

nucleus

No. 38, 2005

Publicación semestral

Agencia de Energía Nuclear y Tecnologías de Avanzada de Cuba

Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente

En este número:

CUBAENERGÍA:

cinco años juntando voluntades

SUMARIO

AL LECTOR

CUBAENERGÍA: cinco años juntando voluntades

Manuel Fernández Rondón, Dulce M. García Medina..... 3

PANORAMA NUCLEAR

El tema nuclear en la prensa cubana. Retos y realidades

Marta Contreras Izquierdo, Ingrid Rodríguez Guerra, Iosbel González Montoto, Manuel
Fernández Rondón5

La energía nuclear para la desalinización del agua de mar

Juan Francisco Zúñiga Santana, Manuel Fernández Rondón, Iraida Oviedo Rivero, Katia
González Sánchez, Belkis Soler Iglesias.....9

Experiencia de los procesos de gestión de la información y del conocimiento en instituciones nucleares cubanas

Alejandro González García, Alois Arencibia Aruca, Daniel López Aldama, Jorge Labrada
Labrada, Manuel Fernández Rondón, Enrique Viant Garrido, Iraida Oviedo15

CIENCIAS NUCLEARES

Uso del cesio 137 como radiotrazador en la cuantificación de la erosión de suelos tropicales

Rita Y. Sibello Hernández, Héctor Cartas Águila, Jorge Martín Pérez.....19

Perspectivas de desarrollo energético en Cuba

Ilse Berdellans Escobar, David Pérez Martín, Ileana López López, Henry Ricardo Mora,
Yoandys Gómez De la Torre.....28

Perfilaje neutrónico para determinar el nivel de un tanque de almacenamiento de combustible de aviación

José Griffith Martínez, Jorge Isais Borroto Portela, Pedro Mario Cano.....34

Velocidades de decaimiento de contaminantes atmosféricos para mejorar la modelación simplificada de la dispersión regional

Madeleine Sánchez Gácita, Leonor Turtós Carbonell, José de Jesús Rivero Oliva.....39

INNOVACIÓN TECNOLÓGICA

Dispositivo para la adquisición y visualización en tiempo real de la velocidad y dirección del viento en una posta radiológica

Luis Miguel Ledo Pereda, Orlando Domínguez Ley, Dolores Alonso Abad,
Rolando Guibert Gala, Enma O. Ramos Viltre 45

Revistas nucleares de impacto 51

Instrucciones a los autores 52

CONSEJO EDITORIAL

Doctor Juan Cárdenas Herrera, Doctor en Ciencias Físicas Luis Felipe Desdín García, Doctor Luis Ramón Portillo, Master en Ciencias Físico-Matemáticas Manuel Fernández Rondón, Doctor en Ciencias Biológicas Omar García Lima, Doctor en Ciencias Químicas José Griffith Martínez, Doctor en Ciencias Físicas Oscar Díaz Rizo, Doctor en Ciencias Químicas José Morín Zorrilla, Doctor en Ciencias Químicas Juan Jaén, Master en Ingeniería Nuclear Ramón Rodríguez Cardona, Doctor en Ciencias Ramón B. Pomés Hernández, Master en Ciencias Yolanda Pérez Reyes.

Director: Manuel Fernández Rondón / Editor Jefe: Jorge Alvarado Cartaya / Redactor Técnico: Marta Contreras Izquierdo / Edición: Dulce María García Medina / Diseño: Marietta Fernández Martín / Composición: Magaly Cruz Jorge / Montaje: Liodibel P. Claro Drake / Traducción: Odalys González Solasabal / Referencias: Katia González Sánchez / Fotomecánica: Alain Ciérvides Sánchez / Producción: Ricardo Gavilla Moreno, Maikel Carrero Pérez / Encuadernación: María Cristina Herrera Rosell, Katia Jiménez Torriente / Canje: Iraida Oviedo Rivero.

Revista arbitrada. Referenciada en la Base de Datos INIS, en CUBACIENCIAS Periódica, en el Sistema de Información LATINDEX y en el ULRICH'S.

SUMMARY

TO THE READER

CUBAENERGÍA: five years gathering wills <i>Manuel Fernández Rondón, Dulce M. García Medina</i>	3
--	---

NUCLEAR OUTLOOK

The nuclear issue in the Cuban press. Challenges and realities <i>Marta Contreras Izquierdo, Ingrid Rodríguez Guerra, Iosbel González Montoto, Manuel Fernández Rondón</i>	5
--	---

The nuclear energy for seawater desalination <i>Juan Francisco Zúñiga Santana, Manuel Fernández Rondón, Iraida Oviedo Rivero, Katia González Sánchez, Belkis Soler Iglesias</i>	9
---	---

Experiences of the information and knowledge management processes in Cuban nuclear institutions <i>Alejandro González García, Alois Arencibia Aruca, Daniel López Aldama, Jorge Labrada Labrada, Manuel Fernández Rondón, Enrique Viant Garrido, Iraida Oviedo</i>	15
--	----

NUCLEAR SCIENCES

Use of cesium-137 as a radiotracer in the quantification of tropical soil erosion <i>Rita Y. Sibello Hernández, Héctor Cartas Águila, Jorge Martín Pérez</i>	19
--	----

Cuban energy development perspectives <i>Ilse Berdellans Escobar, David Pérez Martín, Ileana López López, Henry Ricardo Mora, Yoandys Gómez De la Torre</i>	28
---	----

Neutron profile for level determination in a jet oil storage vessel <i>José Griffith Martínez, Jorge Isais Borroto Portela, Pedro Mario Cano</i>	34
--	----

Depletion velocities for atmospheric pollutants oriented to improve the simplified regional dispersion modelling <i>Madeleine Sánchez Gácita, Leonor Turtós Carbonell, José de Jesús Rivero Oliva</i>	39
---	----

TECHNOLOGY INNOVATION

Device for the acquisition and visualization on real time of the wind speed and direction at a radiological post <i>Luis Miguel Ledo Pereda, Orlando Domínguez Ley, Dolores Alonso Abad, Rolando Guibert Gala, Enma O. Ramos Viltre</i>	45
---	----

Highly rated nuclear journal (impact factor ratings)	51
---	----

Information for authors	52
--------------------------------------	----

CUBAENERGÍA: cinco años juntando voluntades

Aunando voluntades y convencida del rol del Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente en función del Desarrollo Energético Sostenible, su titular, la Dra. Rosa Elena Simeón Negrín, inició a finales del año 2000, un proceso de reorganización de todas las actividades vinculadas al tema de la energía en el Ministerio, con el objetivo de concentrar los esfuerzos y potenciar esta área.

Una de las acciones propuestas fue integrar en una sola organización a especialistas de diferentes instituciones de la Ciudad de La Habana, que venían trabajando por más de 15 años en proyectos afines a la energía.

Fue así que nació, el 20 de diciembre de 2000 el Centro de Gestión de la Información y Desarrollo de la Energía: CUBAENERGÍA, con la misión de "gestionar proyectos y brindar servicios científico-tecnológicos altamente competitivos que promuevan el desarrollo energético sostenible del país y la aplicación de las tecnologías de la información".

El Centro cuenta con un centenar de profesionales y técnicos de elevada formación y calificación que han interiorizado la universalidad de la temática y la necesidad de trabajar en equipos multidisciplinarios que rebasan las fronteras de nuestra organización. Es por ello que hoy, los principales proyectos y servicios que se ejecutan cuentan con la valiosa participación de las principales instituciones del país en la temática y la colaboración y asesoría de prestigiosos organismos internacionales como el Organismo Internacional de Energía Atómica y la Comisión Económica Para América Latina que avalan el rigor científico de nuestros resultados.

A solo 5 años de creación, nos falta aún mucho por hacer y alcanzar, pero vale destacar, que hoy somos una organización reconocida en: estudios integrales de desarrollo energético, externalidades ambientales atmosféricas de la generación de electricidad, aplicaciones de la energía solar térmica a bajas temperaturas, promoción de una cultura energética, gestión de información sobre energía y la divulgación de los resultados de la ciencia cubana en el Pabellón de la Ciencia, la Tecnología y el Medio Ambiente en EXPOCUBA.



CUBAENERGIA: five years joining wills

Dr. Rosa Elena Simeón Negrín gathering wills and convinced of the role of the Ministry of Science, Technology and Environment in Sustainable Energy Development, began, at the end of 2000, a reorganisation process of all energy-related activities in order to efforts focusing and boost the discipline.

One of the proposed actions was to integrate into a single institution, the specialists from different organisations in Havana City, who have worked for more than 15 years in energy-related projects.

Thus, on December 20th 2000, was created the Information Management and Energy Development Centre (CUBAENERGÍA) whose mission is "to manage projects and provide highly competitive scientific services for the promotion of national sustainable energy development and the application of information technologies".

CUBAENERGIA has a hundred of specialists and technicians highly qualified who have assimilated the universality of the subject and understood the necessity of multidisciplinary team work including specialists from other organisations. That is why today, main projects and services have the valuable participation of the most relevant institutions of the country in this subject area, and with the advice of prestigious international organisations as the International Atomic Energy Agency and the Economic Commission For Latin America may guarantee our scientific and technical rigorous work results.

After 5 years, there are still much to be done and achieved. Nevertheless it is worth stressing that today we are an acknowledged organisation for the integral studies on energy development, atmospheric environmental externalities of electricity generation, applications of thermal solar energy at low temperatures, promotion of an energy culture, energy information management and dissemination of the Cuban scientific achievements at the Pavilion of Science, Technology and Environment in EXPOCUBA.

AL LECTOR

Este número de Nucleus presenta una panorámica del quehacer de los especialistas de CUBAENERGÍA en su primer quinquenio de vida.

Trabajamos hoy en varios proyectos de desarrollo dirigidos a perfeccionar el cumplimiento de nuestra misión y contribuir de esta manera a crear un futuro mejor para todos, haciendo nuestra la máxima de Albert Einsten:

"Hay una fuerza motriz más poderosa que el vapor, la electricidad y la energía atómica: la voluntad"

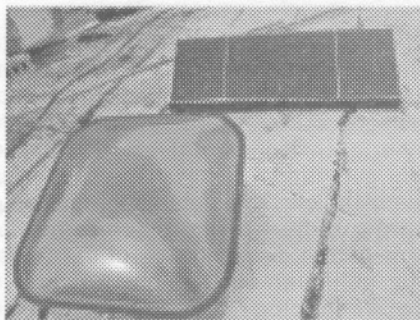
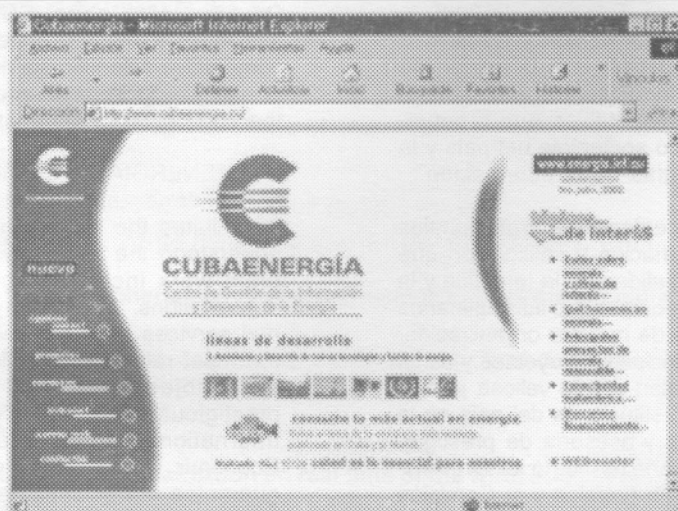
The present issue of Nucleus brings an overview of our specialists works during its first quinquennium.

Today we are engaged in several development projects with the aim to improve the accomplishment of our mission and thus contributing to build a better future for all. We work in the pursuit of this goal, as it is expressed in Albert Einstein's maxim:

"There is a driving force more powerful than steam, electricity and atomic energy: the will"

Manuel Fernández Rondón,
Director, Centro de Gestión de la Información y Desarrollo de la Energía

Dulce Ma. García Medina
Editora Revista Nucleus



EL TEMA NUCLEAR EN LA PRENSA CUBANA. RETOS Y REALIDADES

Marta Contreras Izquierdo, Ingrid Rodríguez Guerra,
Iosbel González Montoto, Manuel Fernández Rondón

Centro de Gestión de la Información y Desarrollo de la Energía (CUBAENERGÍA)
Calle 20 N° 4111-4113 e/ 18-A y 47, Miramar, Playa, Ciudad de La Habana, Cuba

mcontreras@cubaenergia.cu

Resumen

El trabajo presenta un análisis de los impactos del tema nuclear en los medios de prensa impresa de Cuba entre los años 1990 al 2005, realizado por un grupo de especialistas en comunicación del área nuclear. También se presenta un análisis de los principales retos y acciones de este grupo para comunicar al público la situación actual del programa nuclear cubano y sus perspectivas.

THE NUCLEAR ISSUE IN THE CUBAN PRESS. CHALLENGES AND REALITIES

Abstract

The work presents an analysis of the impact of nuclear issue on the Cuban press from 1990 to 2005 that was carried out by a group of communications specialists from nuclear area. An analysis of main challenges and actions of this group aimed at informing the public the present situation of the Cuban nuclear programme and its perspectives, was also included.

Key words: public information, information dissemination, nuclear energy, Cuba, public opinion, nuclear power, information centers

INTRODUCCIÓN

La energía nuclear y sus múltiples aplicaciones pacíficas le reportan al hombre beneficios tangibles en diversos ámbitos de la vida. Sin embargo, la energía nuclear tiene ante sí dos grandes retos: la gestión de los desechos radiactivos y su aceptación por parte del público.

Los principales problemas que han influido en la aceptación pública de la energía nuclear han sido los accidentes nucleares y la demora en las decisiones concernientes a la disposición final de los desechos radiactivos de alta actividad.

El tema de la aceptación pública pasa por la cobertura que hacen los medios de comunicación del tema nuclear, ya que los medios en su doble papel de público en sí mismo y de mecanismo de comunicación con grandes públicos, juegan un rol muy importante en la conformación de las opiniones de los individuos.

A nivel internacional las informaciones nucleares que más se publican en la prensa se refieren, en general, a los accidentes nucleares o radiológicos, el transporte de los desechos radiactivos o las acusaciones sobre posesión ilícita de armas nucleares. Muy poco lugar ocupan las informaciones sobre una industria que no

emite contaminantes gaseosos (CO₂, CFC) que agotan la capa de ozono.

Tampoco son comunes las informaciones sobre una energía que aporta el 16% de la electricidad que se consume actualmente en el mundo, y que en un país como Francia aporta el 78% de toda la electricidad que se produce. En general, en los medios funciona el fenómeno de que "las buenas noticias no son noticias" y que el binomio "prisa/rigor" no siempre se resuelve a favor del rigor.

Estas realidades no son ajenas a Cuba, pero se debe decir que la cobertura del tema nuclear en la prensa cubana ha estado en correspondencia con las diferentes etapas por las que ha pasado el programa nuclear cubano desde sus inicios.

El trabajo presenta un análisis de los impactos nucleares en la prensa impresa cubana durante los últimos 15 años y pretende ser una modesta contribución al conocimiento del tratamiento del tema nuclear en los medios y al logro de una mayor aceptación pública de la energía nuclear.

EL PROGRAMA NUCLEAR CUBANO. COBERTURA EN LOS MEDIOS

El programa nuclear comenzó a principios de la década del 80 con tres pilares fundamentales: la

producción de energía eléctrica o nucleoeenergética, la aplicación de las técnicas nucleares en diversos sectores y la creación de un sistema de seguridad nuclear y protección radiológica adecuado a las necesidades del país.

Desde los inicios, el programa concedió especial importancia a la comunicación con el público por lo que en 1985 se creó el Centro de Información de la Energía Nuclear (CIEN), donde un grupo integrado por periodistas y especialistas nucleares, tenían, entre otras, la misión de estudiar la percepción pública de la energía nuclear y trazar estrategias para incrementar su conocimiento y aceptación por parte de la población cubana.

Este trabajo parte de los estudios realizados por los especialistas del CIEN en los primeros años de la década del 90 y se complementa con el análisis de los registros que lleva el grupo de Divulgación de CUBAENERGÍA que asumió posteriormente la tarea.

Registro de los impactos nucleares en la prensa escrita de 1990 al 2005

Para el estudio se seleccionaron los órganos de prensa impresa del país, la mayoría de ellos de carácter nacional y se compararon en cantidad de notas publicadas y temáticas abordadas. La prensa impresa, a diferencia de la radio y la televisión, no es efímera y su contenido se puede monitorear y registrar exactamente como se publicó. El estudio abarcó desde enero de 1990 hasta el primer semestre del 2005.

Se analizaron informaciones de los diarios *Granma* y *Juventud Rebelde*, los semanarios *Trabajadores*, *Tribuna de La Habana*, *Granma*

Internacional y *Orbe*, la revista trimestral *Juventud Técnica*, dirigida a los jóvenes y *Bohemia* con salida quincenal. También se incluyeron las publicaciones trimestrales *Boletín Alerta Informativa*, *Serie Energía* y la revista científico-popular *Energía y tú*.

En la década del 90 y principios de siglo se produjeron una serie de transformaciones provocadas por factores externos e internos que cambiaron la vida del país. Todas estas transformaciones tuvieron repercusión en la prensa y en el programa nuclear cubano, el cual se modificó y atemperó de acuerdo con los nuevos tiempos.

Estos cambios se manifestaron en el tratamiento del tema nuclear en la prensa cubana, y son visibles en los temas de mayor impacto en esta etapa que aparecen resumidos en la siguiente tabla. La división en periodos de cinco años permite un mejor seguimiento de los cambios ocurridos.

En la década del 80 el tema nuclear había recibido una amplia cobertura en todos los medios, fundamentalmente, enfocado en uno de sus pilares: la construcción de la Central Nuclear de Juraguá (CEN), considerada entonces la "obra del siglo". Esta etapa se caracterizó por un verdadero boom en el tema.

En 1992 se paraliza la construcción de la CEN de Juraguá y la nucleoeenergética da paso a las aplicaciones nucleares. En 1990 comienza el programa cubano de atención a los niños de Chernobyl y se introducen en el país una gran cantidad de equipos de medicina nuclear y radioterapia. Esto hace que el tema salud sea uno de los más publicados.

Temas	Principales temas de impacto (%)		
	1990-1994	1995-2000	2001-2005 (*)
Aplicaciones nucleares	26	20	4
Cooperación técnica	17	6	7
Didáctico/Divulgativo	8	6	4
Formación de personal	6	2	3
Nucleoeenergética	20	12	2
Otros	9	3	1
Salud	24	12	29
Salvaguardias y no-proliferación	0	4	35
Seguridad nuclear y radiológica	9	8	6
Total	119	73	91

*Sólo se tuvo en cuenta el primer semestre del 2005.

En el período 1995 a 1999 se mantiene la misma relación, pero ahora la distribución es más plana, debido a que temas como la seguridad nuclear y radiológica, y la cooperación técnica empiezan a emerger con más fuerza.

En el período 2000 a 2005 se produce un giro evidente, al primer lugar pasa el tema de salvaguardias y no proliferación, determinado en lo fundamental por factores de tipo político.

Este cambio se debió a que en el 2002 Cuba se adhiere al Tratado sobre la No Proliferación de las Armas Nucleares (TNP) y ratifica el Tratado para la Proscripción de Armas Nucleares en América Latina y el Caribe, conocido como Tratado de Tlatelolco. En el 2003, se celebra en la Isla la XVIII Conferencia del OPANAL, Organismo encargado de la aplicación del Tratado de Tlatelolco, la cual recibió una amplia cobertura en todos los medios.

En el 2003, también, comienza la guerra en Iraq, luego de que los EE.UU. desoyeran las conclusiones de los inspectores del Organismo Internacional de la Energía Atómica sobre la no existencia de armas nucleares en ese país. En esta etapa también se acentúa el diferendo nuclear entre Estados Unidos e Irán, por idénticas acusaciones sobre la nación árabe.

El tema salud sube también su porcentaje debido a que en el 2005 se cumplen 15 años del surgimiento del programa cubano con los niños de Chernobil. Como parte de este aniversario visitan Cuba muchas personalidades ucranianas y rusas entre las que se destacaron los campeones de ajedrez Anatoli Karpov y Vassily Ivanchuk, sucesos que reciben una gran cobertura.

