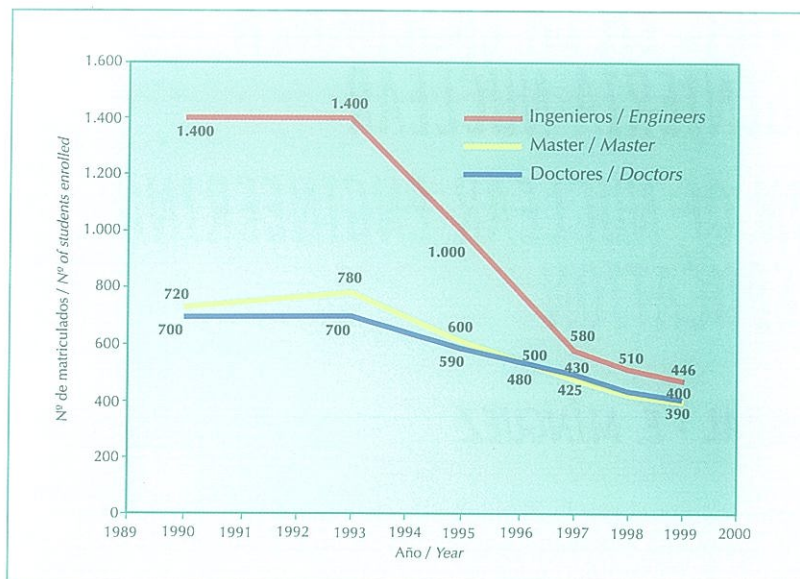
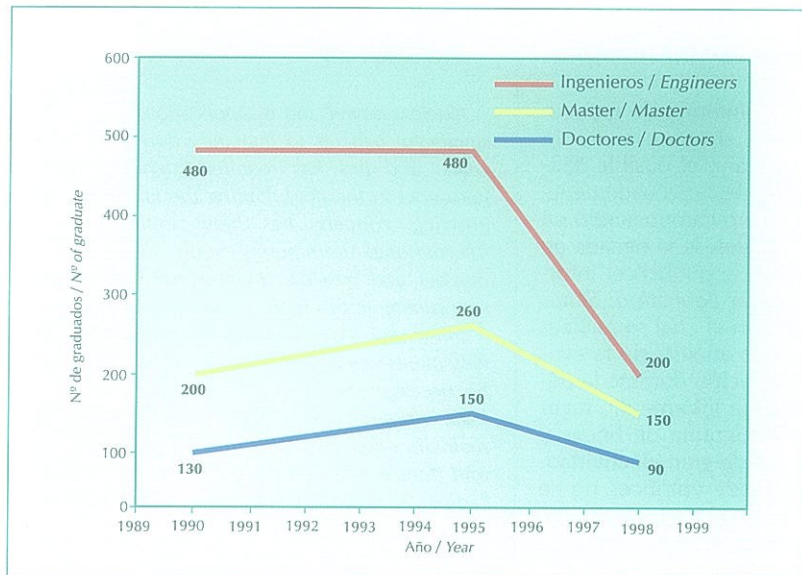


Figura 1. / Figure 1. Evolución del número de matriculados a tiempo completo o parcial en EE.UU. / Evolution of the number of full-time or part-time students enrolled in USA.

Figura 2. / Figure 2. Evolución del número de graduados en EE.UU. / Evolution of number of graduate students in USA.



University Research & Training Reactors", en el cual se muestran de forma clara y concisa los problemas de EE.UU. en este campo.

Por su parte la NEA comenzó a analizar la situación a nivel internacional, y realizó un estudio con la participación de 16 países incluyendo España, que tuvo lugar durante 1998-99. Para ello preparo un cuestionario que envió a 200 organizaciones, incluyendo 112 universidades. A partir de los resultados del cuestionario se detectaron cuales eran los principales problemas y se propusieron varias soluciones, algu-

nas de las cuales se comentan más adelante. Los resultados de dicho trabajo se publicaron en el informe "Nuclear Education and Training: Cause of Concern".

Problemas detectados

Analizando de forma conjunta los problemas detectados así como las soluciones aportadas en todos los informes se obtiene el siguiente conjunto de ideas aplicables a nivel mundial, donde los comentarios específicos para el caso español se indican en negrita,

program of scholarships and awards that was very effective. However, the situation was not reexamined after that, as it seemed there was a suitable balance between the supply and demand for nuclear engineers. In the spring of 1998, many U.S. university department directors noted an increased demand by industry and administration for university graduates, which made it necessary to reanalyze the situation. On that occasion, the analysis was faster and was approached from different fronts. The reports resulting from that analysis included the one issued by NERAC (Nuclear Energy Research Advisory Committee), "NERAC Blue Ribbon Report: The Future of University Nuclear Engineering Programs and University Research & Training Reactors", which clearly and concisely addressed U.S. problems in this field.