Una característica evidente de esta etapa es que la mayoría de las informaciones se han generado fuera de las instituciones nucleares, ya sea desde el ámbito político o desde el sector de la salud.

Un análisis global de los 15 años permite afirmar que en general las informaciones publicadas tienen carácter circunstancial y básicamente informativo. Quedan relegados, entonces, los trabajos periodísticos de carácter divulgativo, de análisis y los propiamente científicos.

En cuanto a los órganos de prensa, el tema está representado sistemáticamente en un solo medio: el diario *Granma*. La figura muestra la participación de cada órgano en los 15 años.

Estos 15 años se corresponden con la crisis económica que vivió el país y como parte de ello la poligrafía. Muchas publicaciones dejaron de salir y otras redujeron sensiblemente sus tiradas. En la primera mitad de la década del 90 sólo el *Granma* se mantuvo como diario.



A principios de la década actual se produce una recuperación de la poligrafía con la lenta recuperación, pero sostenida en la economía que cambia un tanto el panorama de las publicaciones. El semanario *Juventud Rebelde* se convierte en diario y el *Granma Internacional* aumenta su tirada. Surgen algunas publicaciones especializadas como el *Boletín Alerta Informativa*. *Serie Energía* y la revista *Energía y tú*.

Teniendo en cuenta esta realidad podemos decir que el término nuclear recibió una apreciable cobertura en la mayoría de los medios impresos, con destaque para *Granma*, por su sistematicidad.

Los resultados que se muestran coinciden a grandes rasgos con la situación internacional, aunque matizados por nuestra propia realidad. Este estudio confirma la necesidad de trabajar con los medios de manera planificada, esto es, brindarles información desde el sector nuclear sistemáticamente, conocer los mensajes que se comunican y su efectividad.

Los comunicadores del área nuclear tienen ante sí el reto de comunicar al público los nuevos pilares del programa nuclear cubano: las aplicaciones nucleares en la medicina, la agricultura y la industria, acompañado de un fortalecimiento del sistema de seguridad nuclear y protección radiológica del país. En el objetivo de lograr el conocimiento y aceptación pública de la energía nuclear, los medios de comunicación son nuestros aliados naturales.

CONCLUSIONES

1. El tratamiento del tema nuclear en la prensa impresa en Cuba durante los últimos 15 años se corresponde con la práctica internacional y de manera más exacta con las transformaciones que han ocurrido en el programa nuclear cubano.
2. El *Granma* es el órgano de prensa que publica sistemáticamente información del tema nuclear.
3. Los especialistas de comunicación del área nuclear tienen el reto de trabajar con los

medios de prensa y brindarles información para comunicar las realidades del programa nuclear cubano actual.

Estrategia de trabajo con los medios

- Mantener los contactos permanentes con los órganos de prensa radial, escrita y televisiva y facilitar información del sector nuclear.
- Desarrollar periódicamente seminarios de información pública con los periodistas para propiciar el intercambio de información y contribuir a su actualización.
- Mantener el monitoreo constante de los mensajes que se publican y evaluar su efectividad.

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

- [1] ÁLVAREZ, Y., Imagen Corporativa. Teoría y práctica desde un enfoque psicológico. Ed. Ciencias Sociales, La Habana, 2000.
- [2] Boletín OIEA, Vol. 45, No. 2, Viena, Austria (2003).

[3] CAPRIOTTI, P., La imagen de la empresa. Estrategia para una comunicación integrada. Ed. Ariel. Barcelona, 1997.

[4] IAEA-TECDOC-1076., Communications on nuclear, radiation, transport and waste safety: a practical handbook, IAEA, Vienna, April, 1999.

[5] DOWLING, G., Corporate reputations: strategies for developing the corporate brand. Kogan Page. London, 1994.

[6] HART, R.W. & TURTURRO, A., Educating the public concerning risks associated with toxic substances. En N.N. Ragsdale y R.J. Kuhr [eds.], Pesticides: Minimizing the Risks. American Chemical Society, Washington, D.C. 1987.

[7] Technical reports series No. 410. Market potential for non-electric applications of nuclear energy, IAEA, Vienna, 2002.

[8] VALENTI, J.M., Mass media's effect on public perceptions of pesticide risk: understanding media and improving science sources. En N.N. Ragsdale y R.J. Kuhr [eds.], Pesticides: Minimizing the Risks. American Chemical Society, Washington, D.C., 1987.

[9] VAN DIJK, Teun. Ideología. Una aproximación multidisciplinaria. Gedisa, Barcelona, 1999.

[10] WEART, SPENCER R., Imágenes de la energía nuclear: ¿Por qué el público piensa así? Boletín OIEA, Vol. 33, No. 3, Viena, Austria, (1991)30-36

LA ENERGÍA NUCLEAR PARA LA DESALINIZACIÓN DEL AGUA DE MAR

Juan Francisco Zúñiga Santana, Manuel Fernández Rondón, Iraida Oviedo Rivero,
Katia González Sánchez, Belkis Soler Iglesias

Centro de Gestión de la Información y Desarrollo de la Energía (CUBAENERGÍA)
Calle 20 N° 4111 e/ 18-A y 47, Miramar, Playa, Ciudad de La Habana, Cuba

jfz@cubaenergia.cu

Resumen

En el artículo se muestra la aplicación de la energía nuclear para desalinizar el agua de mar, como una opción a tener en cuenta ante la creciente escasez de agua potable a nivel mundial. Los trabajos referenciados en la base de datos del Sistema Internacional de Información Nuclear nos brindan una panorámica de algunas de las actividades que en materia de desalinización nuclear se desarrollan en la actualidad, los principales países e investigadores, así como las revistas científicas sobre el tema. Se concluyó que existe una tendencia creciente en cuanto al empleo de la desalinización y que los resultados de los diferentes estudios en el tema de la desalinización nuclear realizados por el Organismo Internacional de Energía Atómica indican una diversidad de combinaciones y opciones para explotar los mares.

THE NUCLEAR ENERGY FOR SEAWATER DESALINATION

Abstract

The work presents the experience in the application of nuclear energy for seawater desalination as a feasible option to be considered to confront the growing shortage of drinking water at world level. The referenced works in the International Nuclear Information System database show an overview of some of the scientific activities related to nuclear desalination that are being carried out at present, the main countries and researchers, as well as scientific magazines on this subject. It was concluded that there was an increasing tendency towards the use of desalination and that the results of different studies on nuclear desalination performed by International Atomic Energy Agency showed a diversity of combinations and options to exploit seas.

Key words: desalination, feasibility studies, comparative evaluations, seawater, INIS, nuclear energy

INTRODUCCIÓN

El agua dulce es un elemento vital para la vida. De toda el agua existente en el planeta, solamente el 2,5% es agua dulce en sus diferentes formas, el resto es agua de mar (97,5%). No obstante, algunas regiones del mundo tienen escasez de agua y en otras su uso está limitado por la contaminación. Además muchas áreas húmedas sufren la falta de agua debido a los malos sistemas y prioridades de distribución. Mientras tanto el agua dulce escasea y los servicios de suministro y saneamiento son cada vez más pobres.

Las enormes reservas de agua de mar y aguas salobres de distintas procedencias, al mismo tiempo que las dificultades planteadas ya en muchos países ante la escasez de agua dulce, han obligado a tener en cuenta las posibilidades de su tratamiento económico y actualmente existe un gran interés en la realización de programas de entrenamiento y proyectos de investigación-

desarrollo relativos a las diferentes tecnologías de desalinización.

Las tecnologías de desalinización han sido bien establecidas desde mediados del siglo XX y son ampliamente desarrolladas en muchas partes del mundo que tienen problemas con la falta de agua.

La energía para las plantas desalinizadoras se suministra generalmente en forma de vapor o electricidad mayormente usando combustibles fósiles. El uso intensivo de los combustibles fósiles tiene un impacto en el medio ambiente, especialmente en lo relacionado con la emisión de gases de efecto invernadero, por ello la desalinización del agua de mar usando la energía nuclear se presenta como una opción a tener en cuenta ante la creciente demanda de agua dulce en muchas partes del mundo.

En el artículo se examinan algunos aspectos de la desalinización del agua de mar usando la energía nuclear, los resultados de la búsqueda realizada

sobre el tema en la base de datos del Sistema Internacional de Información Nuclear (INIS) y se informa de algunas de las acciones de la desalinización nuclear que se desarrollan en la actualidad.

Desalinización Nuclear

Estudios recientes muestran que en la actualidad 1,7 billones de personas viven en áreas de escasez de agua, donde la disponibilidad de este recurso por persona es menor de 1000 m³/año. Es un hecho que la situación con el agua empeorará cada vez más. Se pronostica que para el año 2025 el número de personas que sufrirán la tensión o falta de agua crezca a 3,5 billones de personas y de ellas 2,4 billones vivan en regiones de escasez de agua [1].

Es evidente cada vez más, la utilización de todas las tecnologías disponibles y apropiadas, incluidas las nucleares y conexas para la obtención de agua dulce. Un ejemplo de ello es la desalinización del agua de mar utilizando la energía nuclear, ya que el calor proveniente de un reactor nuclear o la electricidad generada por las centrales nucleares se pueden utilizar en las instalaciones de desalinización.

La desalinización, conocida también como desalación, es el proceso por el cual el agua de mar que contiene más de 35 000 ppm (partes por millón) del total de sólidos disueltos (TSD) y las aguas salobres que contienen de 5000 a 10 000 ppm de TSD, se convierten en agua apta para el consumo del hombre, uso doméstico e industrial.

La desalación nuclear es la producción de agua potable a partir de agua de mar en una instalación donde un reactor nuclear se utiliza como fuente de energía (eléctrica o térmica) para el proceso de desalación. La instalación se puede dedicar exclusivamente a la producción de agua potable, o se puede utilizar para generar electricidad y producir agua potable, donde sólo se utiliza una parte del insumo total de energía del reactor para producir agua. En cualquier caso, el concepto de desalación nuclear se interpreta en el sentido de una instalación integrada en el que, tanto el reactor como el sistema de desalación se encuentran en un emplazamiento común y la energía necesaria para el sistema de desalación se produce en el lugar. El concepto también entraña, al menos en cierto grado, instalaciones, personal y estructuras comunes o compartidas [2].

El Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) está entre los organismos de la Naciones Unidas que ofrece una amplia diversidad de respuestas a la crisis de agua, proporciona técnicas para mejorar la gestión de las aguas

subterráneas y promueve el desarrollo de la desalinización para convertir el agua salada en agua dulce. El OIEA viene considerando desde 1960, la posibilidad de combinar la utilización de la energía nuclear con el proceso industrial de suministrar agua potable mediante la desalinización del agua de mar.

A solicitud de los Estados Miembros, el OIEA realizó varios estudios técnicos y económicos entre los años 1964 y 1967, los cuales se publicaron en los informes técnicos No. 24, 51, 69 y 80. En esa época se llevaron a cabo prototipos y proyectos de demostración en materia de desalación nuclear. La antigua Unión Soviética realizó el diseño y la construcción del complejo Shevchenko (actualmente complejo Aktau, en Kazajistán), en esta Central Nuclear se utiliza un reactor rápido refrigerado por metal líquido (BN-350) que entró en explotación en el año 1973 y a partir de esa fecha ha suministrado electricidad y calor para la producción de agua potable [3].

La tecnología nuclear es una tecnología probada que proporciona más del 16% de la electricidad mundial suministrada en 30 países. Una experiencia de operación de más de 10 000 reactor-años se ha acumulado en las últimas cinco décadas. En los últimos años se ha explorado la opción de combinar la energía nuclear con la desalinización del agua de mar para abordar los problemas de carencia de agua.

La desalinización del agua de mar usando la energía nuclear es una opción factible para enfrentar la creciente demanda de agua potable.

La desalinización nuclear en todo el mundo ha acumulado una experiencia de operación de 150 reactor-años. Diferentes programas y proyectos de desalinización nuclear en ejecución, confirman la viabilidad técnica y económica de acuerdo con las condiciones específicas de cada país, lo cual se realiza con soporte técnico del OIEA [4].

Procesos de Desalinización

De los métodos de desalinización actualmente existentes, los procesos tecnológicamente viables a escala industrial son:

- Evaporación súbita por efecto flash (MSF)
- Destilación multiefecto (MED)
- Termo compresión de vapor (TVC)
- Compresión mecánica de vapor (MCV)
- Ósmosis inversa (RO)
- Electrodialisis (ED)
- Procesos que combinan la destilación multiefecto o la evaporación súbita por efecto flash con la ósmosis inversa.

En todos ellos la energía (eléctrica y térmica) para el proceso de desalinización se puede obtener de

Tabla1. Datos importantes de los procesos de desalinización

	MSF	MED	MED-TVC	MVC	RO	ED
Temperatura de operación (°C)	< 120	< 70	< 70	< 70/1/	< 45	< 45
Tipo de energía	Vapor (calor)	Vapor (calor)	Vapor	Mecánica (energía eléctrica)	Mecánica (energía eléctrica)	Energía eléctrica
Consumo de energía térmica (kWh/m³)	12	6	21	No aplicable	No aplicable	No aplicable
Consumo de energía eléctrica (kWh/m³)	3,5	1,5	1,5	8-14	4-7	1,0
Contenido de sales (ppm TDS)	30,000 – 100,000	30,000 – 100,000	30,000 – 100,000	30,000 – 50,000	1,000 – 45,000	100 – 3,000
Calidad del agua producida (ppm TDS)	< 10	< 10	< 10	<10	< 500	< 500
Capacidad típica (m³/d)	5,000 – 60,000	500 – 12,000	100 – 20,000	10 – 2,500	1 – 10,000	1 – 12,000

un reactor nuclear. En la tabla 1 se muestra un resumen de las tecnologías utilizadas en la desalinización y algunas características.

Presencia de la desalinización en la base de datos INIS

Las aplicaciones nucleares en el mundo son ampliamente utilizadas desde hace varias décadas, ello se aprecia en el quehacer científico reflejado en el INIS¹.

En la base de datos INIS, la producción científica de artículos en el tema de desalinización se ha mantenido durante más de 30 años. En este período aparecen registrados más de 1161 artículos y su trayectoria refleja un auge en los inicios de la década del 70 y luego de un descenso de 9 años, ahora vuelve a mostrar ligeras líneas de ascenso en el interés mundial por esta tecnología (figura 1).

De acuerdo con las referencias analizadas los autores más productivos en el tema son los especialistas indios Misra, B.M., jefe de la división de desalinización del Bhabha Atomic Research Centre con 40 artículos, y Ramani, M.P.S, del mismo instituto con 16, también resaltan los chinos Zhang Dafang (15 referencias), del Institute of Nuclear Energy Technology Univ., Beijing, y Dong Duo (14 referencias), del Institute of Nuclear Energy Technology, Tsinghua University, se encuentra también el experto del OIEA, señor Kupitz, J. con 22 trabajos referenciados.

Otro aspecto mostrado por las referencias de la base datos INIS es la producción de artículos por países en el tema de la desalinización y las revistas científicas que lo publican. En la figura 2 los países más productivos son: Estados Unidos, Japón, Alemania e India. En cuanto a las publicaciones en revistas son el International Atomic Energy Agency Bulletin Austria (Boletín

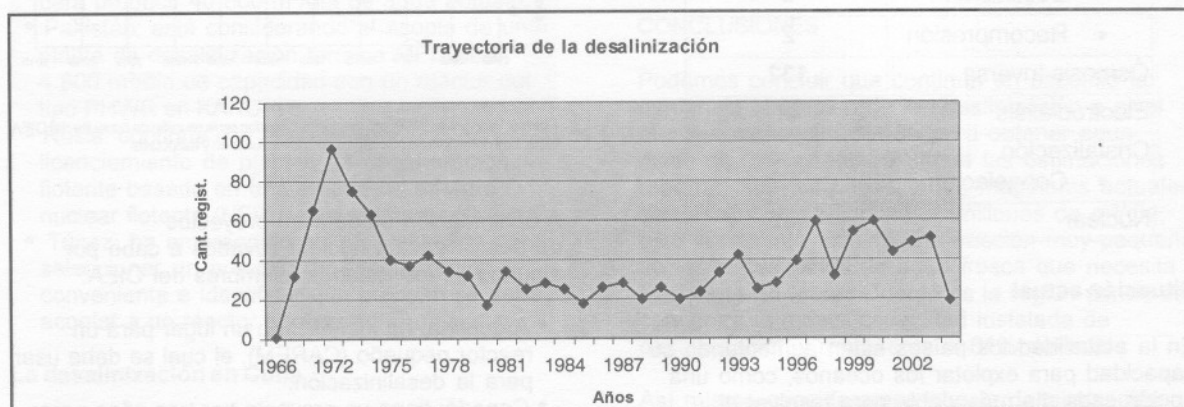


Figura 1. Presencia de la desalinización en la base de datos INIS.

¹La base de datos INIS, surgida en los años 70 tiene como objetivo recopilar, procesar y divulgar la información sobre los usos pacíficos de la energía nuclear generada en los países miembros del OIEA y su cobertura temática incluye todos los aspectos del uso pacífico de la energía nuclear, por ejemplo ingeniería, industria, medicina, protección radiológica, física nuclear, entre otros.

Registros por países

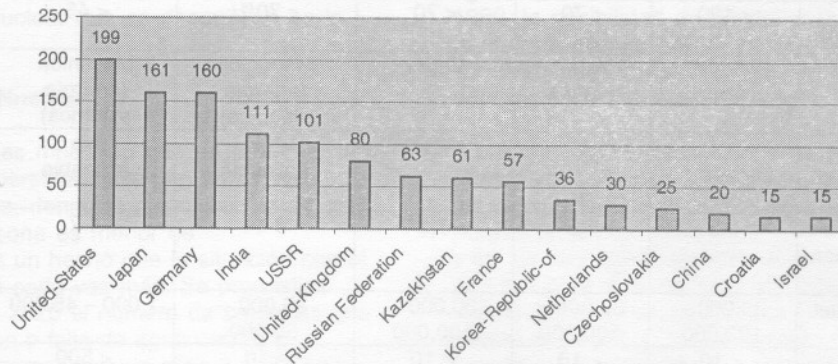


Figura 2. Artículos por países en el tema desalinización.

traducción al inglés de la Soviet Atomic Energy con 9, la Nuclear Engineering and Design 8 y la revista Desalination con 7, además de otros 24 títulos de revistas que no se listan, ya que el número de artículos es menor de 5.

Las referencias INIS muestran además la utilización mundial de las diferentes tecnologías a partir de los artículos científicos sobre el tema (tabla 2). En este aspecto se destacan las tecnologías que utilizan la energía nuclear, la evaporación y la ósmosis inversa como las más tratadas.

Tabla 2. Distribución de artículos por tecnologías

Tecnologías	Artículos
Evaporación	149
• Múltiple	4
• olar	48
• Efecto simple	-
• 'Destilación'	3
• Recompresión	2
Ósmosis Inversa	132
Electrodiálisis	41
Cristalización	
• Congelación	10
Nuclear	687

Situación actual

En la actualidad los países están aumentando su capacidad para explotar los océanos, como una opción cada día más viable para resolver el problema de la escasez mundial de agua, en la figura 3 se muestra la tendencia en cuanto a la capacidad de las plantas de desalación hasta el año 2010.

EL OIEA promueve proyectos de colaboración en esta temática. La experiencia acumulada en el tema es muy amplia y continúa desarrollándose, así como los planes para la desalinización basada en diferentes tipos de reactores nucleares (tabla 3). Aunque la mayoría de las tecnologías se utilizan en tierra firme, también se incluye la iniciativa de Rusia de montar plantas de desalinización en barcas. Las plantas de desalinización flotante pueden ser especialmente atractivas para responder a la demanda temporal de agua potable sobre todo en los lugares cercanos a las costas [5].



Fuente: Wangnick, 2000, estimaciones basadas en la reunión de consulta del OIEA
Nota: Los datos incluyen la capacidad de explotación y estipulada.

Figura 3.

A continuación se detallan proyectos de desalinización nuclear llevados a cabo por algunos de los Estados Miembros del OIEA:

- Argentina: ha identificado un lugar para un reactor pequeño (CAREM), el cual se debe usar para la desalinización.
- Canadá: tiene un proyecto por tres años para validar los conceptos de diseño del sistema de ósmosis inversa.
- China: prosigue con varios proyectos conceptuales de desalinización nuclear usando

Tabla 3. Tipos de reactores empleados para la desalinización

Tipo de reactor	Localización	Capacidad (m ³ /día)	Estado
LMFR	Kazajistán (Aktau)	80 000	En servicio hasta 1999
PWRs	Japón (Ohi, Takahama, Ikata, Genkai)	1000 – 2000	En servicio con una experiencia de operación de 125 reactor-años
	República de Corea	40 000	En diseño
	Argentina	12 000	En diseño
	Rusia		En diseño (Unidad flotante)
BWR	Japón (Kashiwazaki)		Desmantelado en 1999
PHWR	India (Kalpakkam)	6300	Bajo nombramiento
	Canadá		En diseño
	Pakistán (KANUPP)	4800	En diseño
NHR	China		En diseño
HTGR	Sudáfrica, Francia, Países bajos		Bajo consideración

reactor calórico del tipo NHR para ciudades chinas costeras.

- Francia: ha comenzado estudios económicos y de factibilidad en desalinización nuclear.
- Egipto: ha completado un estudio de factibilidad por dos años para una planta de cogeneración nuclear (electricidad y agua) en El-Dabaa.
- India: está construyendo una planta de demostración en Kalpakkam usando un sistema de desalinización híbrido (MSF-RO) de 6300 m³/día.
- La República de Corea: prosigue con el proyecto SMART (System-Integrated Modular Advanced Reactor). El trabajo está en la fase de diseño básico. El proyecto está diseñado para producir 40 000 m³/día de agua potable.
- Pakistán: está considerando el acople de una planta de desalinización térmica MED de 4 800 m³/día de capacidad con un reactor del tipo PHWR en KANUPP.
- Rusia: continúa con el proyecto y licenciamiento de plantas de cogeneración flotante basado en una unidad de energía nuclear flotante (NFPU) con reactores KLT-40C.
- Túnez: ha emprendido algunos estudios para seleccionar un proceso de desalinización conveniente e identificar qué proceso se debe acoplar a un reactor nuclear.

La desalinización en Cuba

Actualmente en Cuba funcionan seis plantas desalinizadoras que utilizan el método de ósmosis inversa, cuatro de ellas tienen un caudal mayor o igual a 180 m³/día y las restantes son de

caudal pequeño. De ellas dos están ubicadas en Cayo Largo, las restantes se hallan en Jibacoa provincia de La Habana, Covarrubia en Las Tunas y Periquillo en Villa Clara, todas tienen como objetivo el abasto de agua al turismo. La situada en Guamo Embarcadero, provincia Granma le brinda agua a la población.

En el año 2006 comenzará un proyecto nacional titulado Factibilidad de la desalinización de agua de mar en Cuba que tiene entre sus objetivos, analizar las distintas tecnologías de desalinización y proponer cuál es la más factible desde el punto de vista técnico y económico de acuerdo con las condiciones de cada región del país.

CONCLUSIONES

Podemos concluir que continúa en ascenso la tendencia al empleo de la desalinización a nivel mundial como una opción para obtener agua dulce de los océanos. Aunque las estimaciones reportan que las capacidades mundiales actuales de desalinización son de 36 millones de m³/día, esto representa todavía una fracción muy pequeña de las necesidades de agua fresca que necesita el planeta. El Medio Oriente es la región donde se concentra la mayor capacidad instalada de desalinización y representa el 61% del total.

Así mismo consideramos que la desalinización nuclear continúa siendo una opción factible de obtención de agua potable para los países que utilizan la energía nuclear con fines pacíficos a partir de tres aspectos fundamentales:

- La desalinización nuclear en todo el mundo ha acumulado una experiencia de operación de 150 reactor-años.
- El uso de la energía proveniente de los reactores nucleares para la desalinización del agua de mar es una opción demostrada, menos contaminadora del medio ambiente y una fuente sustentable.
- Los resultados de los diferentes estudios en el tema desalinización nuclear realizados por el OIEA indican una diversidad de combinaciones y opciones para explotar los océanos aún por desarrollar.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1] SOMMARIVA, C., Desalination & Water Reuse Quarterly, Vol.13, No. 2 (2003)13-16.
- [2] KONISHI, T., MISRA, B.M., Agua dulce de los mares. Avanzan los proyectos de de desalación nuclear. Boletín del OIEA, 43, 2/2001, 5-8.
- [3] KUPITZ, JUERGEN, Energía Nuclear para desalar agua de mar: Actualización de la documentación. Boletín del OIEA, 2/1995, 21-24.
- [4] MISRA, B.M., Desalination of seawater using nuclear energy. Artículo presentado en WSTA Conference 2-1.
- [5] MISRA, B.M., Role of nuclear desalination in meeting the potable water needs in water scarce areas in the next decades, Desalination 166 (2004)1-9.

EXPERIENCES OF THE INFORMATION AND KNOWLEDGE MANAGEMENT PROCESSES IN CUBAN NUCLEAR INSTITUTIONS

Alejandro González García, Alois Arencibia Aruca, Daniel López Aldama, Jorge Labrada Labrada,
Manuel Fernández Rondón, Enrique Viant Garrido, Iraida Oviedo Rivero

Centro de Gestión de la Información y Desarrollo de la Energía (CUBAENERGÍA)
Calle 20 N° 4111 e/ 18-A y 47, Miramar, Playa, Ciudad de La Habana, Cuba

alex@cubaenergia.cu

Abstract

The Agency of Nuclear Energy and Advanced Technologies recognizes as needful the introduction of the information and the knowledge management processes in its institutions, as support to the executive taking decision process. In this article are presented some experiences of the executed projects, with the participation of the Cuban nuclear institutions, focused to this purpose.

EXPERIENCIA DE LOS PROCESOS DE GESTIÓN DE LA INFORMACIÓN Y DEL CONOCIMIENTO EN INSTITUCIONES NUCLEARES CUBANAS

Resumen

La Agencia de Energía Nuclear y Tecnologías de Avanzada reconoce como necesaria la introducción, en sus instituciones, de los procesos de gestión de la información y el conocimiento como soporte del proceso de toma de decisiones ejecutivas. En este artículo se presentan algunas experiencias de proyectos ejecutados con la participación de instituciones nucleares cubanas dirigidos al alcance de este propósito.

Key words: knowledge base, personnel management, information dissemination, information centers, computer networks, data transmission, learning

INTRODUCTION

The Agency of Nuclear Energy and Advanced Technologies (AEN&TA) clusters all institutions committed of the peaceful use and application of nuclear energy in Cuba, which demands a wide domain of the capabilities and an inherent knowledge for technicians employee and a part of the personnel linked to the nuclear specialties, the application of the generated and accumulated information in databases and the organization in an integral culture that allows the socialization of the generated and acquired knowledge, supported on a solid infrastructure based on the use of the information and communication technologies. That's why the AEN&TA recognizes as main priority the establishment of the nuclear knowledge management system, being necessary the assimilation by its technicians and specialists of the technologies in the state of art for the framework of the knowledge management, which have been developed and applied successfully in several contexts.

Experiences for the institutionalization of the management of information and knowledge in organizations belonging to the Agency of Nuclear Energy and Advanced Technologies

The Nuclear Energy Information Centre (CIEN), actually denominated the Energy Development and Information Management Centre (CUBAENERGIA), is committed since its foundation of the management of the information about the peaceful use and application of nuclear energy in Cuba and the world and as centre representing INIS in Cuba has the function to distribute the output products of this system: the base of data in CD-ROM, the referative review INIS Atomindex, between others, and also to select, to process and to send the generated articles in Cuba about the included material in the INIS agenda.

Taking into consideration the obtained results by CUBAENERGIA on the establishment of own strategies for institutionalization of the process of

management of the information, knowledge and TIC [1] and the development of its corporate intranet site through of the project denominated "Development of the corporate intranet site of CIEN and AEN" [2] so as of its Corporate Intelligence System [3], this organization has been designed by the AEN&TA to coordinate the institutionalization of the processes of information and knowledge management to level of agency, through of the co-operative projects between all the institutions belonging to AEN&TA and have required of the introduction of the TIC as support to the institutionalization of these processes to level of each organization and level of agency.

Some experiences got of these projects are the following.

The AEN&TA's executive information management process

The AEN&TA's executive information management process is supported over:

- The executive intranet site, which has been created and developed as part of the project denominated "Development of the executive intranet site of the AEN&TA" [4], and with a development of dynamic applications over Web technology and focused to management the information relative to: organization, corporate documentation, projects, human resources, economic results, international collaboration and INIS Data Base. The access to this executive intranet site is supported over a virtual private network (VPN), which has a technical architecture composed by a VPN server, allocated in CUBAENERGIA, and VPN clients in each organization belonging to the agency. In this VPN connexion the private data is encapsuled and encrypted to guarantee your confidentiality.
- The portal (<http://www.aenta.cu>), which was created as part of the project denominated "Development of the Web site of the AEN" [5], and contains links to the Web site for each organization belonging to the agency. This portal is considered, also, as the image in Internet of the nuclear sectorial node belonging to the network of the Cuban Energy National System [6] and is also linked from the REDENERG portal (<http://www.energia.cu>) of this network.

The first step to introduction of the datawarehousing process, which constitute the state of art on the use of the TIC as support of the information and knowledge management processes, for all institutions belonging to AEN&TA on corporate levels and that also will allow managing great volume of information derived of the application of the nuclear

technologies in several social and economic contexts, inclosed the information derivated of the Cuban Nuclear Ramal Program, was the introduction in CUBAENERGIA of the datawarehousing process in this organization through of the project denominated "Development and implementation of a methodology to discover knowledge in corporate database as support to the organizational making decision process" [7].

A methodology to evaluate the impact of applied projects of Nuclear Ramal Program

The Cuban Nuclear Ramal Program constitutes an important tool to introduce of nuclear technologies in the socioeconomic life in Cuba. An adequate management of it requires: the quantification of the results, the organization of its available information in electronic format to make easy the access to them and the diffusion between the interested public, so as the generalization of the results, which is considered as the implementation of the necessary actions to diffuse them and its application in other organizations. This process allows elevating the impact of the got results and guarantees the ownership of the program.

The got results behind the evaluation *ex-post* impact of the first convocation of the Nuclear Ramal Program were presented in the article "Evaluation of the results of the first Nuclear Ramal Program" [8]. The used method is based in the hierarchical analysis of the purposes of the program. In each level were setting the similar elements with impact in high levels. At each element is associate a weight according to its importance. The Saaty's method was used to weight and the weights are calculated according to the predominance of each element compared two to two. The assignation of the predominances of the each aspect to consider so as the evaluation of the contribution of each project at the indicator of successful of the results was based over the judgements of the experts according to the analysis and the systematization of the recompiled information.

Management of the information of nuclear profile

A catalogue [9] has been developed to compile the scientific and technical publications of nuclear profile available in cuban nuclear institutions, according to like methodology proposed by institutions as BIREME to develop OPAC.

To create and support its Unified Database was selected the WINISIS system and to process the information were assumed the INIS's Reference Manuals. To recover the bibliographic records of the database was coded a conversion program of the automatized information using the CD/ISIS utilities.

An interface was developed with WWWISIS to consult information by the users.

Also the review Nucleus, referenced in the database INIS and with arbitration, establishes an space for diffusion by Cuban researchers, specialists and technicians of the jobs produced with scientific rigor about topics relatives to the nuclear energetic, several applications of nuclear technical, nuclear safety, radiological protection, safeguards and no proliferation, nuclear energy and public information, etc.

Technology watching system for all the scientific and technical activities linked to the use and application of the peaceful use of nuclear energy

The technology watching as organized, selected and permanent form to get information from the exterior of the organizations, to analyze and to convert it in knowledge to support the making decision process with lesser risk possible, is considered by AEN&TA as an important element and complementary of its strategy to introduce the knowledge management process in its institutions. So, was executed the project denominated "Technology watching system for the information and knowledge management in the use and application of energy" [10] with the main purpose to implement a service to watch and to analyze the world tendencies relatives to the use and application of the peaceful use of nuclear energy.

The technology watching system in developing is based on the information and knowledge contained in the databases of INIS, WIPO and RRIAN and will support a service composed by three steps: consult of information in the databases cited and other source information,

processing and analysis of the information, confection and deliver of the final report. The final product is delivered in hard copy and CD-ROM.

Web system for learning to distance of the human resources belonging energetic sector in Cuba

With the purpose to guarantee the continued capacitation of the human resources, independently of its territorial allocation and available time, was developed the Web system called LaEscuela [11] (see figure) as part of the project "Implementation of a system for learning to distance" [12], allowing the socialization of the generated and acquired knowledge through of the process of use and application of nuclear energy with peaceful purposes, so as others technologies. This platform can be accessed by all institutions belonging to AEN&TA through Internet.

Conceptual maps as collective space to construct structured knowledge

The conceptual maps, as "schematic devices represent a group of concepts inserted on a structure of prepositions", are a magnificent way to represent and organize knowledge; and help to management in adequate way the difficulties related to the management of nuclear knowledge.

- To have a uniform and normalized language for the nuclear activities, which guarantee the circulation and the comprehension of the nuclear knowledge.
- To be in conditions to identify, to modulate and to represent explicitly the nuclear knowledge.
- To have capabilities to share and reuse the own knowledge in several applications, between different users.



Figure. LaEscuela Web site for learning to distance.

The agenda of investigation [13] for CUBAENERGIA's DELFOS Consultor Group, following this line, aim toward the assimilation and development, by specialists, technicians, researchers, students and masters, of computational tools and methods to make, to share, to performance and to understand its constructions. So they have worked in the evaluation of some tools, e.g. AXXON, CMAP, VISIMAP, INSPIRATION, etc; and in the creation with them of conceptual maps.

Forums aim to share experiences in the implementation of the processes of management of the information and knowledge on Energy

The celebration of events like the Workshop of the applied scientific-technical information, the National Workshop of Knowledge Management on Energy and the National Seminar of Information on Energy as support to make decisions, with an important and a decisive support of the OIEA, coordinated by CUBAENERGIA has allowed to create spaces for discussion on these topics and to share the experiences of the institutions in the implementation of processes of information and knowledge management, starting from the design and implementation of own strategies.

CONCLUSIONS

To establish a nuclear knowledge management system, is required the assimilation, by the nuclear technicians, specialists, researchers, students and masters, of the technologies in the state of art for the framework of the knowledge management, which have been developed and applied successfully in others contexts.

The institutions belong to the AEN&TA are working, actually, in the carried up of several projects aim such purpose, which demands, also, a wide domain of the capabilities and an inherent knowledge for technicians employee and a part of the personnel linked to the nuclear specialties, the application of the generated and accumulated information in databases and the organization in an integral culture that allows the socialization of the generated and acquired knowledge, supported on a solid infrastructure based on the use of the information and communication technologies.

REFERENCES

- [1] GONZÁLEZ, A., The strategies for the management of the information, the knowledge and the technology in CUBAENERGIA. The integration toward an intelligence organization, VII Iberoamerican Workshop for the interchange and the actualization in Management of Science and Technology, La Havana, Cuba (2002).
- [2] GONZÁLEZ, A., PNA/2-01: Development of the corporative intranet site of CIEN and AEN&TA, CUBAENERGIA (2001).
- [3] GONZÁLEZ, A., Technological architecture of the corporative intelligence system, support to the knowledge management in CUBAENERGIA., ISBN 959-270-044-3, VIII Iberoamerican Workshop for the interchange and the actualization in Management of Science and Technology, La Havana, Cuba (2004).
- [4] FERNÁNDEZ, M., PNA/02-02: Development of the executive intranet site of the AEN&TA, CUBAENERGIA (2002).
- [5] ARENCIBIA, A., PNA/03-02: Development of the Web site of the AEN&TA, CUBAENERGIA (2002).
- [6] GONZÁLEZ, A., ARENCIBIA, A., VIANI, E. and others, The creation of the nodes of Energy, a new strategy for the development of the process of Knowledge Management in the framework of the Energy Information National System in Cuba, ISBN 959-7136-22-8, First National Workshop of Knowledge Management in Energy, Santiago de Cuba, Cuba (2003).
- [7] GONZÁLEZ, A., PNA/08-02: Development and implementation of a methodology to discover knowledge in corporative database as support to the organizational making decision process, CUBAENERGIA (2002).
- [8] DÍAZ, N., Evaluation of the results of the first Nuclear Ramal Program, CUBAENERGIA (2001).
- [9] OVIEDO, I., On line Collective Catalogue, ISBN 959-7136-22-8, First National Workshop of Knowledge Management in Energy, Santiago de Cuba, Cuba (2003).
- [10] LABRADA, J., Technology watching system for the information and knowledge management in the use and application of energy, CUBAENERGIA (2003).
- [11] GONZÁLEZ, A., ARENCIBIA, A., VIANI, E., LaEscuela, a Web system for the learning to distance of the human resources belonging to the energetic sector in Cuba., ISBN 959-7136-22-8, First National Workshop of Knowledge Management in Energy, Santiago de Cuba, Cuba (2003).
- [12] PEÑA, O., PNA/3-02: Implementation of a system for learning to distance, CUBAENERGIA (2002).
- [13] GONZÁLEZ, A., Profile of project, Development of a methodology to introduce the use of the conceptual maps as collective space to construct structured knowledge, CUBAENERGIA (2004).

USO DEL CESIO 137 COMO RADIOTRAZADOR EN LA CUANTIFICACIÓN DE LA EROSIÓN DE SUELOS TROPICALES

Rita Y. Sibello Hernández, Héctor Cartas Águila, Jorge Martín Pérez

Centro de Estudios Ambientales de Cienfuegos, Cuba

rita@ceac.perla.inf.cu

Resumen

El objetivo principal de este trabajo fue evaluar la aplicabilidad de la técnica que usa al ^{137}Cs como radiotrazador para cuantificar la erosión en suelos de la región tropical. Con esa intención la técnica se aplicó en suelos tropicales pertenecientes a una parcela de escurrimiento, en la provincia de Cienfuegos, en Cuba, en el área del Caribe. Esto permitió comparar y demostrar la correspondencia de los resultados de la cuantificación de la erosión usando la técnica del ^{137}Cs : $37,00 \pm 0,80 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$ con el promedio obtenido en la parcela de escurrimiento: $40 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$, validándose la aplicabilidad de la técnica para los suelos tropicales estudiados.

USE OF CESIUM-137 AS A RADIOTRACER IN THE QUANTIFICATION OF TROPICAL SOIL EROSION

Abstract

The main objective of this work was to evaluate the applicability of this technique to quantify the soil erosion in the tropical region. With this purpose the technique was applied in the tropical soils belonging to a glide parcel, in Cienfuegos province, in Cuba, in the Caribbean area. This allowed us to compare and to demonstrate the good agreement of the results of the soil loss quantification obtained using the ^{137}Cs technique: $37.00 \pm 0.80 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{year}^{-1}$ with the obtained using erosion plots in the Soil Experimental Station in Barajagua: $40 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{year}^{-1}$.

Key words: soils, erosion, environment, climatic change, cesium 137, labelling

INTRODUCCIÓN

La erosión es uno de los principales problemas ambientales a escala global. En la región tropical, donde son frecuentes las lluvias intensas y donde muchos bosques han sido talados y los suelos han quedado desprovistos de su cobertura protectora, la erosión los ha transformado en semidesiertos [1].

Para evaluar y rediseñar el sistema de manejo del suelo, para su sostenibilidad, es fundamental cuantificar la erosión. La metodología basada en la utilización de radiotrazadores para la cuantificación de la erosión aventaja a los métodos tradicionales, ya que es un método directo y dinámico. Esta técnica se ha aplicado en diversas regiones del mundo, sin embargo existen muy pocos datos sobre su aplicación en la región tropical [2]. En este trabajo se muestran los resultados de la aplicación del ^{137}Cs en la cuantificación de la erosión en suelos pertenecientes a la zona tropical, en la provincia de Cienfuegos, en Cuba.

MÉTODO

Principio del Método

El ^{137}Cs es un radionúclido artificial que se fija fuertemente a las partículas del suelo y sólo en su movimiento intervienen los procesos físicos, mostrando que las pérdidas o ganancias de ^{137}Cs están estrechamente relacionadas a pérdidas o ganancias respectivamente de suelo [3]. El ^{137}Cs es un radiotrazador sin igual para la cuantificación de la erosión de los suelos [2,4-9].