On the other hand, the NEA began to analyze the situation on an international scale, and in 1998-99 it carried out a survey in which 16 countries took part, including Spain. To do so, it prepared a questionnaire that was sent to 200 organizations, including 112 universities. The main problems were analyzed based on the questionnaire results and several solutions were proposed, some of which are commented on below. The results of this survey were published in the report titled "Nuclear Education and Training: Cause of Concern".

Problems Detected

A joint analysis of the problems detected and the solutions provided in all these reports has led to the following ideas that are applicable worldwide. The specific comments on the Spanish situation are indicated in bold.

• [P1] Imbalance between supply and demand

This first symptom of this imbalance was a drop in the number of students choosing specialties and subjects related to Nuclear Engineering. In the U.S. this situation has been the cause of great concern, as there has been a sharp drop in the number of enrolled and graduating students, figures 1 and 2. A slight decrease has also been observed in all the countries included in the OECD analysis, figure 3. **This problem is now a fact in Spain, as currently an average of 6 to 10 students are enrolling in the nuclear subjects of the Advanced Technical Schools in which the new Study Plan has been implemented (the Polytechnic Universities of Valencia, Catalonia and Basque Country). As for Madrid's P.U., although the plan has been implemented in some Schools, it still does not cover specialized courses in which nuclear subjects are taught, except in the School of Mining Engineers.**

A direct consequence of this drop in number of students is a declining number of departments, experimental facilities for teaching, and Nuclear Engineering programs and courses, since the immediate effect of a drastic drop in the number of students will be the gradual disappearance of nuclear-related specialties and subjects. Eventually teaching posts for university professors would be abolished, and the end result would be the

disappearance of young professors with teaching skills in the field of nuclear engineering. The average age of university professors in OECD countries is currently quite high, in the range of 44-52 in most of them. **In Spain, this value is approximately 47.**

It is true that, at present, the needs of companies are covered, except for the U.S. where there is an undeniable shortage of engineering graduates in nuclear engineering, figure 5. However, in the medium-term of 5 years, the situation is bound to get worse. In this case, the problem is due to the high average age of personnel, early retirement plans, and the need to be competitive in deregulated markets. In addition, this need to be competitive leads to decisions being made on the basis of short-term economic criteria, and thus companies are in no hurry to solve this problem. In short, there is a lack of strategic planning by companies and the administration. **This problem clearly affects Spanish companies, and a marked deficit of new technicians with sufficient training and experience will likely begin to be noted shortly.**

• [P2] Image of Nuclear Engineering

At present there is a general rejection of nuclear power, due in large part to the Chernobyl accident and to the fact that the public and communication media are not well enough informed about Nuclear Engineering. Added to this problem is its use as an electoral weapon: **"to be antinuclear is to be Green"**. The normal practice has been to wait for image issues to solve themselves and, while these image problems are being solved, it is expected that, in spite of intense economic activity in the industry, participation in the field of Nuclear Engineering would go unnoticed by the public. This situation leads to a perception of lack of activity and thus of opportunities in the field of Nuclear Engineering, which limits students' interest in it.

Finally, it is important to note that the public and even professionals in the field are unaware of the range of possibilities offered by Nuclear Engineering-related technology, as well as its future opportunities.

• [P3] Need to improve communication and cooperation between the different organizations (industry, government, universities)

The current level of cooperation between the different organizations is insufficient. On one hand there is a lack of support by the administration and industry in fostering research in Nuclear Engineering departments, and on the other international collaboration is still too limited.

• [P4] Decrease in the number of research reactors in universities

There is a clear decline in number of facilities worldwide. **No research reactors are left in Spain. Given the image of nuclear engineering, it is currently impossible to address the possibility of building this type of reactor or even undertaking the facilities we are lacking, e.g. large-scale accelerators.**

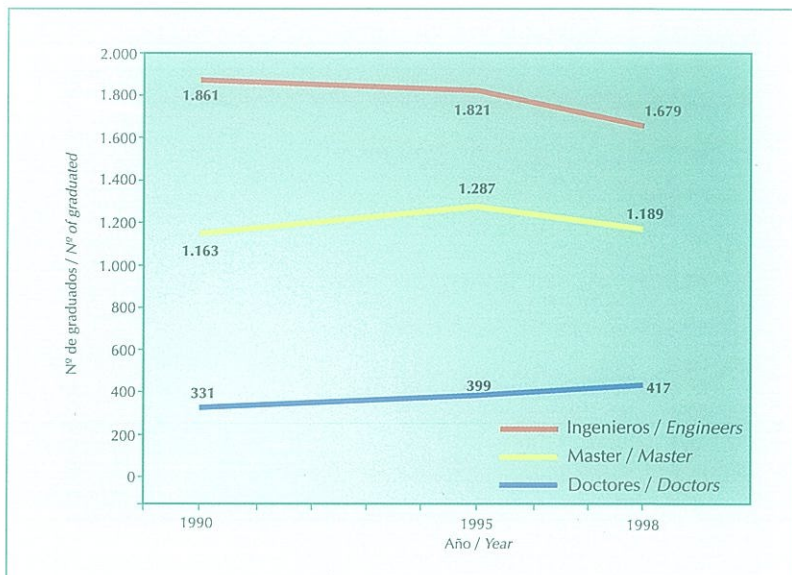


Figura 3. / Figure 3. Evolución del número de matriculados en los países de la OCDE. / Evolution of number of students enrolled in OECD countries.

• [P1] Desequilibrio entre la oferta y la demanda

El primer síntoma de este desequilibrio ha sido la disminución del número de alumnos que eligen las especialidades y las asignaturas relacionadas con la Ingeniería Nuclear. En EE.UU. la situación ha alcanzado cotas de gran preocupación ya que han disminuido fuertemente el número de matriculados y de graduados, figuras 1 y 2; También se observa en el conjunto de los países incluidos en el análisis de la OCDE un ligero descenso, figura 3. **Este problema ya es un hecho en España, ya que actualmente se están matriculando una media de 6 a 10 alumnos en las asignaturas nucleares de las Escuelas Técnicas Superiores en las que ya se ha implantado el nuevo Plan de Estudios (U.P. de Valencia, U.P. de Cataluña, U. País Vasco). En cuanto a la U.P. de Madrid, aunque ya se ha implementado en algunas Escuelas, todavía no se han alcanzado cursos de especialidad donde se imparten materias nucleares, salvo en la ETSI Minas.**

Una consecuencia directa de esta disminución de alumnos es la disminución del número de departamentos, instalaciones experimentales para docencia, programas y cursos de Ingeniería Nuclear, ya que si disminuye drásticamente el número de alumnos el efecto inmediato será la desaparición paulatina de las especialidades y asignaturas relacionadas con el ámbito nuclear.

Posteriormente acabarían amortizándose las plazas de los profesores de universidad y se llegaría finalmente a la desaparición de jóvenes profesores con capacidad docente en el campo de la ingeniería nuclear. Actualmente en los países de la OCDE se observa una edad media alta entre los profesores de universidad, que para la gran mayoría se encuentra en el rango (44, 52). **En España este valor es aproximadamente 47.**

Por otra parte es cierto que actualmente las necesidades de las empresas están cubiertas, a excepción de EE.UU. donde ya existe un claro déficit de ingenieros graduados en ingeniería nuclear, figura 4. Sin embargo a medio plazo, 5 años, la situación puede empeorar. En este caso el problema proviene de una edad media alta del personal, de los planes de jubilaciones previstos y de la falta de contratación por la necesidad de competitividad en mercados desregulados. Asimismo, esta necesidad de competitividad provoca que las decisiones se tomen en base a criterios económicos a corto plazo y que por tanto se note una falta de urgencia por parte de las empresas para solucionar este problema. En definitiva existe una falta de planificación estratégica por parte de las empresas y la administración. **Este problema afecta con claridad a las empresas españolas, y en breve plazo se puede empezar a notar un fuerte déficit de nuevos técnicos con la suficiente formación y experiencia.**