La técnica de cuantificación de la erosión aplicando al ^{137}Cs como radiotrazador se basa en el establecimiento de los niveles de ^{137}Cs en el lugar de estudio y en un sitio lo más cercano posible a este lugar, que no se haya perturbado, llamado comúnmente sitio de referencia. Por comparación del inventario total de ^{137}Cs del sitio de estudio con el de referencia, se puede inferir si se trata de un sitio erosionado o de depósito y

mediante la aplicación de modelos matemáticos correlacionar las pérdidas y ganancias de ^{137}Cs con las de suelo.

Área de Estudio

Para la validación de la técnica se seleccionó la microcuenca de Barajagua, perteneciente al macizo montañoso del Escambray en Cuba, con una evidente erosión y también, porque aquí está ubicada una parcela de escurrimiento que nos permitiría comparar nuestros resultados de la cuantificación de la erosión usando el ^{137}Cs como radiotrazador con los existentes obtenidos por esta parcela. La misma está localizada en los $22^{\circ}9'9''$ de Latitud Norte y a los $80^{\circ}6'8''$ de Longitud Oeste, a 120 metros sobre el nivel del mar.

El suelo de la microcuenca # 2 de Barajagua está caracterizado como pardo grisáceo típico (*gleyic cambisol*), cuya textura es de 61,7% de arena gruesa; 19,3% de arena fina; 9,25% de limo y 9,67% de arcilla. Este suelo tiene 1,3% de materia orgánica en su composición y una densidad aparente de $1,02 \text{ g.cm}^{-3}$. Su área es de 0,36 ha y tiene una pendiente de un 12%. El clima de la zona es subtropical, con un promedio de precipitaciones de 1200 mm.año^{-1} .

Durante alrededor de 10 años, toda la zona de la cuenca ha sido cosechada con cultivos varios de frijol y maíz principalmente y se ha utilizado el arado de disco con una profundidad de la capa arable de 15 a 30 cm. Como medida de conservación de los suelos se han construido terrazas.

Estrategia de muestreo

Gracias a la poca extensión territorial de la subcuenca de Barajagua y a la gran simplicidad de la topografía, se decidió tomar las muestras de suelo con incrementos en la profundidad a lo largo de un transepto simple que recorre la pendiente, esto permitió además de determinar el inventario total de ^{137}Cs , estudiar su distribución en las diferentes capas del suelo.

Extensión de la aplicación de la técnica a otros tipos de suelos

Con el objetivo de desarrollar la metodología en otra zona de interés desde el punto de vista de afectación por la erosión de los suelos de la provincia y con otro tipo de suelo, se escogió una parcela de la Finca Integral UBAC-Nicho en el municipio de Cumanayagua. Esta finca está enclavada en la cuenca del Hanabanilla, con una altura media de 483,7 metros sobre el nivel del mar y se localiza entre las coordenadas $22^{\circ}2'35''$ y $22^{\circ}2'49''$ de latitud Norte y entre las coordenadas $80^{\circ}6'11''$ y $80^{\circ}6'32''$ de longitud Oeste respectivamente. Esta finca ha sido cultivada por aproximadamente 40 años. El clima es tropical y

las lluvias están en el orden de los 1200 a 1300 mm.año^{-1} . Dentro de esta finca, se escogió para desarrollar la metodología de cuantificación de la erosión una parcela dedicada al cultivo del café de 1,12 ha. En este caso el muestreo se realizó en puntos ubicados a una distancia equidistante de 17 m a lo largo de un transepto que recorre la parcela ubicada en una elevación de 35% de pendiente.

Preparación de las muestras

Todas las muestras de suelo fueron ligeramente desagregadas y secadas en la estufa a 60°C por un tiempo de 24 horas, se trituraron con ayuda de un mortero y luego se tamizaron a través de una malla de 2 mm. Cada una de las fracciones fue pesada y de la fracción fina se tomó una submuestra de 50 g aproximadamente, para su posterior medición.

Medición de las muestras y cálculo de actividades

Todas las muestras se analizaron en un sistema espectrométrico gamma con detector HpGe, previamente calibrado para determinar la actividad de Cs-137 en la energía de 661,8 KeV de sus cuantos gamma. Como geometría de medición se utilizó un envase cilíndrico plástico hermético, de diámetro 54 mm y altura 20 mm, el cual se colocó encima del detector. Durante la colección de los espectros se emplearon tiempos de medición superiores a los 60 000 s. El procesamiento de los espectros se realizó con el software SILENA, el cual incluye la identificación de picos y cálculo de áreas. El cálculo de las actividades se realizó con una hoja de cálculos confeccionada sobre Excel y previamente validada. A partir de esta actividad se calculó el inventario de ^{137}Cs para cada muestra de suelo correspondiente a una profundidad de suelo dada, según la ecuación [1].

$$\text{IM} = (\text{AESM} * \text{CPF}) / \text{ASH}$$

Donde:

IM: inventario de ^{137}Cs de la muestra (Bq/m^2)

AESM: actividad específica de la submuestra entregada para el análisis espectrométrico (Bq/Kg).

CPF: peso corregido de la fracción fina de la muestra (Kg).

$\text{CPF} = \text{PT} - \text{PG}$

PT: peso total de la muestra seca.

PG: peso de la fracción gruesa.

ASH: área superficial horizontal de la submuestra.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 1 se presentan los resultados de la medición de la actividad específica de ^{137}Cs y el cálculo del inventario de referencia para ambos tipos de suelos tropicales estudiados: pardo

grisáceo típico y ferralítico rojo. Se comprobó que los sitios de referencia seleccionados, sí se corresponden con suelos no perturbados. Las actividades de ^{137}Cs en los perfiles de suelos de referencia decrecen agudamente desde $16,85 \text{ Bq.Kg}^{-1}$ en los primeros 7,5 cm hasta $2,45 \text{ Bq.Kg}^{-1}$ en los 20 cm de profundidad, en el suelo pardo grisáceo típico y desde $8,59 \text{ Bq.Kg}^{-1}$ en los primeros 2,5 cm hasta $1,41 \text{ Bq.Kg}^{-1}$ en los 17,5 cm de profundidad en el suelo ferralítico rojo. Debajo de los 20 cm de profundidad no se encontró ^{137}Cs .

En la figura 1 están representadas las distribuciones de la actividad del ^{137}Cs con el incremento de la profundidad del suelo para el suelo pardo grisáceo típico (*gleyc cambisols*), a la izquierda y ferralítico rojo (*rhodio ferralsols*), a la derecha. Comparando los inventarios totales de referencia de ^{137}Cs en estos sitios: $1200 \pm$

90 Bq.m^{-2} (sitio 1) y $1400 \pm 90 \text{ Bq.m}^{-2}$ (sitio 2), se estableció que el inventario total de referencia de ^{137}Cs en Cuba, en la región del Caribe está en el orden de los $1300 \pm 90 \text{ Bq.m}^{-2}$. La típica distribución con la profundidad del inventario de referencia (tabla 1) muestra que la capa de 0-7,5 cm contiene 46,12% del inventario total en el suelo tipo *gleyc cambisols* y 49,18% en el *rhodio ferralsols*. Esto se debe a la fuerte retención del ^{137}Cs por estos tipos de suelos en las capas superiores.

La actividad específica de ^{137}Cs y el inventario de ^{137}Cs calculado para la microcuenca de Barajagua (cima, punto superior de la ladera, punto inferior de la ladera y depósito de la pendiente), se reflejan en la tabla 2.

A partir de estos resultados se puede afirmar que los inventarios de ^{137}Cs obtenidos en la

Tabla 1. Distribución de la actividad específica y del inventario del ^{137}Cs en los sitios de referencia

Profundidad del Suelo [cm]	Sitio de Referencia (suelo pardo grisáceo)		Sitio de Referencia (ferralítico rojo)	
	Actividad Específica (Bq.Kg^{-1} Peso Seco)	Inventario (Bq.m^{-2})	Actividad Específica (Bq.Kg^{-1} Peso Seco)	Inventario (Bq.m^{-2})
2,5	$4,24 \pm 0,99$	$104,73 \pm 5,32$	$8,59 \pm 1,20$	$305,21 \pm 42,64$
5	$5,13 \pm 0,79$	$182,16 \pm 30,30$	$6,26 \pm 1,02$	$194,78 \pm 31,7$
7,5	$7,48 \pm 0,94$	$276,63 \pm 38,86$	$7,17 \pm 1,27$	$176,45 \pm 31,25$
10	$5,88 \pm 1,15$	$147,23 \pm 30,24$	$6,79 \pm 1,40$	$236,39 \pm 48,74$
12,5	$4,20 \pm 1,04$	$209,58 \pm 53,54$	$5,67 \pm 1,13$	$237,22 \pm 47,28$
15	$3,42 \pm 0,69$	$129,88 \pm 27,44$	$3,98 \pm 1,01$	$166,04 \pm 42,14$
17,5	$3,10 \pm 0,74$	$96,94 \pm 23,93$	$1,41 \pm 0,44$	$59,08 \pm 18,43$
20	$2,45 \pm 0,61$	$74,76 \pm 19,20$		
22,5	$< 0,66$		$< 0,16$	
			$< 0,34$	
Total		1200 ± 90		1400 ± 90

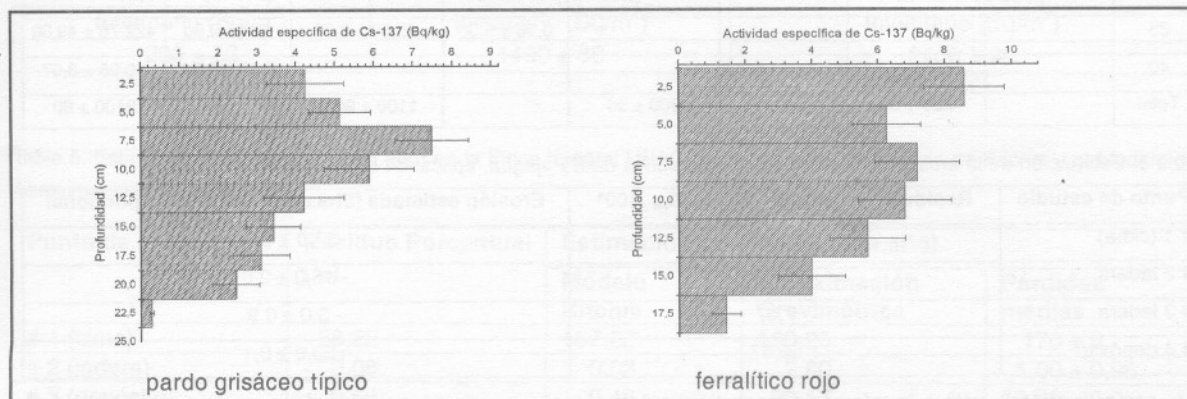


Figura 1. Distribución de ^{137}Cs en suelos de referencia de la zona tropical.

microcuenca de Barajagua van desde un mínimo de $200 \pm 50 \text{ Bq.m}^{-2}$ hasta un máximo de $2100 \pm 80 \text{ Bq.m}^{-2}$. La cima de la subcuenca constituye el punto más afectado por la erosión. En los primeros 15 cm de perfil de suelo, no se detectan contenidos de ^{137}Cs , es decir, los inventarios de ^{137}Cs son prácticamente nulos, lo que significa, que se ha perdido casi totalmente todo este perfil de suelo. Solamente en las capas correspondientes a los 20 y 25 cm de profundidad se detectaron niveles de ^{137}Cs , reflejando cierta homogeneidad en los contenidos de ^{137}Cs , debido al laboreo del arado.

Al comparar los inventarios totales del ^{137}Cs de los diferentes puntos ubicados a lo largo de la pendiente se concluyó, que en la cima existe el menor inventario de ^{137}Cs , lo que manifiesta el predominio del proceso erosivo. A medida que descendemos por la ladera, los contenidos de ^{137}Cs van aumentando, demostrando así, que a pesar de predominar la erosión (los inventarios de estos puntos: $800 \pm 90 \text{ Bq.m}^{-2}$ y $1100 \pm 90 \text{ Bq.m}^{-2}$ son menores que el inventario de referencia: $1300 \pm 90 \text{ Bq.m}^{-2}$), ha existido cierto depósito de suelo proveniente de las capas superiores y es por eso que los inventarios de ^{137}Cs son superiores al de la cima. Comparando el valor del inventario total de ^{137}Cs para la base de la pendiente: $2100 \pm 80 \text{ Bq.m}^{-2}$

con el valor del inventario total del sitio de referencia: $1300 \pm 90 \text{ Bq.m}^{-2}$, se reafirma que este punto es un sitio de depósito, ya que el inventario en la base prácticamente duplica el inventario de referencia.

Finalmente, se aplicó el Modelo Proporcional, ampliamente usado para estimar las tasas de erosión en suelos cultivados [5]; obteniendo así las tasas de redistribuciones de suelo y la distribución espacial en la microcuenca de Barajagua (tabla 3). Según los resultados de la cuantificación de la erosión de los suelos de la parcela de estudio ubicada en la microcuenca # 2 de Barajagua, usando el ^{137}Cs como radiotrazador y aplicando el Modelo Proporcional, se han perdido como promedio de los últimos 50 años, $37,00 \pm 0,80 \text{ t.ha}^{-1}$ de suelo.

De la comparación de estos resultados con los reportados para esta subcuenca por la Estación Experimental de Suelos de Barajagua utilizando parcelas de escurrimiento, se concluye que hay una buena correspondencia. La Estación ha reportado valores de erosión entre $25 \text{ t.ha}^{-1}.\text{año}^{-1}$ y $55 \text{ t.ha}^{-1}.\text{año}^{-1}$, para un promedio de $40 \text{ t.ha}^{-1}.\text{año}^{-1}$. El valor obtenido aplicando la técnica nuclear $37,00 \pm 0,80 \text{ t.ha}^{-1}.\text{año}^{-1}$, se encuentra dentro del intervalo reportado por la Estación y muy próximo al valor promedio reportado. Esto demuestra la

Tabla 2. Valores obtenidos de la medición de la actividad específica del ^{137}Cs de las muestras de suelo en los diferentes perfiles para el sitio de estudio en la microcuenca de Barajagua y de los inventarios de ^{137}Cs respectivos

Profundidad (cm)	(Cima)		(Parte superior de la ladera)		(Parte inferior de la ladera)		(Depósito)	
	Actividad Específica (Bq.Kg^{-1})	Inventarios (Bq.m^{-2})	Actividad Específica (Bq.Kg^{-1})	Inventarios (Bq.m^{-2})	Actividad Específica (Bq.Kg^{-1})	Inventarios (Bq.m^{-2})	Actividad Específica (Bq.Kg^{-1})	Inventarios (Bq.m^{-2})
5	< 0,09	< 8,90	$4,49 \pm 1,12$	$254,62 \pm 65,49$	$5,23 \pm 0,91$	$267,54 \pm 49,49$	$4,48 \pm 0,83$	$128,32 \pm 25,10$
10	< 0,58	< 29,81	$4,61 \pm 0,95$	$345,38 \pm 74,41$	$3,51 \pm 0,68$	$214,14 \pm 43,61$	$3,60 \pm 0,67$	$237,32 \pm 46,62$
15	< 1,48	< 94,65	$1,54 \pm 0,46$	$119,67 \pm 36,53$	$3,08 \pm 0,71$	$207,58 \pm 49,60$	$5,76 \pm 1,15$	$450,92 \pm 94,38$
20	$1,46 \pm 0,38$	$93,14 \pm 24,94$	$0,88 \pm 0,26$	$61,34 \pm 18,53$	$2,96 \pm 0,67$	$264,30 \pm 62,09$	$3,48 \pm 0,74$	$257,12 \pm 57,01$
25	$0,97 \pm 0,25$	$82,58 \pm 21,91$			$0,73 \pm 0,20$	$62,15 \pm 17,47$	$3,20 \pm 0,66$	$238,22 \pm 51,36$
30	< 0,01	< 0,80			$1,32 \pm 0,31$	$87,16 \pm 27,05$	$2,83 \pm 0,60$	$282,04 \pm 62,37$
35					$0,36 \pm 0,05$	$25,30 \pm 3,70$	$6,16 \pm 0,60$	$422,76 \pm 49,00$
40							$0,15 \pm 0,04$	$10,05 \pm 3,07$
Total		200 ± 50		800 ± 90		1100 ± 90		2100 ± 80

Tabla 3. Estimación de la erosión (t/ha.año), en la subcuenca de Barajagua, aplicando el Modelo Proporcional

Punto de estudio	Residuo Porcentual $(I-I_{\text{ref}})/I_{\text{ref}} \cdot 100^*$	Erosión estimada (t/ha.año) Modelo Proporcional
# 1 (cima)	- 85,62	$-37,0 \pm 0,8$
# 2 ladera	- 36,08	$- 16,0 \pm 2,0$
# 3 ladera	- 7,67	$- 3,0 \pm 0,9$
# 4 depósito	+ 65,87	$+29,0 \pm 0,1$

* I, I_{ref} son el inventario total y de referencia respectivamente.

factibilidad de la técnica que usa el ^{137}Cs como radiotrazador para cuantificar las pérdidas de suelo en la región tropical y la validez de la metodología y el modelo matemático empleado en este caso.

Los resultados obtenidos en la extensión de la aplicación del ^{137}Cs para la cuantificación de la erosión en otro tipo de suelo tropical, se presentan en la tabla 4, así como los inventarios de ^{137}Cs en los puntos de muestreo de la Finca Integral UBAC-Nicho con suelo tipo *rhodio ferralsols*.

En la tabla 5 se reportan los valores de las estimaciones de pérdidas de suelo y depósito, aplicando el modelo de Ritchie [8] y de Aproximación Gravimétrica [10].

Las primeras estimaciones de pérdidas de suelo y de depósito de la zona de estudio (Finca Integral UBAC-Nicho) se han realizado, utilizando dos modelos: uno empírico, Ritchie [8] y otro teórico, Aproximación Gravimétrica [10]. En este caso no fue recomendable utilizar el Modelo Proporcional (aplicado en las estimaciones de pérdidas de suelo en Barajagua), porque a pesar de ser la parcela estudiada un suelo cultivado, no se utiliza el arado en el cultivo de café y por tanto no es válida una de las consideraciones del Modelo Proporcional que es la homogenización de los contenidos de ^{137}Cs en la profundidad del arado.

De las estimaciones de pérdidas de suelo utilizando los modelos de Aproximación Gravimétrica y el Modelo de Ritchie se enuncian pérdidas considerables de tierra: 170 ± 9 t/ha.año. Estos valores constituyen una señal de alerta de la magnitud de los procesos erosivos en las montañas del Escambray y una justificación para estudios futuros de cuantificación de pérdidas de suelo aplicando esta técnica nuclear.

CONCLUSIONES

- Se demuestra la aplicabilidad y factibilidad del uso del ^{137}Cs para cuantificar las pérdidas de suelo en la región tropical. Estos resultados enriquecen el conocimiento de la aplicación de la técnica para la zona tropical.
- Se establece experimentalmente que el inventario total de ^{137}Cs en el área, es del orden de 1300 ± 90 Bq.m², este dato es de gran importancia, además, para el control radiológico del país.
- Se logra cuantificar las pérdidas de suelo en sitios de interés; se confirman pérdidas de suelo en la microcuenca # 2 de Barajagua de $37,0 \pm 0,8$ t.ha⁻¹.año⁻¹ y para el caso de la Finca Integral UBAC-Nicho, estas primeras estimaciones de pérdidas medias de suelo de 170 ± 9 t.ha⁻¹.año⁻¹ alertan de pérdidas considerables de suelo.
- La validación de esta tecnología tributa a la conservación y mejoramiento de los suelos posibilitando un diagnóstico rápido y confiable de la cuantificación del impacto de la erosión, permitiendo el rediseño oportuno del manejo de la tierra y la implementación rápida de medidas antierosivas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] FAO. Mantengamos viva la tierra: Causas y Remedios de la Erosión del Suelo. Roma (1983).
- [2] WALLING, D.E., QUINE, T.A., The use of fallout radionuclide in soil erosion investigations. Nuclear Techniques in Soil-Plant Studies for Sustainable Agriculture and Environmental Preservation. IAEA. Publ. ST1/PUB/947 (1995)597-619.
- [3] LOMENICK, T.F., TAMURA, T., Naturally occurring fixation of Cs-137 on sediments of lacustrine origin. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 27 (1965)383-386.
- [4] MCHENRY, J.R., RITCHIE, J.C., Estimating field erosion losses from fallout Cs- 137 measurements. IAHS Publ. No.122 (1977)26-33.