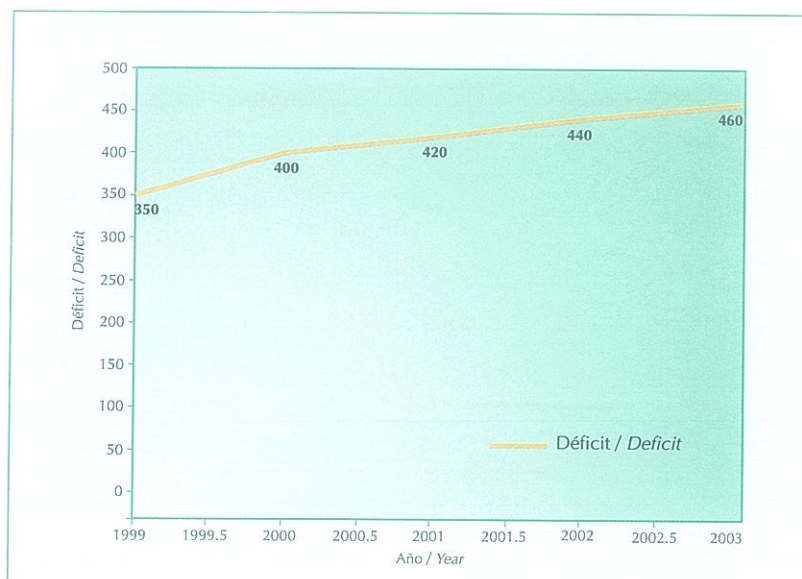


Figura 4. / Figure 4. Deficit de ingenieros nucleares en EE.UU. / Deficit of nuclear engineers in USA.

• [P2] Imagen de la Ingeniería Nuclear

En el momento actual existe un rechazo generalizado contra la energía nuclear, debido en gran parte al accidente de Chernobyl y a una falta de conocimiento por parte del público y los medios de comunicación con respecto a la Ingeniería Nuclear. A este problema se añade su utilización política como arma electoral, "ser antinuclear es ser verde". La práctica habitual ha consistido en esperar a que los problemas de imagen se resuelvan solos, y mientras estos problemas de imagen se resuelven, se pretende, a pesar de una alta actividad económica en el sector, que la participación en el campo de la Ingeniería Nuclear pase desapercibido de cara al público. Esta situación provoca una imagen de falta de actividad y por tanto de oportunidades en el campo de la Ingeniería Nuclear, lo cual limita el interés de los estudiantes.

Finalmente, es importante destacar que el público e incluso los profesionales del campo desconocen la propia amplitud de posibilidades que ofrece la tecnología asociada a la Ingeniería Nuclear, así como sus posibilidades de futuro.

• [P3] Necesidad de mejorar la comunicación y la cooperación entre los distintos organismos (industria, gobierno y universidades)

Actualmente el nivel de cooperación entre los distintos organismos

es insuficiente. Por una parte existe falta de apoyo por parte de la administración y la industria para fomentar la investigación en los departamentos de Ingeniería Nuclear, por otra la colaboración internacional es todavía demasiado limitada.

• [P4] Disminución del número de reactores de investigación en las universidades

A nivel mundial existe un claro declive en el número de instalaciones. **En España ya no queda ningún reactor de investigación. Es imposible actualmente, dada la imagen de la ingeniería nuclear, plantear la posibilidad de construir este tipo de reactores e incluso abordar instalaciones de las que somos deficitarios, como por ejemplo grandes aceleradores.**

Esta situación de la educación en la OCDE se puede resumir en la figura 5.

Soluciones propuestas

Las recomendaciones que se enumeran a continuación deben ser aplicadas con urgencia. **Este criterio también debe aplicarse en España. Si se espera a que la situación se vuelva realmente grave no tendremos margen de actuación.**

• [S1] Cuantificar las necesidades de la Industria, la Administración y la Universidad.

Es necesaria la existencia de un organismo con representantes de

The educational situation in the OECD is summarized in figure 5.

Proposed Solutions

The recommendations listed below should be urgently implemented. This criterion should also be applied in Spain. If we wait for the situation to become really serious, we will have no room for action.

• [S1] Quantify the needs of Industry, the Administration and the University.

A body must be set up with representatives from all the organizations (enterprise, administration and universities) to periodically analyze needs, as well as the current situation and short-term prospects (1 to 4 years), medium-term prospects (5 to 8 years) and long-term prospects (9 to 15 years). **An organization of this kind should be created in Spain to immediately carry out a study of this sort. It so happens that in some research plans, energy is not included as a thematic group. This is inadmissible.**

• [S2] Diversify the Nuclear Engineering curriculum offered by universities and research centers.

One of the ways to attract the attention of potential students is to offer them more attractive programs. The U.S. and Asian countries have made an effort to evolve in this direction. To do so, the curriculum must be extended to areas with a better future and also to areas less related to Nuclear Engineering but that permit Departments to be maintained, so that if the situation should change at any given time they will be immediately available. Subjects related to the following have been proposed:

1. Nuclear power

- Advanced reactors, including hybrid reactors.

- Advanced fuel cycles.

- Breeder and fusion reactors, which are the only ones that will be able to satisfy energy needs in the future (2050) on an unlimited basis.

2. Radwaste management.

3. Radiated material processing.

4. Advanced industrial technology.

5. Nuclear medicine.

The number of students is declining in Spain, and therefore an effort should be made to make some changes in course contents towards more appealing areas for students.

On the other hand, distance education should be considered from the two-fold perspective of increasing interest and enrollments and of improving relations/collaboration with enterprises. **In the case of Spain, the universities should join forces to provide distance course at different levels.**

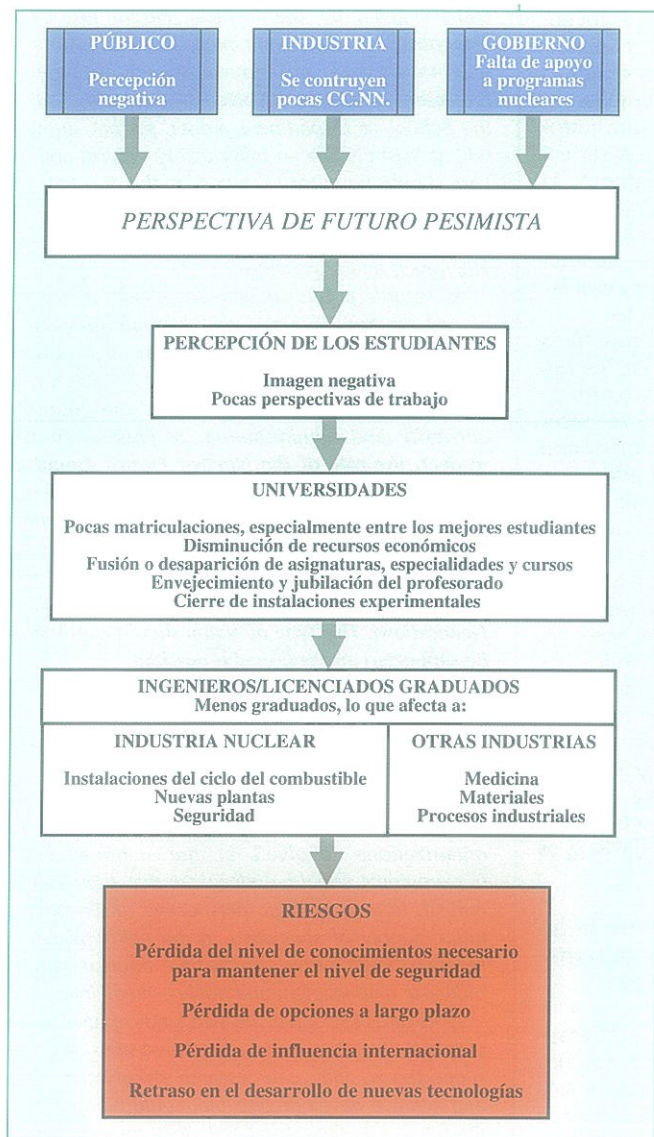


Figura 5.

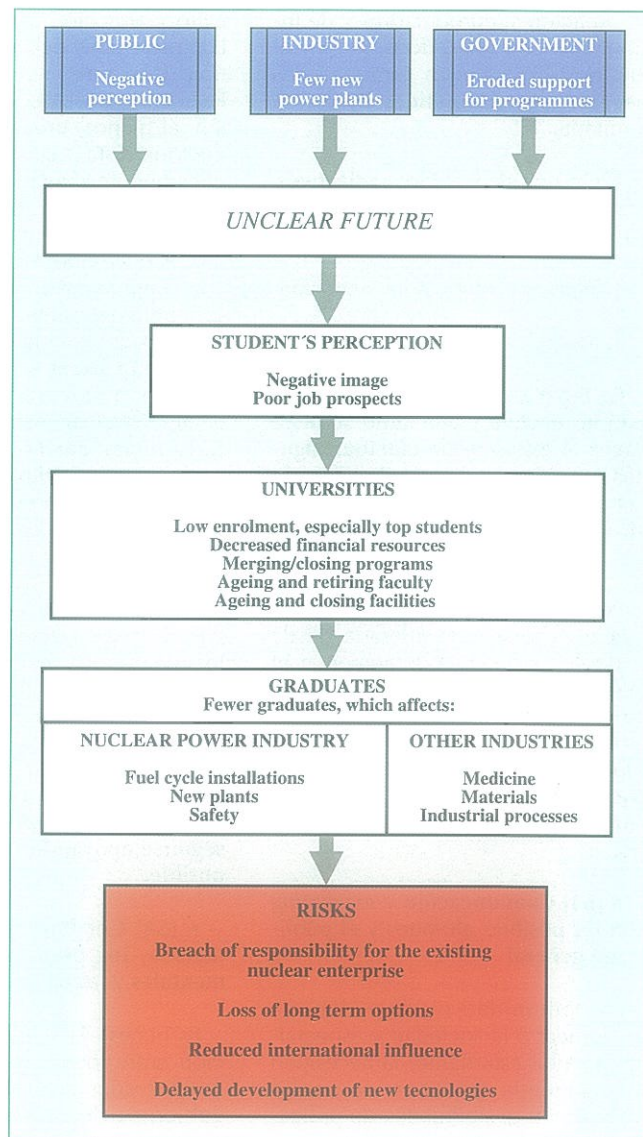


Figure 5.