Tabla 4. Valores obtenidos de los inventarios totales de ^{137}Cs de las muestras de suelo en los diferentes puntos para el sitio de estudio Finca Integral UBAC-Nicho

Punto 1 (cima)	Punto 2 (ladera)	Punto 3 (base)
Inventario (Bq/m ²)	Inventario (Bq/m ²)	Inventario (Bq/m ²)
200 ± 30	1400 ± 80	2400 ± 90

Tabla 5. Estimación de la erosión (t/ha.año) en la Finca Integral UBAC-Nicho aplicando el Modelo de Ritchie y el Modelo de Aproximación Gravimétrica

Punto de estudio	Residuo Porcentual (%)	Estimación de erosión (t/ha.año)		
		Modelo Ritchie	Aproximación Gravimétrica	Pérdidas medias
# 1 (cima)	- 86,22	167,32	180,25	170 ± 9
# 2 (ladera)	- 0,06	0,03	2,80	1,00 ± 0,96
# 3 (depósito)	+ 0,58	0,46	20,17	10,00 ± 9,0

[5] DE JONG, E., BEGG, C.B.M., R.G. KACHANOSKI, Estimates of soil erosion and deposition from some Saskatchewan soils. Can. J. Soil Sci. 63 (1983)607-617.
 [6] CAMPBELL, B.L., ELLIOTT, G.L., LOUGHRAN, R.J., Measurement of soil erosion from fallout ^{137}Cs . Search 17 (1986)148-149.
 [7] LOUGHRAN, R.J., CAMPBELL, B.L., WALLING, D.E., Soil erosion and sedimentation indicated by caesium 137: Jackmoor Broke catchment Devon, England. Catena 14 (1987)201-212.
 [8] RITCHIE, J.C., MC HENRY, J.R., Application of Radioactive Fallout Cesium-137 for Measuring Soil

Erosion and Sediment Accumulation Rates and Patterns: A Review. J. Environ. Qual., 19 (1990)215-233.
 [9] ZAPATA, F., The use of environmental radionuclides as tracers in soil erosion and sedimentation investigations: recent advances and future developments. Soil & Tillage Research. Volumen 69. Issues 1-2 (2003)3-13.
 [10] BROWN, R.B., KLING, G.F., CUTSHALL, N.H., Agricultural erosion indicated by ^{137}Cs redistribution: II. Estimates of erosion rates. Soil Sci. Soc. Am.J. 45 (1981)1191-1197.

PREMIOS EXPOCUBA` 2005

Diseño Integral del Pabellón

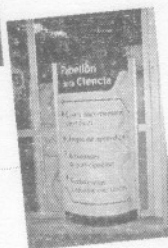
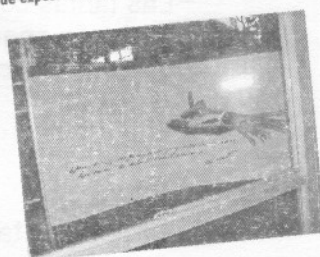
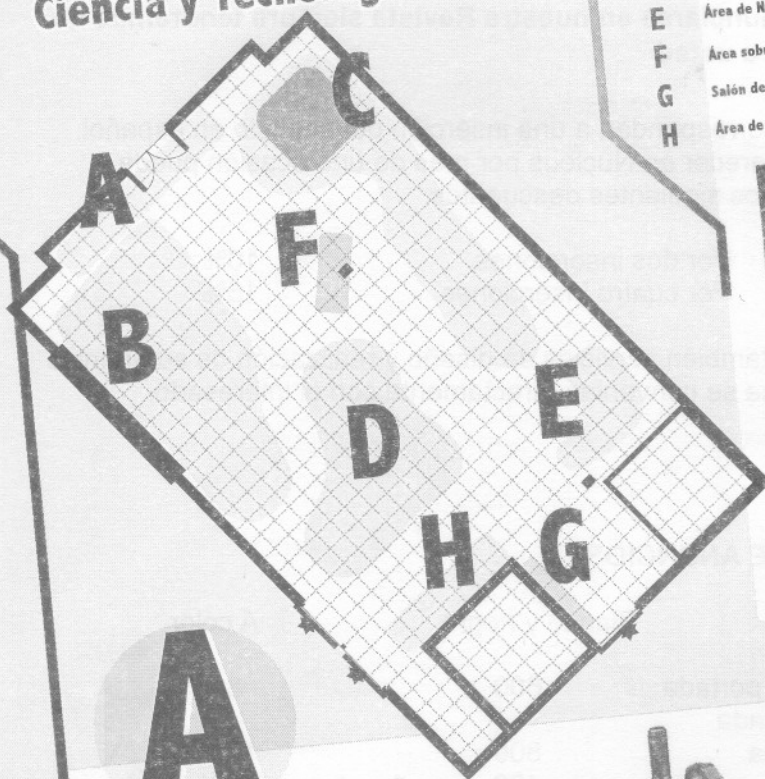
de la Ciencia,
la Tecnología
y el Medio Ambiente
en EXPOCUBA



Ciencia y Tecnología

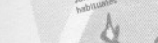
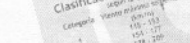
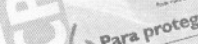
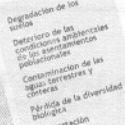
Áreas

- A Área de entrada
- B Área integrada del Forum, la ANIR y las BTI
- C Área destinada a los impactos de la ciencia, la tecnología y el medio ambiente en Cuba
- D Área de muestras interactivas "Feria del Saber".
- E Área de Nuevas Tecnologías de la Información
- F Área sobre Martí, la ciencia y la tecnología
- G Salón de encuentros
- H Área de exposiciones transitorias



*¿para qué, sino para poner paz entre los hombres,
han de ser los abogados de la ciencia?*

losé Martí



La exposición del Pabellón de la Ciencia, la Tecnología y el Medio Ambiente 2005, se debe a un grupo creativo integrado por guionistas, diseñadores, fotógrafos y expositores de CUBAENERGÍA.

PERSPECTIVAS DE DESARROLLO ENERGÉTICO EN CUBA

Ilse Berdellans Escobar, David Pérez Martín, Ileana López López, Henry Ricardo Mora,
Yoandys Gómez De la Torre

Centro de Gestión de la Información y Desarrollo de la Energía (CUBAENERGÍA)
Calle 20 N° 4111 e/ 18-A y 47, Playa, Ciudad de La Habana, Cuba

ilse@cubaenergia.cu

Resumen

A partir del escenario base de demanda de energía calculado para el país hasta el año 2025, en este trabajo se analizaron opciones para su cubrimiento. Se tuvieron en cuenta proyecciones de desarrollo económico y social, así como las opciones de desarrollo actuales previstas en el tema de la energía. Se evaluaron tres escenarios de desarrollo energético: un escenario denominado de referencia, donde se incluyen las proyecciones actuales de desarrollo energético, un escenario donde se consideró el desarrollo a partir de un uso intensivo de los recursos fósiles nacionales y un tercero donde se consideró el desarrollo a partir del uso extremo de los potenciales renovables. Se realizó el análisis de los resultados y se plantean recomendaciones para futuros estudios.

CUBAN ENERGY DEVELOPMENT PERSPECTIVES

Abstract

In this paper from energy demand scenario calculated for the country until 2025, energy supply options were assessed. Three energy development scenarios considering economic and social development projections and different energy options were evaluated: a reference scenario which includes the nowadays energy development projections; a second scenario basing the development on intensive use of domestic fossil fuels; and a third scenario, where the development is based on the maximum use of domestic renewable energy potential. The results are analyzed and recommendations are formulated.

Key words: energy demand, energy efficiency, socio-economic factors, energy sources, energy policy, sustainable development, planning

INTRODUCCIÓN

El comportamiento energético de las últimas décadas ha planteado a la humanidad retos de consideración en el tema de la explotación de los recursos naturales, situando a los recursos energéticos en el centro de mayor atención. El carácter finito de los recursos fósiles, los ritmos actuales de su uso y de crecimientos de su precio, así como el desarrollo de las tecnologías para el aprovechamiento de las energías renovables hacen que las proyecciones a largo plazo para la satisfacción o cubrimiento de la demanda de energía reciban particular importancia, aún cuando otros consideran que las leyes del mercado pueden jugar ese mismo papel. Sin embargo, la práctica ha demostrado que las proyecciones energéticas ofrecen a los Estados elementos de suma importancia para la regulación y para influir en los mercados energéticos.

Durante años el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) ha ayudado a los Estados Miembros en la realización de estudios de desarrollo energético integrales. El objetivo fundamental de estos estudios es la evaluación de diferentes estrategias de desarrollo energético que permitan cubrir la demanda futura de energía en un país o región determinada. Para esto el OIEA ha desarrollado diferentes modelos que permiten una evaluación integral de las decisiones energéticas [1].

Los estudios de desarrollo energético revisten una gran importancia, ya que los proyectos energéticos son costosos y con largos períodos de construcción. Los estudios a largo plazo permiten optimizar los recursos financieros de que dispone el país al poder determinar las estrategias de desarrollo más adecuadas y el momento en que deben ser realizadas las

inversiones para satisfacer la demanda de energía creciente.

Con la desaparición del Consejo de Ayuda Mutua Económica (CAME) en el año 1990, el país enfrentó una crisis económica que determinó la introducción de cambios en la economía y el desarrollo del país. Con relación a la energía, se pasó a realizar la planificación a corto plazo para poder satisfacer las necesidades mínimas debido a la carencia de recursos financieros para adquirir combustibles en el mercado internacional.

En 1993 para dar respuesta a esta situación el parlamento cubano aprobó el Programa de Desarrollo de las Fuentes Nacionales de Energía [2], que constituyó un pilar de la política energética del país con énfasis en el máximo aprovechamiento de los recursos nacionales y la elevación de la eficiencia energética. Por otra parte, mediante la ejecución de proyectos nacionales, proyectos y contratos de investigación con el OIEA, Cuba adquirió las herramientas y experiencia para llevar a cabo los estudios de desarrollo eléctrico y energético.

En este trabajo se analizan tres escenarios de desarrollo energético futuro del país elaborados sobre la base de la utilización extrema de las reservas y potenciales estimados para los recursos energéticos nacionales. Los escenarios se calcularon utilizando el modelo MESSAGE (Model for Energy Supply Strategy Alternatives and their General Environmental impacts) [3] y se muestran las alternativas óptimas para el cubrimiento de la demanda en cada escenario, los costos y las emisiones de contaminantes asociadas a estos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Una etapa en los estudios de desarrollo energético es propiamente la elaboración de los pronósticos de demanda de energía, para lo cual se requiere de escenarios a mediano y largo plazo de desarrollo socio-económico, tecnológico y demográfico.

Para el cálculo de la demanda de energía se utilizó el modelo MAED versión Windows (Model for Analysis of Energy Demand) [4]. El período para el que se realizó este estudio fue 2002-2025. Se consideró un desarrollo económico y social moderado, en el cual se tuvieron en cuenta las proyecciones de población elaboradas por el Centro de Estudios Demográficos [5] y las proyecciones de crecimiento socio-económico y de cambios tecnológicos elaboradas por el Instituto Nacional de Investigaciones Económicas [6].

La tasa de crecimiento anual promedio del Producto Interno Bruto (PIB) considerada fue de 4,13%, partiendo de que se mantendrá el bloqueo de los Estados Unidos a nuestro país, lo cual

influye negativamente en las inversiones. No ocurren cambios sustanciales en la estructura de los sectores económicos. La población tendrá un crecimiento lento hasta el año 2015, año a partir del cual comenzará a disminuir. Este comportamiento tiene en cuenta que las tasas de fecundidad y mortalidad de nuestro país son comparables con las de los países desarrollados y que la tasa de migración se mantendrá constante a lo largo del período.

En el crecimiento del sector industria (manufactura, agricultura y construcción) se prevé que las intensidades energéticas tendrán una reducción del 1,1% anual. En el sector transporte se considera un crecimiento en las actividades de transportación de pasajeros y de carga a lo largo del período de estudio. Para el sector residencial se considera que en el año 2010 el 100% de la población tendrá acceso a la electricidad. El uso de los combustibles no comerciales (leña y carbón vegetal) en los sectores residencial y de servicios disminuirá durante el período, al ser sustituidos por gas licuado del petróleo y electricidad fundamentalmente.

Definición de los escenarios de desarrollo energético

Para el estudio de las diferentes alternativas de desarrollo energético se utilizó el modelo MESSAGE, de optimización lineal, que permite determinar los recursos energéticos necesarios para cubrir una demanda de energía teniendo en cuenta las tecnologías y recursos energéticos considerados en el estudio.

Se evaluaron en esta oportunidad tres escenarios de cubrimiento de la demanda: el escenario de referencia, el escenario fósil y el escenario renovable. En cada uno de los escenarios, se establecieron premisas para evaluar las proyecciones de estos hasta el 2025, tomando como año de referencia el 2002.

Escenario de referencia: este escenario sigue la tendencia de desarrollo energético que ha tenido el país en los últimos años y en él se incluyeron las proyecciones actuales de desarrollo energético donde se prevé un aumento del 5% anual en la extracción del crudo y el gas acompañante y que la capacidad de refinación se duplicará después del 2010. Para cubrir la demanda de electricidad, se analizan como posibles opciones a incluir en el sistema eléctrico, centrales termoeléctricas convencionales con capacidades entre 150-250 MW, plantas para la cogeneración con bagazo de 24-32 MW, turbinas de gas utilizando diesel de 35 MW, motores diesel de 38 MW que utilizan crudo y aerogeneradores. A partir de la reestructuración del sector azucarero, se prevé un incremento escalonado en la eficiencia de la cogeneración de los centrales azucareros alcanzando 100 kWh por tonelada de caña

molida (tcm) al final del periodo de estudio y un aumento de la capacidad instalada en 117 MW [7] por la reubicación de turbogeneradores. También se prevé un aumento gradual de la producción de alcohol llegando en el 2010 a 4 millones de hectolitros, producción que se mantiene constante hasta el final del periodo. Se implementa la instalación gradual hasta el final del periodo de 37,7 MW en hidroeléctricas [8].

Escenario fósil: en este escenario se mantienen las opciones evaluadas en el escenario de referencia y se consideran nuevos criterios para intensificar la explotación de combustibles fósiles. Con el objetivo de incrementar la producción y el uso nacional de combustibles fósiles se supone que comienza la extracción en la Zona Exclusiva Económica del Golfo de México (ZEE) y por tanto se incluyen entre las opciones para cubrir la demanda de electricidad los ciclos combinados con gas natural de la ZEE.

Escenario renovable: este escenario persigue intensificar el uso del potencial estimado hasta ahora de las fuentes renovables de energía y mantiene las opciones del escenario de referencia. Se considera un cambio tecnológico y que por tanto se comienza a producir alcohol combustible (etanol) a partir de los jugos de la caña con una productividad de 85 litros de etanol/tonelada de caña molida. El etanol se utilizará para el transporte automotor en una mezcla del 7% con el diesel y del 25% con la gasolina. Además, para cubrir la demanda de electricidad se incluye todo el potencial hidroeléctrico posible de explotar (270 MW) y ciclos combinados de gasificación integrada de biomasa.

RESULTADOS

La demanda total de energía calculada mostró un crecimiento durante el periodo de estudio del 3,3%, siendo al final de éste igual a 11 024 miles de toneladas equivalentes de petróleo (Mtep).

Como resultado de las evaluaciones realizadas para el cubrimiento de la demanda se obtuvo que la oferta total de energía primaria (OTEP), la cual incluye la producción nacional y las importaciones de energía primaria, aumenta durante el periodo de estudio en los tres escenarios (figura 1). Sin embargo, similar tendencia de crecimiento de la OTEP presentan el escenario de referencia y el renovable y llega a ser en el año 2025 de 2 y 1,8 veces respecto al año base, mientras que en el escenario fósil se produce un acelerado crecimiento de la OTEP a partir del 2015 con la entrada de la extracción del crudo de la ZEE y es al final del periodo 3,3 veces mayor que el año base.

En el escenario renovable la OTEP es menor que en los otros escenarios, ya que se introducen los ciclos combinados de gasificación integrada de

biomasa, muy eficientes, y por tanto utilizan menor cantidad de bagazo para generar igual cantidad de electricidad.

Las importaciones de energía primaria (figura 2), que se refieren solo a importaciones de crudo

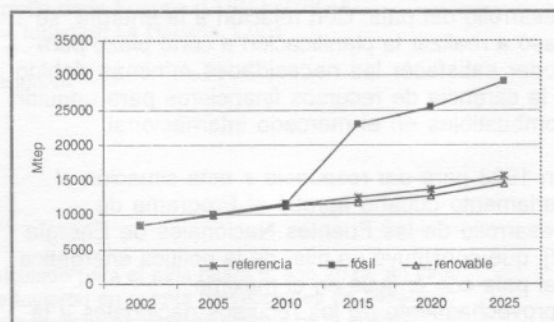


Figura 1. Oferta total de energía primaria.

utilizado junto con el crudo nacional en la producción de derivados, aumentan hasta el 2015 en el escenario de referencia y en el renovable, debido al incremento previsto en la capacidad de refinación después del 2010, manteniéndose constante a partir de este año hasta el final del periodo de estudio. Aunque las importaciones de crudo crecen en estos escenarios, su participación dentro de la OTEP (valores en tanto por ciento que se muestran para cada año en la figura 2¹) disminuye, ya que los energéticos primarios como el crudo nacional y el gas asociado aumentan su contribución de un 42,1% y 6% respectivamente en el año base a un 54,5% y 17,2% en el escenario de referencia, por ejemplo.

En el escenario fósil a partir del año 2015 comienza la extracción de crudo de la ZEE. Este crudo en el estudio se consideró ligero y por tanto su uso es fundamentalmente para la producción de derivados, permitiendo que se eliminen las importaciones de crudo a partir de este año.

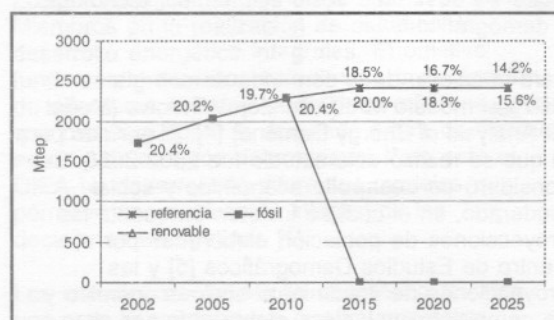


Figura 2. Importaciones de energía primaria.

Las importaciones de energía secundaria, que en el estudio se refieren a las importaciones de derivados de petróleo, se muestran en la figura 3.

¹Los valores que se encuentran en la parte superior del gráfico corresponden al escenario de referencia, los que se encuentran por debajo al escenario renovable.

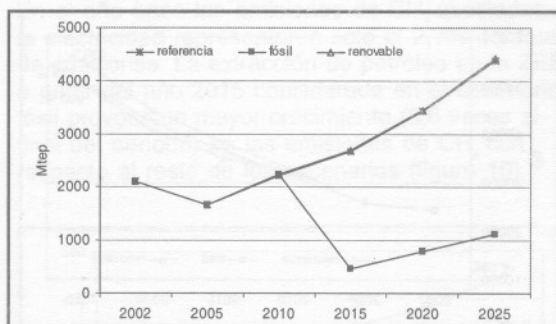


Figura 3. Importaciones de derivados del petróleo.

Debido a la sustitución de fuel oil por crudo nacional en la generación de electricidad, estas importaciones disminuyen del 2002 al 2005 en todos los escenarios. En el escenario de referencia y en el renovable la producción nacional de derivados se incrementa ligeramente en el 2010 manteniéndose constante hasta el final del período. Como la demanda de estos combustibles aumenta y este incremento no la satisface, las importaciones en estos dos escenarios crecen siendo en el 2025 un 109% mayor respecto al año base. La posibilidad de extraer el crudo de la ZEE, en el escenario fósil, permite el incremento de la capacidad de refinación del país, lo que posibilita que después del 2015 disminuyan las importaciones, satisfaciéndose casi totalmente la demanda de derivados de petróleo con la producción nacional. Sólo continúan importándose fuel oil y Gas Licuado del Petróleo (GLP) en cantidades menores a la de los otros escenarios.

Analizando sólo el comportamiento de las importaciones de energía primaria y secundaria expuestas anteriormente, no es posible determinar cuánto depende el país de los suministros externos de combustible. Por esta razón se introduce el indicador de desarrollo energético sostenible "dependencia neta de las importaciones" como la relación entre las importaciones totales de energía (primaria y secundaria) contra el uso total de energía primaria, que para los escenarios se considera igual a la OTEP (figura 4). Se aprecia que tanto en

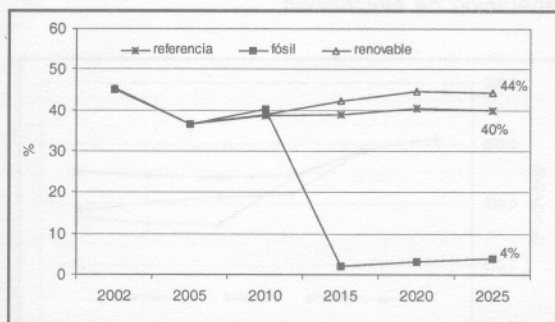


Figura 4. Dependencia neta de las importaciones de energía.

el escenario renovable como en el escenario de referencia este indicador solo decrece ligeramente en el 2025 con respecto al 2002. En el escenario fósil si se logra reducir la dependencia neta de las importaciones de energía, llegando a ser de sólo el 4%, ya que en este escenario la producción de crudo ligero en la ZEE permite aumentar las capacidades de refinación y abastecer en el 2025 el 96% la demanda nacional de combustibles.

Como resultado de las evaluaciones para cubrir la creciente demanda de electricidad se obtuvo que la capacidad eléctrica total instalada se incrementa durante el período de estudio entre los 7637 MW para el escenario renovable y los 7728 MW para el escenario fósil en dependencia del valor unitario de las nuevas capacidades que se incorporan. En el año 2025 se instalan entre 4119 MW y 4210 MW para los distintos escenarios (no incluye las capacidades que se incorporan de forma predeterminada como son: 100 MW eólicos, completamiento de Energas, mini hidroeléctricas, motores diesel y reinstalación de turbogeneradores del MINAZ que se realizan en todos los escenarios). De ellos, la estructura de capacidades en el escenario de referencia y en el fósil es muy similar: 87% utilizando combustibles fósiles y 13% renovables, mientras que en el escenario renovable la participación de los combustibles fósiles se reduce hasta el 71% y el peso de los renovables crece hasta el 29%.

Los costos totales de inversión de las nuevas capacidades para la generación de electricidad (figura 5) varían en dependencia del tipo de tecnología que se instala y se aprecia que por lo general crecen en el período para todos los escenarios. La instalación de tecnologías de ciclos combinados, con un menor costo de inversión, hacen que en el 2025 los menores costos totales de inversión correspondan al escenario fósil llegando a ser 26% menores que para el escenario de referencia. Sin embargo, los costos de inversión del escenario renovable al final del período de estudio son los mayores y 12% superiores que para el escenario de referencia.

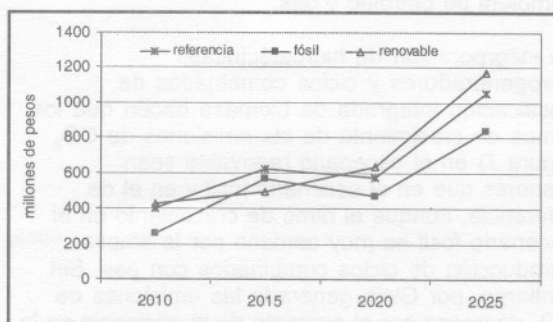


Figura 5. Costos de inversión en la generación de electricidad.

Los costos totales de combustibles en la generación de electricidad son mayores en el escenario de referencia debido a que es el escenario de más uso de crudo (figura 6), ya que en el escenario renovable predomina la generación de electricidad con bagazo en ciclos combinados de gasificación integrada de biomasa con elevada eficiencia y se consideró el bagazo como un subproducto sin costo. Por otro lado en el escenario fósil la generación predominante es con gas, que no tiene ningún costo asociado, ya que se extrae junto al crudo y el costo se le asocia a este último.

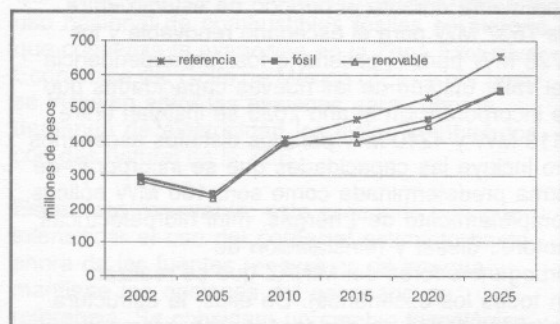


Figura 6. Costos de combustible en la generación de electricidad.

Comportamiento de las emisiones de contaminantes

Las emisiones de contaminantes dependen de un grupo de factores como, tipo y cantidad de combustible utilizado, tecnología, sector, etc. En el estudio se asumió un solo escenario de demanda de energía (la demanda sectorial de combustibles no varía entre escenarios) por lo que las emisiones variarán entre los escenarios si hay cambios tecnológicos que impliquen cambio de combustible o mejora de la eficiencia en la transformación de energía.

Al considerarse en el estudio solo cambios tecnológicos para el sector eléctrico las variaciones entre las emisiones de los distintos escenarios responden fundamentalmente a este sector, con la excepción de las emisiones de metano (CH_4) que dependen de la cadena completa de petróleo y gas.

La incorporación de hidroeléctricas, aerogeneradores y ciclos combinados de gasificación integrada de biomasa hacen que los ritmos de crecimiento de las emisiones de CO_2 (figura 7) en el escenario renovable sean menores que en el escenario fósil y en el de referencia, aunque el ritmo de crecimiento en el escenario fósil es muy cercano por la amplia introducción de ciclos combinados con gas. Sin embargo, por GWh generado las emisiones de CO_2 decrecen por el aumento de la eficiencia en la generación de electricidad en 13,4%, 17,5% y 26,1% en los escenarios de referencia, fósil y renovable respectivamente.

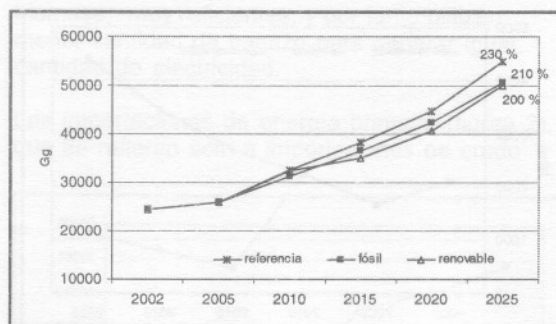


Figura 7. Emisiones de CO_2 .

Por el alto contenido de azufre del crudo nacional, las emisiones de SO_2 tienen un impacto local importante en la salud humana y el medio ambiente. Las emisiones de SO_2 (figura 8) siguen el mismo comportamiento de las emisiones de CO_2 , ya que no hay cambios en el uso de combustibles. El menor crecimiento (210% al final del período) se observa en el escenario renovable, donde el 30% de la generación de electricidad se realiza con fuentes renovables. La diferencia entre los escenarios fósil y de referencia se debe a la inclusión de ciclos combinados de gas para la generación de electricidad en el escenario fósil.

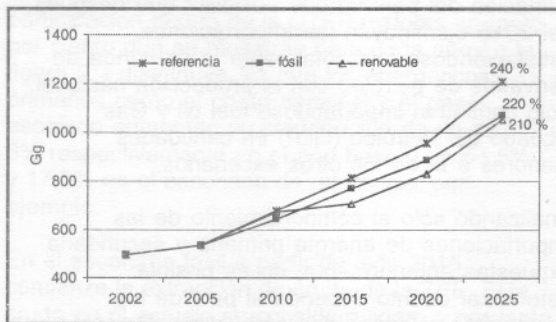


Figura 8. Emisiones de SO_2 .

Sin embargo, las emisiones de estos contaminantes por GWh generado, decrecen para todos los escenarios, pero especialmente en el escenario renovable como muestra la figura 9 para las emisiones de SO_2 , demostrando esta tendencia el aumento de la eficiencia en la generación de electricidad.

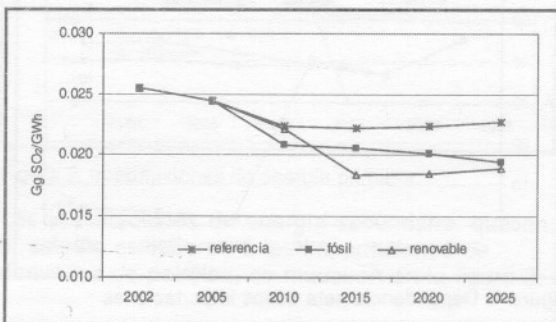


Figura 9. Emisiones de SO_2 por GWh.

En el año base las emisiones de CH_4 asociadas a la electricidad representaron sólo el 2,7% del total de emisiones. La extracción de petróleo en la ZEE a partir del año 2015 considerada en el escenario fósil provoca un mayor crecimiento (3,6 veces al final del período) en las emisiones de CH_4 con respecto al resto de los escenarios (figura 10).

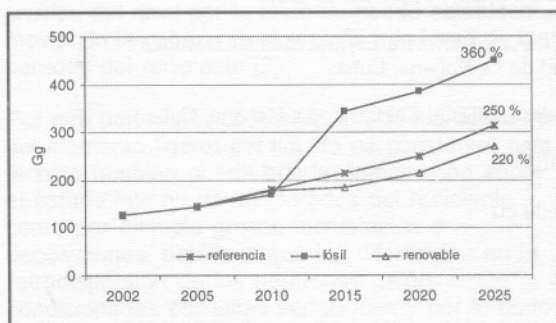


Figura 10. Emisiones de CH_4 .

CONCLUSIONES

Las evaluaciones realizadas demuestran claramente la dependencia del país de los combustibles fósiles y que ello se mantendrá en el futuro aún cuando se utilice el potencial renovable.

Sin embargo, si aparece y se logra la explotación de crudo ligero y gas de la ZEE del Golfo de México, la dependencia neta de las importaciones de energía pudiera reducirse sustancialmente con la ampliación de las capacidades de refinación.

Para cubrir la demanda de electricidad hasta el 2025 es necesario instalar más de 4200 MW, de los cuales el 87% utilizan combustibles fósiles y el 13% fuentes renovables en los escenarios fósil y de referencia, llegándose a instalar en el escenario renovable el 29% con tecnologías que utilizan fuentes renovables.

Como la generación de electricidad se realiza fundamentalmente utilizando combustibles fósiles

estos escenarios de desarrollo energético tienen un importante impacto en el crecimiento de las emisiones de contaminantes atmosféricos. Las emisiones de CO_2 crecen entre 200% y 230%, mientras que las de SO_2 lo hacen entre el 210% y el 240%, pero la introducción de tecnologías eficientes, así como las que utilizan fuentes renovables hacen que las emisiones por GWh generado decrezcan entre el 13% y el 26% para el CO_2 y entre el 12% y el 35% para el SO_2 .

Se recomienda evaluar escenarios en los que se analicen medidas del lado de la demanda y que para el cubrimiento de la misma se evalúen tecnologías como la nuclear, mayor penetración eólica, realizar escalamiento de los costos de los combustibles fósiles, etc., lo que podría utilizarse para la formulación de nuevas políticas energéticas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] IAEA, Tools for Tracking Progress. IAEA Bulletin 42/2/ 2000, Vienna, Austria 2000.
- [2] CNE, Programa de Desarrollo de las Fuentes Nacionales de Energía. Comisión Nacional de Energía, 1993.
- [3] IAEA, Model for Energy Supply Strategy Alternatives and their General Environmental Impacts. User manual, IAEA, Oct. 2003.
- [4] IAEA, Model for Analysis for Energy Demand. User manual, IAEA, Oct. 2002.
- [5] BARROS, O., Escenarios demográficos de la población de Cuba. Período 2000-2050, Centro de Estudios Demográficos. Ciudad de La Habana, Cuba, 2002.
- [6] SOMOZA J., GARCÍA A., 2002, Escenarios macroeconómicos a largo plazo del desarrollo energético y su impacto ambiental. INIE, octubre 2002.
- [7] MINAZ, 2003, Agroindustria de la Caña de Azúcar. Programa de Desarrollo Energético Sostenible. Presentado por el MINAZ en el III Seminario Nacional de Energía en apoyo a la adopción de decisiones, 3-4 junio 2003, Ciudad de La Habana. <<http://www.energia.inf.cu>>[consulta: 6 de diciembre de 2005].
- [8] INRH, 2003, El aprovechamiento de la hidroenergía en Cuba. Presentado por el INRH en el III Seminario Nacional de Energía en apoyo a la adopción de decisiones, 3-4 junio 2003, Ciudad de La Habana. <<http://www.energia.inf.cu>>[consulta: 6 de diciembre de 2005].

PERFILAJE NEUTRÓNICO PARA DETERMINAR EL NIVEL DE UN TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE COMBUSTIBLE DE AVIACIÓN

José Griffith Martínez¹, Jorge Isais Borroto Portela², Pedro Mario Cano³

¹Instituto Cubano de Investigaciones Azucareras (ICINAZ), Carretera Central Manuel Martínez Prieto, Km. 2 1/2 Boyeros, Ciudad de La Habana, Cuba

²Instituto Superior de Tecnologías y Ciencias Aplicadas (InsTEC), Ciudad de La Habana, Cuba

³Experto OIEA

jose@ceaden.edu.cu

Resumen

En este trabajo se presentan los resultados alcanzados por la técnica de perfilaje neutrónico en la determinación del nivel en un tanque de almacenamiento de combustible de aviación, localizado en el Aeropuerto Internacional "José Martí". Mediante el empleo de una fuente de neutrones de Am-Be (37 MBq) y un detector de He-3 de neutrones térmicos, se obtuvieron valores de altura de nivel del líquido entre 10,8-10,85 m en el barrido efectuado a una pared lateral del tanque. La técnica, basada en el principio de la retrodispersión, se empleó también para la inspección del grosor de las paredes del tanque y se pudo determinar que las chapas de acero reforzadas inferiores presentaban grosores ligeramente superiores a las restantes.

NEUTRON PROFILE FOR LEVEL DETERMINATION IN A JET OIL STORAGE VESSEL

Abstract

In the present paper, results related to the level determination at a Jet oil storage vessel, located in the International Airport "Jose Marti", by the neutron profile technique are brought to discussion. Using an Am-Be (37 MBq) neutron source and a thermal He-3 neutron detector, values between 10.8-10.85 m in height were encountered during the one wall-side scanning of the vessel. This technique, based on the neutron backscattering principle, was also employed for thickness inspection of wall vessel and as it was expected, lower reinforced steel sheets achieved a slight higher thickness than the upper one.

Key words: thickness, inspection, backscattering, containers, oils, neutron sources, He-3 counters

INTRODUCCIÓN

La técnica de perfilaje neutrónico está basada en el principio de la retrodispersión. Cuando los neutrones rápidos (de alta energía) emitidos por una fuente colisionan con los núcleos de un material circundante, su energía es moderada a través de la dispersión inelástica. La pérdida de energía se produce en cada colisión sucesiva en un amplio intervalo de neutrones lentos. En general hay más pérdida de energía por los neutrones en la colisión con núcleos ligeros que en presencia de núcleos pesados. Debido a ello los núcleos ligeros de hidrógeno son más efectivos en la moderación de los neutrones rápidos emitidos por una fuente. Como este elemento es por lo general el principal

constituyente de los líquidos, mediante la dispersión de los neutrones, es posible la detección del líquido a través de las paredes del contenedor construido por materiales de alto número atómico [1].

El equipo de perfilaje neutrónico está constituido por una fuente isotópica portátil (normalmente de Am²⁴¹-Be) íntimamente acoplada a un detector de neutrones térmicos para conformar la denominada cabeza de detección. Ejemplo de este tipo de detector es el de He-3, cuya eficiencia es inversamente proporcional a la energía de los neutrones y consecuentemente, responde mejor a los neutrones lentos retrodispersados que a los neutrones rápidos emitidos directamente por la fuente.

El detector de nivel se basa en este principio para localizar el nivel en los recipientes cerrados o tanques. Si la cabeza de detección se sitúa por debajo del líquido, se obtiene una alta lectura de neutrones retrodispersados, mientras que el aire o el vapor situados por encima del nivel proporciona una baja lectura debido a la baja concentración de hidrógeno. La localización precisa del nivel por lo tanto se puede establecer moviendo la cabeza de detección a lo largo de las paredes del recipiente [2].

Por otra parte, si la concentración de hidrógeno (o del elemento ligero) del líquido es constante, esta técnica también puede brindar información sobre el estado interno de las paredes del recipiente como por ejemplo grosor, incrustación o deposiciones, debido a que las diferencias en la retrodispersión de los neutrones están condicionadas por estas variaciones y por lo tanto, la información es similar a la obtenida con un equipo de ultrasonido [3].

En este trabajo se presentan los resultados, empleando la técnica de perfilaje neutrónico en la determinación del nivel y la inspección de la estructura de las paredes de un tanque de almacenamiento de combustible de aviación localizado en el Aeropuerto Internacional "José Martí". El trabajo fue desarrollado bajo el auspicio del Organismo Internacional de Energía Atómica: Proyecto ARCAL LXI.

MATERIALES Y MÉTODOS

Sistema de Detección

Consta de dos partes: el sensor, integrado por una fuente de Am-241(Be) de 37 MBq y por el detector de neutrones térmicos de He-3, y un equipo de registro (de la firma LUDLUM) utilizado en régimen de operación manual.

Datos del objeto de análisis:

- Área de combustible ECASA, Aeropuerto Internacional "José Martí".
- Tanque No. 6
- Combustible JET A-1
- Capacidad total: 5000 litros
- Capacidad operativa: 4600 litros
- Última limpieza: 26/02/2001
- Fecha de realización de la prueba: 22/11/2002

Partiendo de la información suministrada por la Dirección de la Empresa ECASA, el tanque de 12 m (No. 6) seleccionado para el ensayo estaba casi lleno, y se decidió realizar la inspección en dos direcciones:

Primero analizar la homogeneidad en la estructura de los paños (grosor, incrustación, deformación por presión, etc.) y establecer la existencia de diferencia entre estos. Segundo, realizar la inspección en la parte superior del tanque para determinar el nivel del combustible y comparar el resultado con las mediciones realizadas por el personal técnico de la empresa, empleando la técnica convencional.

RESULTADOS

a) Establecimiento de similitud en la estructura de los paños.

Para el ensayo se seleccionaron dos paños inferiores del tanque (cada uno con una altura de 1,5 m). En cada paño se escogieron arbitrariamente dos secciones y se realizaron barridas con el equipo de perfilaje neutrónico en la dirección transversal (figura 1).

Los resultados de las mediciones del conteo acumulativo en cada sección del paño se muestran en la tabla 1.

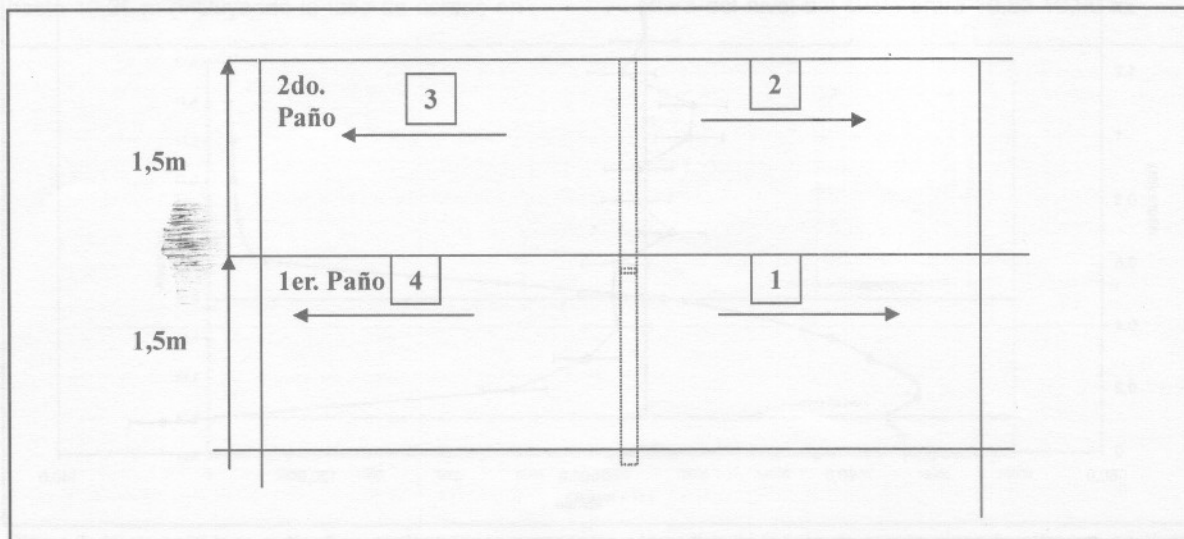


Figura 1. Esquema de las secciones analizadas en los paños inferiores del tanque.