• [S3] Communication and marketing with potential students and the general public

The nuclear community should communicate to society and especially to students the need for nuclear power and the wide range of potential applications and job possibilities in industry, research and administration. To attract students to nuclear technology subjects, potential students must be contacted quickly and often, and for this marketing is key. Departments and professors should personally take the time to promote nuclear engineering; it cannot be expected that the problem will solve itself or be solved by others.

The university and other organizations can use different tactics such as: giving short courses or summer courses that could be attended by pre-university students or first-year students before choosing their major (successful courses such as TERRA-INNOVA, organized by ENRESA, and the

todos los organismos (empresas, administración y universidades) que realicen análisis periódicos de las necesidades así como de la situación y sus perspectivas a corto (1 a 4 años), medio (5 a 8 años) y largo plazo (9 a 15 años). **Debería crearse algún organismo en España de estas características que realizara inmediatamente un estudio de este tipo. Se da la circunstancia que en algunos planes de investigación no aparece la energía como grupo temático. Esto es inadmisibles.**

• [S2] Diversificar el currículum de la Ingeniería Nuclear que se ofrece en las universidades y centros de investigación.

Uno de los medios para atraer la

atención de los posibles alumnos es proporcionarles programas más atractivos. EE.UU. y los países asiáticos han realizado un cierto esfuerzo por evolucionar en dicha dirección. Para ello es necesario ampliar el currículum hacia áreas con mas futuro y también áreas menos relacionadas con la Ingeniería Nuclear, pero que permitan mantener a los Departamentos, de forma que si la situación cambia en cualquier momento estén inmediatamente disponibles, entre ellas se han propuesto asignaturas relacionadas con:

1. Energía nuclear
 - Reactores avanzados, incluyendo reactores híbridos
 - Ciclos del combustible avanzados.

- Reactores reproductores y de fusión, que son los únicos que en el futuro (2050) pueden garantizar las necesidades energéticas de forma ilimitada.

2. Gestión de residuos radiactivos
3. Procesado de materiales con radiación
4. Tecnología industrial avanzada
5. Medicina nuclear

En España el número de alumnos está en declive y por tanto se debe hacer el esfuerzo de efectuar algunos cambios en los contenidos de las asignaturas hacia áreas mas atractivas para los alumnos.

Por otra parte, la educación a distancia debe ser considerada desde la doble perspectiva de aumentar el interés y las matriculaciones así como mejorar las relaciones/colaboraciones con las empresas. **En el caso español las universidades deberían coordinar esfuerzos para impartir cursos a distancia de distintos niveles.**

• [S3] **Comunicación y marketing con los posibles alumnos y el público en general**

La comunidad nuclear debería comunicar a la sociedad y especialmente a los estudiantes la necesidad de la energía nuclear y el amplio abanico de posibilidades de aplicación y posibilidades de trabajo en la industria, investigación y administración. Para atraer a los alumnos hacia los temas de tecnología nuclear es necesario contactar con los posibles alumnos pronto y a menudo, el marketing es la llave. Los departamentos y los profesores a nivel personal deben preocuparse en promocionar la ingeniería nuclear, no se puede esperar a que el problema se resuelva solo o lo resuelvan otros.

Desde la universidad y otros organismos se pueden utilizar diversas tácticas como impartir cursos cortos o cursos de verano a los que puedan asistir alumnos preuniversitarios y de los primeros años de carrera, antes de elegir la especialidad (el éxito de cursos como TERRA-INNOVA, organizado por ENRESA, y los cursos impartidos por el Foro Nuclear muestran el camino a seguir); utilizar páginas WEB altamente interactivas como medio de con-

tacto y atracción de la gente joven. Los profesores deben hacer marketing dentro de la propia Escuela o Facultad, para que los alumnos elijan, al menos, una asignatura introductoria. Esta a su vez debe ser especialmente cuidada, ya que es la que puede permitir atraer a los alumnos hacia la especialidad. A su vez es necesario contratar y retener a la gente joven tanto en las empresas como en las universidades.