(—————> Dirección del barrido realizado a 1,4 m de altura en cada paño).

Tabla 1. Resultados del perfilaje neutrónico en dos secciones de los paños inferiores del tanque No. 6

Denominación	Primer Paño		Segundo Paño	
	Sección 1	Sección 4	Sección 2	Sección 3
Conteos Promedios (Kc/min)	92,5	91,2	104,4	101
Desviación estándar	1,19	1,38	1,8	1,95
Error relativo (%)	1,3	1,5	1,7	1,9

Dentro del error experimental de la técnica se puede aseverar que las secciones en cada paño analizado poseen estructuras similares (grosor), sin embargo existen diferencias significativas de estructura entre un paño y otro. Asumiendo, que el combustible contenido en el tanque es homogéneo, los resultados señalan que el segundo paño presenta menor grosor o más desgaste que el primer paño (mayor tasa de conteo de los neutrones retrodispersados).

También es posible que las diferencias sean debido al proceso de fabricación de los paños o que el paño inferior esté reforzado como en ocasiones suele ocurrir en este tipo de construcciones, especialmente en su parte más baja.

Para comprobar esta última suposición, se realizó un barrido vertical del paño inferior de arriba (a 1,5 m) hacia abajo (hasta 0,1 m del nivel del suelo). Los resultados se muestran en la figura 2.

Como se observa, descendiendo hasta una altura del nivel del piso de 0,4 m, la tasa de conteo

promedio se mantiene prácticamente constante e igual que en la experiencia previa de comparación de la estructura de los paños, reafirmando la idea de que se trata de un paño reforzado, de mayor grosor que el paño superior. El aumento tan marcado de la tasa de conteo a medida que nos acercamos al nivel del piso (que en muchas ocasiones sucede por contener el suelo circundante, elementos ligeros que adicionalmente incrementan el número de neutrones retrodispersados), se le puede atribuir al agua de lluvia acumulada en las cercanías del paño y ello introduce un aumento adicional en la tasa de conteo. De todo esto se infiere, que este tipo de ensayo no es recomendable llevarlo a cabo en instalaciones abiertas en días lluviosos por el ruido que introduce el agua.

Este tipo de diagnóstico del estado preventivo de los paños que conforman el tanque, puede ofrecer información sobre una posible deformación en la estructura (desgaste) y señalarle a la Empresa el momento de realizar el mantenimiento parcial o general de la instalación.

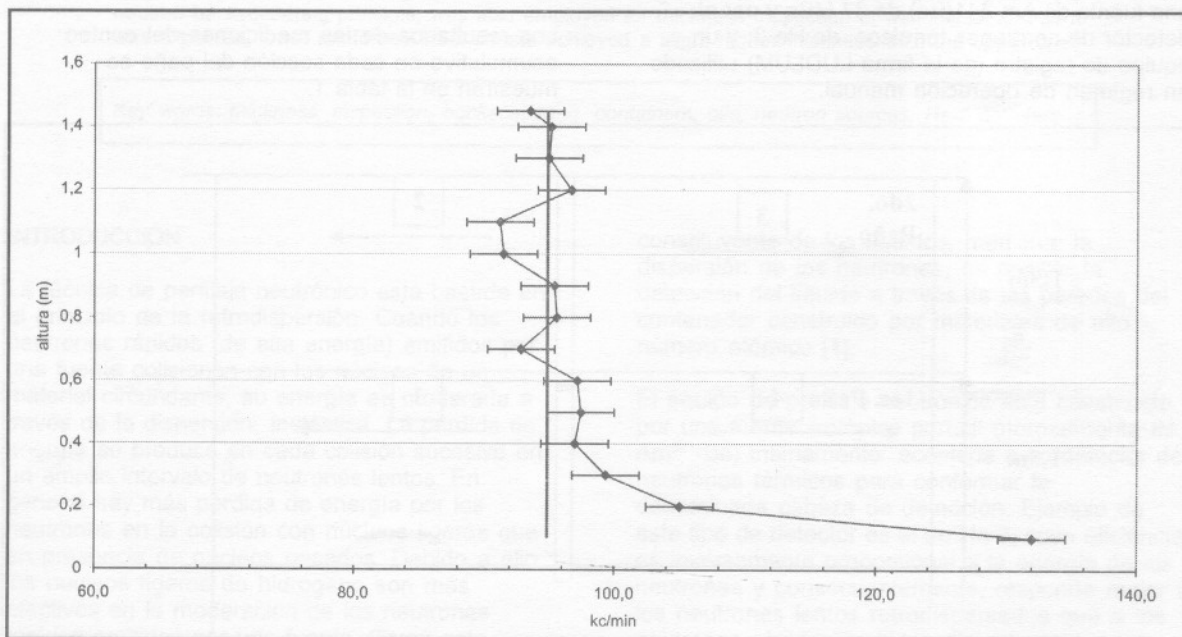


Figura 2. Perfilaje neutrónico vertical al primer paño del tanque No. 6.

b) Determinación del nivel de combustible en el tanque No. 6.

Para llevar a cabo esta experiencia, desde el techo del tanque "se dejó caer" una plomada unida a un metro, con el cual se fue marcando cada 10 cm la altura inversa en el último paño y de forma similar en el penúltimo. Luego de este primer barrido, se realizó un segundo más fino (cada 5 cm) a las distancias cercanas donde se había detectado el aumento de la tasa de conteo. Los resultados se muestran en la tabla 2.

Tabla 2. Tasa de conteos del perfilaje neutrónico en función de la altura del tanque No. 6 (en negritas, la costura de unión del último paño con el penúltimo)

Tasa de Conteos	Altura (m)
548	11,6
565	11,5
523	11,4
616	11,3
647	11,2
782	11,1
1413	11
11 307	10,9
15 454	10,8
16 395	10,75
17 432	10,7
17 592	10,65
16 845	10,6
17 201	10,55
17 315	10,45
17 466	10,35
17 133	10,25

A la altura de los 11 m se observa, un aumento de la tasa de conteo indicando la cercanía de la fase del combustible (el menor conteo observado a alturas superiores es indicio de vacío, ausencia de líquido). Desde un nivel de altura de 10,8 m hasta 10,25 m (incluyendo la tasa de conteo en

las costuras de los dos paños, la línea recta vertical), la tasa de conteo promedio 16981 ± 479 , no incluye la tasa de conteo (dentro del error relativo) perteneciente a la altura de 10,9 m, pero el aumento brusco del conteo a esa altura es un indicio de que el nivel del líquido se debe encontrar en este punto.

Para hallar de forma más exacta el nivel del combustible acudimos a un procedimiento matemático. Como se conoce para hallar el punto de inflexión en una función (la altura en la que se produce el cambio en la tasa de conteos, correspondiente al nivel del combustible) se puede determinar la derivada de esta función, la cual presenta un valor mínimo en el valor correspondiente al nivel del combustible. Los resultados de este procedimiento matemático se muestran en la figura 3.

Con el objetivo de poder visualizar ambas curvas en un mismo gráfico y en una misma escala, utilizamos el artificio matemático de invertir la derivada (en lugar de un mínimo, obtener un máximo) y multiplicar por un factor cercano a los valores de la tasa de conteo.

De acuerdo con esta gráfica, el nivel del líquido se encuentra a una altura de 10,90 m, sin embargo la configuración geométrica del equipo de perfilaje neutrónico (la disposición de la fuente de neutrones y el detector de neutrones térmicos) no permite diferenciar niveles en el orden de los 5 cm, de ahí que la altura del nivel del líquido en el tanque No. 6 en el momento de realización de estos ensayos se puede encontrar en el intervalo entre 10,85-10,90 m.

Una segunda prueba realizada, siguiendo el mismo procedimiento, arrojó resultados similares, es decir, el nivel del combustible contenido en el tanque No. 6 se hallaba a una altura del nivel del suelo entre 10,85-10,90 m.

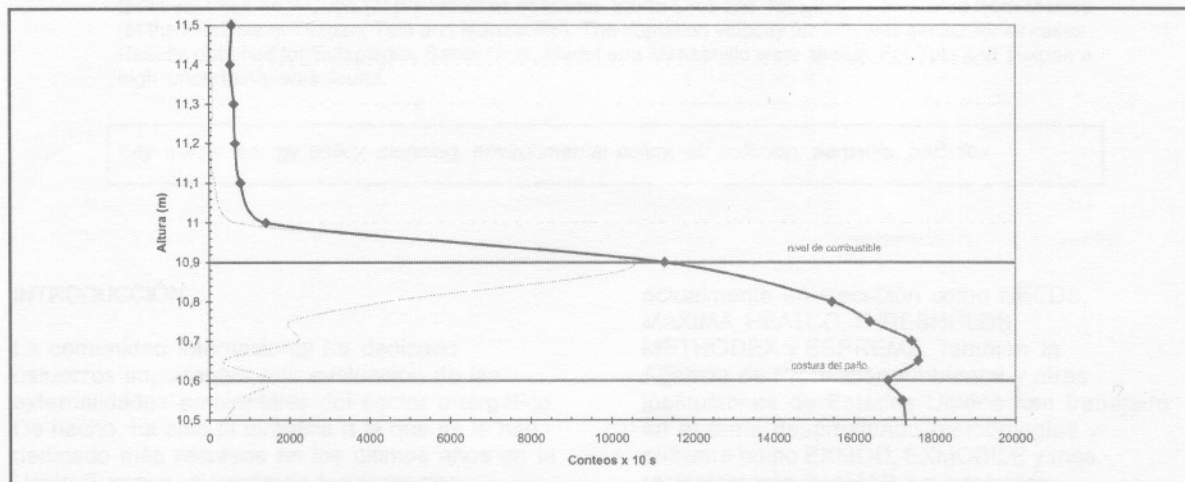


Figura 3. Altura en el tanque No. 6 vs conteos (línea gruesa: los promedios de la tasa de conteo, línea fina: la derivada).

Estos resultados están en plena concordancia con los que se habían obtenido anteriormente por la técnica convencional a partir de mediciones colaterales y cálculos matemáticos, los cuales presentan el inconveniente del alto consumo de tiempo que requieren para su realización. Todo ello confirma las potencialidades del perfilaje neutrónico para este tipo de actividad.

CONCLUSIONES

Existen evidencias de que por lo menos los dos paños inferiores del tanque No. 6 con Jet A-1 del área de combustible de ECASA, no son similares en su estructura. El perfilaje neutrónico mostró que el segundo paño presenta menor grosor que el primero, y que el paño inferior está reforzado, como es habitual en la construcción de estos dispositivos de almacenamiento.

El aumento de la tasa de conteo al llegar al fondo del tanque es producto de la presencia de agua en sus cercanías por causa de la lluvia que se produjo momentos antes de iniciar el ensayo, por lo que la técnica no se debe realizar en estas condiciones.

Las experiencias realizadas para la determinación del nivel del combustible, utilizando la técnica de perfilaje neutrónico, mostró que éste se encontraba a la altura comprendida entre 10,85-10,90 m, resultado que concuerda con el obtenido

por el método convencional y que verifica que esta técnica se puede utilizar con éxito en la determinación rápida del nivel de combustible.

AGRADECIMIENTOS

Al Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), por el donativo del equipo de perfilaje neutrónico y por facilitar y promover la capacitación y adiestramiento de esta técnica a través del experto Mario Cano.

A la dirección del área de combustible de ECASA, en especial al subdirector Orlando Quevedo Veitia y a los cuadros técnicos de dicha área por la atención y las facilidades de trabajo brindada durante la prueba, y que mediante la autorización para la realización del trabajo mostraron perspicacia y visión futura para valorar las posibilidades de esta técnica de diagnóstico para el mantenimiento del área bajo su dirección.

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

- [1] Guidebook on Radiosotope Tracers in Industry. Technical Reports Series No. 316, IAEA; Vienna (1990).
- [2] HILLS, A. E., Practical Guidebook for Radioisotope-based Technology in Industry, IAEA/RCA RAS/8/078, 1999.
- [3] CANO, P. M. y otros, Aplicaciones Industriales de Radiotrazadores y Fuentes Selladas de Radiación, Proyecto RLA/8/024 (ARCAL XLIII), 2000.

VELOCIDADES DE DECAIMIENTO DE CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS PARA MEJORAR LA MODELACIÓN SIMPLIFICADA DE LA DISPERSIÓN REGIONAL

Madeleine Sánchez Gácita, Leonor Turtós Carbonell, José de Jesús Rivero Oliva

Centro de Gestión de la Información y Desarrollo de la Energía (CUBAENERGÍA)
Calle 20 N° 4111 e/ 18-A y 47, Miramar, Playa, Ciudad de La Habana, Cuba

msgacita@cubaenergia.cu

Resumen

El trabajo está dirigido a la mejora del cálculo de las externalidades del sector energético a través de Metodologías Simplificadas, mediante la obtención de velocidades de decaimiento para los contaminantes primarios SO_2 , NO_x y PST (partículas en suspensión totales), así como para los aerosoles de sulfato y nitrato que se originan a partir de los primeros. El principal objetivo fue encontrar estos parámetros para diferentes casos, con vistas a brindar un conjunto de valores para los mismos en el área geográfica, entre los cuales está seleccionar los más representativos para su utilización en futuros estudios que por razones de datos, tiempo o falta de personal adiestrado recurran a una modelación simplificada de la dispersión regional. Se seleccionaron seis centrales termoeléctricas, tres en Cuba en las localidades de Mariel, Santa Cruz y Tallapiedra y tres en México localizadas en Tuxpan, Tula y Manzanillo, para las cuales se obtuvieron valores de las velocidades de decaimiento de los contaminantes considerados a partir de estudios detallados de la dispersión regional de éstos. El valor obtenido para la velocidad de decaimiento del SO_2 es similar en todos los casos. Los resultados para las plantas de Tallapiedra, Santa Cruz, Mariel y Manzanillo son muy cercanos entre sí. Para Tula y Tuxpan se obtuvo una mayor incertidumbre en la estimación.

DEPLETION VELOCITIES FOR ATMOSPHERIC POLLUTANTS ORIENTED TO IMPROVE THE SIMPLIFIED REGIONAL DISPERSION MODELLING

Abstract

The present work is aimed to improve externalities assessment using Simplified Methodologies, through the obtaining of depletion velocities for primary pollutants SO_2 , NO_x and TSP (Total Suspended Particles) and for sulfate and nitrate aerosols, the secondary pollutants created from the first ones. The main goal proposed was to estimate these values for different cases, in order to have an ensemble of values for the geographic area, among which the most representative could be selected for using it in future studies that appeal to a simplified methodology for the regional dispersion assessment, taking into account the requirements of data, qualified manpower and time for a detailed approach. The results were obtained using detailed studies of the regional dispersion that were conducted for six power facilities, three from Cuba (at the localities of Mariel, Santa Cruz and Tallapiedra) and three from México (at the localities of Tuxpan, Tula and Manzanillo). The depletion velocity for SO_2 was similar for all cases. Results obtained for Tallapiedra, Santa Cruz, Mariel and Manzanillo were similar. For Tula and Tuxpan a high uncertainty was found.

Key words: energy policy, planning, environmental policy, air pollution, aerosols, particles

INTRODUCCIÓN

La comunidad internacional ha dedicado esfuerzos importantes a la evaluación de las externalidades ambientales del sector energético. De hecho, ha sido la temática a la que se le han dedicado más recursos en los últimos años en la Unión Europea, a través de los proyectos ExternE (Externalities of Energy, desarrollado desde 1992 hasta el 2001 [1]), NewExt (del 2001 al 2003), ExternE-POL (del 2002 al 2004) y otros

actualmente en ejecución como NEEDS, MAXIMA, HEATCO, THRESHOLDS, METHODEX y ESPREME. También la Agencia de Protección Ambiental y otras instituciones de Estados Unidos han trabajado en el tema desarrollando metodologías y software como EXMOD, EXMOBILE y más recientemente BenMAP. La adecuada internalización de las externalidades ambientales traería consecuencias de gran importancia en el panorama energético mundial, ya que la

competitividad de la energía fósil disminuiría con relación a otras más limpias, como la energía nuclear y las energías renovables.

En el marco de ExternE se desarrolló la metodología de Vías de Impacto (Impact Pathway Methodology), que permite realizar evaluaciones completas de cadenas energéticas y determinar los costos externos asociados a ellas. La metodología desarrollada fue integrada en un software, EcoSense, que se aplicó a todos los países de la Unión Europea [2], América del Sur, Rusia y China. La metodología Vías de Impacto es la aproximación más refinada para determinar los costos externos pero su implementación detallada requiere de una amplia gama de datos y estudios preliminares, lo que ha limitado su aplicación en los países en vías de desarrollo. En su lugar, varios países de la región como México, Costa Rica y Cuba han empleado "metodologías simplificadas".

SIMPACTS, software que agrupa las Metodologías Simplificadas, es desarrollado y distribuido por el Organismo Internacional de Energía Atómica, como alternativa a los estudios detallados; permite la estimación de los impactos físicos y los costos del daño a la salud humana y el ambiente de diferentes opciones de producción de electricidad de una manera más sencilla, con un nivel de complejidad escalonado en dependencia de los parámetros disponibles para cada caso. La metodología de SIMPACTS es transparente, fácil de implementar, requiere de datos de entrada comparativamente modestos y proporciona resultados que son razonablemente exactos y fiables comparados con los obtenidos de los programas más sofisticados de valoración de impactos medioambientales.

SIMPACTS está concebido para obtener un impacto aproximado, pero su papel no es reemplazar un análisis de impacto medioambiental detallado. Más bien, ambos deben complementarse. Las Metodologías Simplificadas permiten obtener estimaciones en los casos en que los datos de entrada no están disponibles para realizar un análisis detallado y realizar un chequeo de los resultados de las valoraciones obtenidas por éste. A su vez los análisis detallados permiten mejorar numerosos coeficientes que utiliza Metodologías Simplificadas y por tanto mejorar sus resultados.

Uno de los modelos incluidos en SIMPACTS contiene todos los elementos de las metodologías de Vías de Impacto a excepción de la dispersión regional de los contaminantes atmosféricos, donde los contaminantes primarios se transforman en otros tan o más tóxicos y agresivos al medio. Los estudios realizados han comprobado, que los principales impactos sobre la salud humana de muchos de los contaminantes primarios como, por ejemplo los óxidos de azufre y nitrógeno, no son los

provocados por ellos directamente, sino por los aerosoles de sulfato y nitrato en que se transforman durante la dispersión a escala regional [3].

En Cuba se logró modelar recientemente la dispersión regional de contaminantes [4] implementando el Windrose Trajectory Model (WTM) [5-8], desarrollado en el marco del proyecto ExternE a partir del Harwell Trajectory Model (HTM).

La modelación de la dispersión regional permite estimar las velocidades de decaimiento de los contaminantes, que constituyen parámetros clave en las Metodologías Simplificadas. Las velocidades de decaimiento de los contaminantes (k) representan en un valor único, todos los mecanismos de remoción del contaminante de la atmósfera (deposición seca y húmeda y transformación a otros contaminantes), permitiendo modelar la dispersión regional de forma simplificada. Hasta el momento los países del área que han aplicado SIMPACTS, han utilizado velocidades de decaimiento calculadas para otras zonas del planeta, pues no se han reportado valores para la región. Este trabajo recoge la metodología para estimar las velocidades de decaimiento, por primera vez en nuestro país; así como los valores obtenidos para tres centrales termoeléctricas (CTE) en Cuba y tres en México.

METODOLOGÍA

Las Metodologías Simplificadas proponen estimar las concentraciones de contaminantes primarios y secundarios mediante la utilización de un modelo matemático simplificado para predecir los cambios en la concentración en función de la distancia de la fuente como resultado de las emisiones generadas por ella [6]. El tratamiento matemático a seguir es diferente para especies primarias y secundarias y parte de las siguientes aproximaciones como premisa:

- Estados estacionarios.
- Los contaminantes se encuentran completamente mezclados en toda la capa de mezcla.
- La magnitud del viento es constante para todo el dominio considerado y la probabilidad de ocurrencia es igual para todas las direcciones.
- La altura de la capa de mezcla es uniforme para todo el dominio considerado.