Con respecto a la opinión pública se debería hacer énfasis en los beneficios medioambientales de la energía nuclear. Asimismo es necesario revitalizar las reuniones con profesores de instituto, en ellas sería conveniente la presencia de profesionales de la industria, la universidad y la administración. **En este sentido el papel del Foro Nuclear debe ser reimpulsado y apoyado por el propio personal del resto de los organismos.** Por su parte los departamentos de ingeniería nuclear y otros organismos deberían fomentar actos públicos para mejorar la percepción del público. **El grupo más activo en España es el de Jóvenes Nucleares.** Este tipo de actos debe seguirse apoyando y ampliarlo si es posible.

• [S4] **Colaboración entre la industria, los organismos gubernamentales y las universidades**

Es necesaria una mayor interacción entre todas las organizaciones involucradas a nivel nacional. Los gobiernos deben comprender que su papel es crítico, desde una perspectiva estratégica, a la hora de poder garantizar el futuro suministro de especialistas en los campos relacionados con la Ingeniería Nuclear, incluyendo energía nuclear, gestión de residuos radiactivos y medicina nuclear.

En lo que respecta a la universidad es necesaria una financiación desde una doble perspectiva, por un lado es necesario apoyar a las universidades para que puedan investigar en ideas arriesgadas y realizar desarrollos que puedan aplicarse en un futuro. Por otra son necesarias becas doctorales específicas para tesis relacionadas con la Ingeniería Nuclear financiadas por organizaciones gubernamentales o empresas privadas.

En el caso de España, en los últimos 30-40 años se han creado grupos de excelencia en las Universidades Politécnicas: Barcelona, Bilbao, Madrid y Valencia, a los

courses given by the Nuclear Forum are good examples); or using highly interactive Web sites as a way to contact and appeal to young people. Professors should be involved in marketing within the School or Department proper, so that students will at least choose an introductory course. Special care should be taken with this, as this is what will attract students to the specialty. In turn, it is necessary to hire and retain young people in both enterprises and universities.

As regards public opinion, emphasis should be placed on the environmental benefits of nuclear power. In addition, meetings with high school teachers should be revitalized, and in these it is advisable that professionals from the industry, university and administration be present. In this respect, the role of the Nuclear Forum should be leveraged and supported by personnel from the rest of the organizations. Nuclear engineering departments and other organizations should promote public events to improve the public's perception. The most active group in Spain is the Young Nuclear Generations. This type of action should continue to be supported and enlarged if possible.

• [S4] **Collaboration between the industry, governmental agencies and universities**

Greater interaction is required between all organizations involved at the national level. Governments should understand that their role is critical, from a strategic perspective, in ensuring a future supply of specialists in the fields related to Nuclear Engineering, including nuclear power, radwaste management and nuclear medicine.

As regards the university, two kinds of funding are required. On one hand, the universities must be supported so they can research risk-related issues and achieve developments that could be applied in the future. On the other hand, doctoral scholarships are needed for Nuclear Engineering-related dissertations, which would be funded by governmental organizations or private enterprise.

In the case of Spain, groups of excellence have been created in the last 30-40 years in the Polytechnic Universities of Barcelona, Bilbao, Madrid and Valencia, and these have been joined by other more recent University groups. Since Spain's membership in the European Community and participation in the Framework Programs, it is evident that these groups have a great potential in different areas of research and development, whether in collaboration with other Universities, Research Centers or relevant Companies of the European industry. A declining student body undermines this capability, which is something that today should be leveraged.

There are companies that take part in both national and European R&D projects that have no ties to these groups of excellence. Thus a procedure must be articulated, especially with a view to the VI Framework Program, that will allow a greater flow between University-Enterprise and other organizations (CSN, ENRESA, CIEMAT...).

Conclusions

The situation in OECD countries is still not bad, but it could get worse in the short term. In Spain the situation is similar. In view of the problems already apparent in the U.S., the international community and the Spanish community in particular should consider the need to immediately implement the corrective actions recommended by the different U.S. and OECD task forces.

References

1. Committee on Nuclear Engineering Education. "U.S. Nuclear Education: Status and Prospects". National Academy Press, 1990.
2. Corradini et al. "NERAC Blue Ribbon Report: The Future of University Nuclear Engineering Programs and University Research & Training Reactors". NERAC, 2000.
3. "Nuclear Education and Training: Cause of Concern?". NEA/OECD 2000.
4. G.S. Was & W.R. Martin, Editors. "Manpower Supply and Demand in the Nuclear Industry". Nuclear Engineering Department Heads Organization (NEDHO), 1999.

que se han unido otros grupos de Universidades más recientes. La entrada en Europa, y la participación en proyectos de los Programas Marco han evidenciado una gran potencialidad de estos grupos, en diversas áreas de investigación y desarrollo, tanto en colaboración con otras Universidades, con Centros de Investigación y con Empresas relevantes del sector en Europa. La pérdida del alumnado, produce un efecto de reducción en esa capacidad, que en el momento actual debe potenciarse.

Existen empresas que participan en proyectos de I+D, tanto nacionales como europeos, en los que no existe ninguna vinculación con estos grupos de excelencia. Es preciso pues, y sobre todo de cara al VI Programa Marco, articular un procedimiento que permita un mayor flujo entre Universidad-Empresa y otros organismos (CSN, ENRESA, CIEMAT...).

Conclusiones

La situación en los países de la OCDE todavía no es mala, pero a corto plazo puede empeorar; en

España la situación es similar. A la vista de los problemas que ya existen en EE.UU. la comunidad internacional y la española en particular deberían considerar la necesidad de aplicar las tareas correctoras que han recomendado los diversos grupos de trabajo de EE.UU. y la OCDE de forma inmediata.

Referencias

1. Committee on Nuclear Engineering Education. "U.S. Nuclear Education: Status and Prospects". National Academy Press, 1990.
2. Corradini et al. "NERAC Blue Ribbon Report: The Future of University Nuclear Engineering Programs and University Research & Training Reactors". NERAC, 2000.
3. "Nuclear Education and Training: Cause of Concern?". NEA/OECD 2000.
4. G.S. Was & W.R. Martin, Editores. "Manpower Supply and Demand in the Nuclear Industry". Nuclear Engineering Department Heads Organization (NEDHO), 1999.



César QUERAL es Licenciado en Ciencias Físicas en 1990 por la UCM. Doctor en Ciencias Físicas por la UNED en 1995. Profesor de Ingeniería Nuclear desde 1992 en la ETSI Minas de la UPM. Se dedica al campo de la termohidráulica de reactores desde 1989.

César QUERAL is Bachelor's degree in Physical Sciences in 1990 from the UCM. Doctorate in Physical Sciences from the UNED in 1995. Professor of Nuclear Engineering since 1992 in the UPM's School of Mining Engineers. He has worked in the field of reactor thermo-hydraulics since 1989.

Emilio MÍNGUEZ TORRES es Doctor Ingeniero Industrial por la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de Madrid (1981) y Catedrático de Tecnología Nuclear, Departamento de Ingeniería Nuclear (UPM, 1999). De enero de 2000 a marzo de 2001 ha sido Director del Departamento de Ingeniería Nuclear de la Universidad Politécnica de Madrid, y desde marzo de 2001 es Subdirector de Planificación e Infraestructuras de la E.T.S.I.I. de Madrid.

Es miembro desde su fundación del Instituto de Fusión Nuclear (DENIM) de la UPM. Desde 1996 es Secretario General de la Fundación para el Fomento de la Innovación Industrial. Representante permanente desde 1993 del European Selection Panel del laboratorio LULI en el Programa de la Unión Europea: Access to Large Scale Facilities. Training and Mobility of Researchers. Desde 1998 es representante español en el grupo de expertos de la NEA/OECD para el Survey and Analysis of Education in the Nuclear Field.

También es miembro del Grupo de Expertos relativo al Artículo 37 del Euratom Treaty, para asesorar a la Comisión Europea sobre aspectos relacionados con la seguridad y la protección en el manejo de residuos radiactivos, y miembro del Comité de Dirección del Proyecto del Código Termohidráulico Consolidado de la USNRC, realizado al amparo del Proyecto Coordinado de Investigación entre el CSN y UNESA.

Emilio MÍNGUEZ TORRES has a Doctorate in Industrial Engineering from Madrid's Higher School of Industrial Engineers (1981), and he is Professor of Nuclear Technology, Nuclear Engineering Department (UPM, 1999). From January 2000 to March 2001 he was Nuclear Engineering Director of the Madrid Polytechnic University's Nuclear Engineering Department, and from March 2001 to present has served as Assistant Director of Planning and Infrastructures in Madrid's E.T.S.I.I.

He has been a member of the UPM's Nuclear Fusion Institute (DENIM) since it was founded. Since 1996, he has been General Secretary of the Foundation for Fostering Industrial Innovation. Since 1993, he has been a permanent representative of the LULI laboratory's European Selection Panel for the European Union Program: Access to Large Scale Facilities. Training and Mobility of Researchers. Since 1998, he has been a Spanish representative on the NEA/OECD's group of experts for the Survey and Analysis of Education in the Nuclear Field.

He is also a member of the Group of Experts for Euratom Treaty Article 37 that advises the European Union on issues relating to safety and protection in radwaste management, and a member of the Executive Committee for the USNRC Consolidated Thermohydraulic Code developed as part of the Coordinated Research Project between CSN and UNESA.