En el caso de los contaminantes primarios estas consideraciones conducen a la siguiente solución teórica:

$$C_P = \frac{Q}{2\pi u h_{mix} r} e^{-\frac{k_P}{u h_{mix}} r} = \frac{A_P}{r} e^{B_P r}$$

donde:

Q , Flujo de contaminantes emitidos, $\mu\text{g}/\text{seg}$

h_{mix} , Altura de la capa de mezcla, m

u , Velocidad del viento, m/seg

r , Distancia de la fuente al receptor, m

$$A_p = Q / (2\pi u h_{\text{mix}})$$

$$B_p = -k_p / (u h_{\text{mix}})$$

$k_p = -(QB_p) / (2\pi A_p)$, velocidad de decaimiento del contaminante primario, m/seg.

Para contaminantes secundarios se obtiene:

$$C_s = \frac{Q}{2\pi u h_{\text{mix}} r} \left(\frac{k_{p \rightarrow s}}{k_s - k_p} \right) \left[e^{-\frac{k_p r}{u h_{\text{mix}}}} - e^{-\frac{k_s r}{u h_{\text{mix}}}} \right] = \frac{A_s}{r} [e^{B_p r} - e^{B_s r}]$$

donde:

$$A_s = (A_p k_{p \rightarrow s}) / (k_s - k_p)$$

$$B_s = -k_s / (u h_{\text{mix}})$$

k_s , velocidad de decaimiento del contaminante secundario, m/seg

$k_{p \rightarrow s}$, velocidad de decaimiento del contaminante primario al secundario, m/seg

$$k_{s, \text{eff}} = k_p k_s / k_{p \rightarrow s} = -(QB_p B_s) / (2\pi A_s [B_s - B_p]),$$

velocidad efectiva de decaimiento del contaminante secundario, m/seg.

Los coeficientes desconocidos que resultan se estiman mediante estudios de regresión a partir de los incrementos de la concentración de los diferentes contaminantes a distancias variables de la fuente emisora, los cuales son obtenidos de la modelación detallada de la dispersión regional de dichos contaminantes. Las concentraciones obtenidas para cada celda se grafican en función de la distancia a la fuente emisora. Posteriormente los puntos obtenidos son ajustados a las curvas teóricas esperadas, obteniéndose los parámetros a partir de los cuales se determinan las velocidades de decaimiento para cada contaminante.

Modelación de la dispersión regional

La modelación de la dispersión regional de los contaminantes se realizó con el modelo climatológico Windrose Trajectory Model (WTM). Se trata de un modelo Lagrangiano, orientado al receptor y de tipo rosa de los vientos, que diferencia entre 24 sectores de la rosa de los vientos. El mecanismo químico considerado es consistente con el descrito en las referencias [5-7] para el modelo de Harwell, del cual es una versión mejorada, ya que a diferencia de éste puede considerar hasta 24 velocidades promedio

del viento en cada celda, mientras que el modelo de Harwell solo considera una velocidad media única para todo el dominio, entre otras diferencias importantes. Los datos requeridos son precipitaciones y rosa de los vientos, así como las emisiones de SO_2 y NO_x clasificadas en altas y bajas y las de NH_3 , representativos para cada celda y referidos a un año.

El dominio estudiado abarca el Caribe, México y parte de América Central, con un total de 7200 celdas distribuidas en una red de 120 x 60 con paso de 55 Km. El procedimiento general para obtener el incremento en la concentración provocado por una fuente consistió en realizar dos corridas del modelo WTM: en primer lugar se analiza un escenario base con las emisiones altas y bajas de SO_2 y NO_x , y las emisiones de NH_3 , en el cual no se consideran las emisiones de la fuente; el segundo análisis se realiza al añadir las emisiones de la fuente en estudio, incluyendo las emisiones de partículas. Para los casos de Cuba, las emisiones de partículas en suspensión total (PST), incluye solamente PM_{10} , es decir, material particulado de diámetro aerodinámico inferior a 10 μm .

El período estudiado abarca los cinco años comprendidos entre el 2000 y el 2004, obteniéndose promedios anuales de las variables meteorológicas para cada celda en el período. Los valores de las velocidades de reacción y los parámetros que describen el proceso de deposición son únicos para todo el dominio y se extrajeron de las referencias citadas, siendo posteriormente revisados con el objetivo de obtener valores más apropiados para la región estudiada, según la metodología descrita por Trukenmuller *et al.* [7]. Siguiendo esta misma metodología se obtienen otros parámetros necesarios para la modelación, como el ángulo de elevación solar, la temperatura media en la superficie y la correspondiente al nivel de presión de 925 mb, así como las concentraciones del radical hidroxilo y de ozono.

RESULTADOS

Por la complejidad del estudio detallado de la dispersión regional se seleccionaron solo seis casos de estudio, tres de ellos en Cuba y los tres restantes en México. La ubicación geográfica de las plantas se aprecia en la figura 1, así como el dominio de modelación. La tabla 1 presenta, además las emisiones y la altura a la cual éstas son liberadas a la atmósfera. Las plantas en México se seleccionaron atendiendo a su representatividad, mientras que las plantas de Cuba se escogieron cercanas, aunque de diferentes características para valorar la influencia de la altura y la magnitud de las emisiones bajo condiciones meteorológicas y emisiones de fondo similares.

Las velocidades de decaimiento obtenidas se muestran en la tabla 2. Ejemplos de los ajustes

realizados se muestran en las figuras, 2, 3 y 4, para la CTE ubicada en Santa Cruz, Cuba. Como se esperaba, los valores obtenidos para las velocidades de decaimiento de los diferentes contaminantes son comparables para la mayoría

de los casos estudiados y muestran un comportamiento diferente al obtenido para otras áreas del mundo [8]; particularmente para el SO_2 se obtienen valores cercanos a 1,00 en todas las CTEs estudiadas.

Tabla 1. Localización y emisiones de las instalaciones energéticas estudiadas

Nombre	Longitud	Latitud	Altura de emisión	NO_x (ton/año)	SO_2 (ton/año)	PST (ton/año)
Tallapiedra	82,35 O	23,12 N	Baja	536	6,211	271
Santa Cruz	81,95 O	23,16 N	Alta	2,591	71,585	2,963
Mariel	82,75 O	23,02 N	Baja	3,776	98,060	4,064
Tuxpan	97,32 O	21,01 N	Alta	21,338	256,567	16,651
Manzanillo	104,32 O	19,02 N	Alta	25,730	212,014	13,769
Tula	99,26 O	20,05 N	Baja	16,361	150,691	9,905

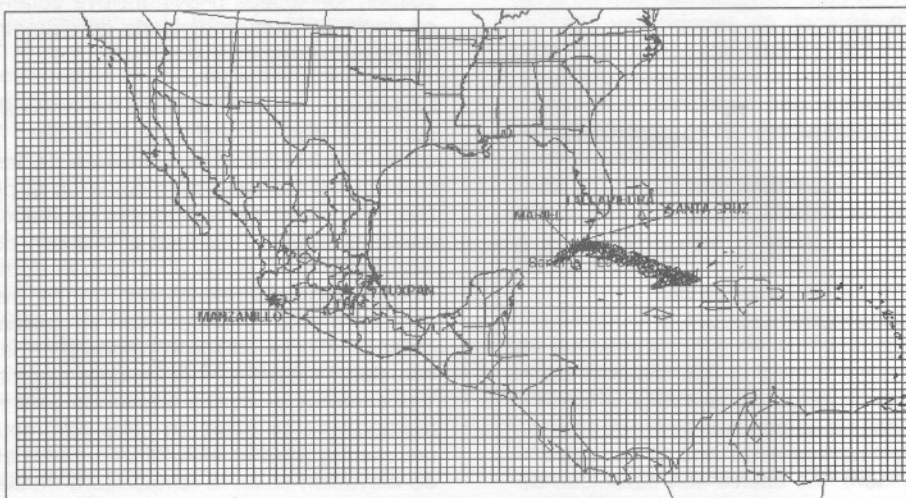


Figura 1. Dominio modelado y localización de los casos de estudio.

Tabla 2. Velocidades de decaimiento obtenidas

Instalación	k_{SO_x} (cm/s)	$k_{\text{SO}_2^{20}}$ (cm/s)	k_{NO_x} (cm/s)	$k_{\text{NO}_3^0}$ (cm/s)	$k_{\text{PM}_{10}}$ (cm/s)
Tallapiedra	$1,00 \pm 0,06$	$0,54 \pm 0,14$	$2,54 \pm 0,20$	$0,58 \pm 0,05$	$0,62 \pm 0,04$
Santa Cruz	$0,98 \pm 0,06$	$0,53 \pm 0,14$	$2,55 \pm 0,20$	$0,85 \pm 0,09$	$0,61 \pm 0,04$
Mariel	$0,98 \pm 0,06$	$0,52 \pm 0,14$	$2,59 \pm 0,20$	$0,74 \pm 0,08$	$0,56 \pm 0,04$
Tuxpan	$1,10 \pm 0,05$	$1,15 \pm 0,49$ *	$2,48 \pm 0,17$	$1,73 \pm 0,40$	$1,32 \pm 0,08$
Manzanillo	$1,01 \pm 0,03$	$0,55 \pm 0,04$	$2,22 \pm 0,11$	$0,73 \pm 0,03$	$0,70 \pm 0,02$
Tula	$1,09 \pm 0,05$	$1,19 \pm 0,46$	$0,81 \pm 0,04$	$2,85 \pm 1,38$	$1,13 \pm 0,06$

* Para Tuxpan, no se obtiene convergencia si todos los parámetros son ajustados. Los valores reportados son resultado de fijar el valor de B_s al obtenido de ajustar la curva de Aerosoles de Sulfato para unos datos "suavizados" (obtenidos promediando las concentraciones para cada radio).

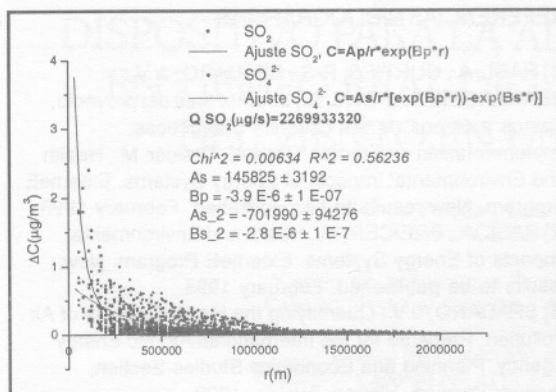


Figura 2. Ajuste de SO₂ y Aerosoles de Sulfato, Santa Cruz.

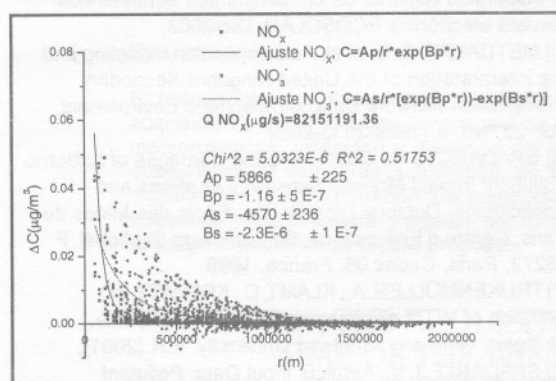


Figura 3. Ajuste para NO_x y Aerosoles de Nitrato, Santa Cruz.

Se encontró un valor similar para la velocidad de decaimiento del SO₂ en todos los casos estudiados. Las velocidades de decaimiento para los restantes contaminantes resultaron similares en las CTEs Tallapiedra, Santa Cruz, Mariel y Manzanillo, con diferencias de relativamente poca importancia. Así mismo se obtuvieron valores similares para las velocidades de decaimiento de SO₂, aerosoles de sulfato y TSP para Tula y Tuxpan, existiendo no obstante diferencias notables para el NO_x y los aerosoles de nitrato, además de una mayor incertidumbre en la estimación.

La figura 5 muestra los incrementos en la concentración de aerosoles de nitrato para Manzanillo, Tuxpan y Santa Cruz. Los niveles están escogidos en nueve intervalos iguales desde el máximo obtenido para la planta hasta una décima parte del mismo, de modo que en el límite del último nivel representado la concentración ha disminuido diez veces. Se aprecia que para Manzanillo y Santa Cruz esto ocurre aproximadamente a la misma distancia de la fuente mientras que para Tuxpan ocurre a una distancia menor, de aquí que se obtenga en este caso una mayor velocidad de decaimiento para este contaminante.

Los casos de Tula y Tuxpan presentan incrementos más extendidos en un sector angular

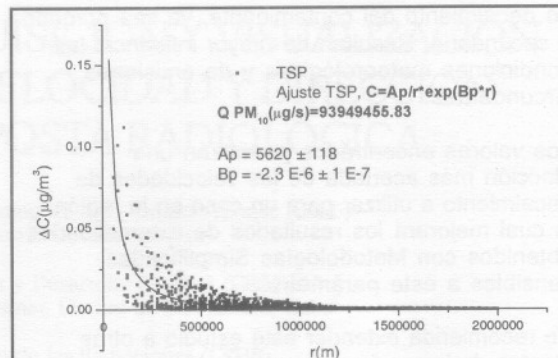


Figura 4. Ajuste para TSP, Santa Cruz.

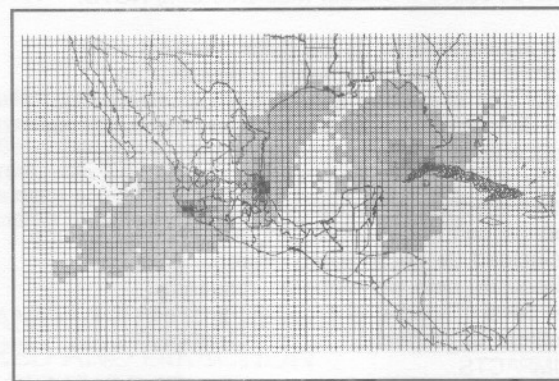


Figura 5. Incrementos de NO₃ CTEs Manzanillo, Tuxpan y Santa Cruz.

estrecho mientras que para las restantes direcciones los incrementos desaparecen rápidamente. En cambio, las restantes cuatro plantas presentaron incrementos extendidos en un sector angular más amplio. Esto explica que Tuxpan y Tula presenten en general ajustes de baja calidad, llegando incluso a no converger para los aerosoles de sulfato en el caso de Tuxpan, si no se asumen condiciones que pudieran limitar la confiabilidad del resultado, lo cual se debe a que la solución teórica obtenida, a la cual se le realiza el ajuste, no contiene dependencia angular.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se obtuvieron valores para las velocidades de decaimiento de seis CTEs en el área de América Central, México y el Caribe, quedando implementada la metodología para la obtención de este resultado por primera vez en nuestro país. Los valores obtenidos para las velocidades de decaimiento se encuentran en el intervalo de valores obtenidos para estas magnitudes en otras zonas geográficas.

Las plantas cubanas presentaron un comportamiento similar. Ello pone de manifiesto que no resulta significativa la influencia del volumen de emisiones y la altura a la cual estas son liberadas a la atmósfera sobre la velocidad

de decaimiento del contaminante, ya sea primario o secundario. Resultan de mayor influencia las condiciones meteorológicas y de emisiones circundantes.

Los valores encontrados permitirán una elección más acertada de las velocidades de decaimiento a utilizar para un caso en la región, lo cual mejorará los resultados de externalidades obtenidos con Metodologías Simplificadas, sensibles a este parámetro.

Se recomienda extender este estudio a otras plantas de la región para caracterizar mejor el dominio estudiado, lo cual facilitaría aún más la selección de los valores apropiados para los futuros casos a evaluar mediante SIMPACTS.

Un suavizamiento de los datos, por otra parte, contribuiría favorablemente a disminuir el error con el cual se determinan las velocidades de decaimiento, obteniéndose un único valor de concentración para cada radio, con un menor error y mejores posibilidades de ajuste. Otra posibilidad sería realizar el ajuste para la solución teórica con dependencia angular, obteniendo una velocidad de decaimiento diferente para cada dirección; esto sin embargo resultaría de poca utilidad si el propósito final es estimar la dispersión regional usando SIMPACTS.

AGRADECIMIENTOS

A Alfred Trukenmuller y Joe Spadaro, por su inestimable ayuda.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] RABL, A., CURTISS, P. S., SPADARO, J. V., HERNÁNDEZ, B., PONS, A., Informe final del proyecto, Costos externos de las cadenas energéticas: Implementación en Francia. París A., Dreicer, M., Health and Environmental Impacts of Energy Systems. ExterneE Program. New results to be published. February 1998.
- [2] RABL, A., DREICER, M., Health and Environmental Impacts of Energy Systems. ExterneE Program. New results to be published. February 1998.
- [3] SPADARO, J.V., Quantifying the Health Impacts of Air Pollution, Prepared for the International Atomic Energy Agency, Planning and Economics Studies Section, Nuclear Division, Vienna, Austria. 1999.
- [4] SÁNCHEZ, G. M., TURTÓS, L., Sistema para cálculo de la dispersión regional de contaminantes atmosféricos, Revista electrónica ECOSOLAR, Dic-2003.
- [5] METCALFE, S. E. et al, Acid deposition modeling and the interpretation of the United Kingdom Secondary Precipitation Network Data. Atmospheric Environment, Vol. 23, No. 9 (1989)2033-2052.
- [6] SPADARO, J.V., Quantifying the Damages of Airborne Pollution: Impact Models, Sensitivity Analyses and Applications, Doctoral Dissertation, Ecole des Mines de Paris, Centre d'Energetique, 60 Boulevard St.Michel, F 75272, Paris, Cedex 06, France, 1999.
- [7] TRUKENMÜLLER, A., KLAMT, C., KREWITT, W., Revision of WTM parameters for EcoSense China, Stuttgart, Germany: Stuttgart University, IER (2001).
- [8] SPADARO, J. V., Airpacts Input Data: Pollutant Inventory (Version 1.0), A tool for assessing the environmental impacts and damage costs to human health, agricultural crops and man-made structures from exposure to routine atmospheric emissions. Prepared for the International Atomic Energy Agency (IAEA), Vienna, Austria, October 2002.

DISPOSITIVO PARA LA ADQUISICIÓN Y VISUALIZACIÓN EN TIEMPO REAL DE LA VELOCIDAD Y DIRECCIÓN DEL VIENTO EN UNA POSTA RADIOLÓGICA

Luis Miguel Ledo Pereda¹, Orlando Domínguez Ley², Dolores Alonso Abad²,
Rolando Guibert Gala¹, Enma O. Ramos Viltre²

¹Centro de Aplicaciones Tecnológicas y Desarrollo Nuclear (CEADEN)
Calle 30 N° 502 e/ 5ta y 7ma Ave. Miramar, Ciudad de La Habana, Cuba

²Centro de Protección e Higiene de las Radiaciones (CPHR)
Calle 20 N° 4113 e/ 41 y 47, Playa, La Habana, Cuba

ledo@ceaden.edu.cu, orlando@cphr.edu.cu

Resumen

El trabajo muestra el desarrollo, construcción y puesta a punto de un dispositivo destinado a la adquisición y transmisión en tiempo real de la información sobre el comportamiento de las variables meteorológicas: velocidad y dirección del viento. Se introduce por primera vez en un puesto de observación el monitoreo automático, en tiempo real, utilizando las herramientas que ofrece la digitalización de la información y la computación. Los datos obtenidos son registrados en una PC, se visualizan adecuadamente y pueden ser objeto de análisis posteriores. Se desarrolló el programa de aplicación Autoclima para este propósito.

DEVICE FOR THE ACQUISITION AND VISUALIZATION ON REAL TIME OF THE WIND SPEED AND DIRECTION AT A RADIOLOGICAL POST

Abstract

The paper pictures the development and construction of a device capable of acquiring and transmitting the information on the behavior of the wind speed and direction, on real time. It is first time introduced at an observation post this kind of monitoring performed automatically, on real time, using computational and digitizing tools, while a PC for its later analysis and visualization registers the provided data. For that purpose an application program Autoclima was developed.

Key words: wind, velocity, monitoring, computer calculations, environment, regional analysis, data processing, radiation protection

INTRODUCCIÓN

La Red Nacional de Vigilancia Radiológica Ambiental (RNVRA) tiene entre sus funciones controlar los principales indicadores de contaminación radiactiva, dirigido a la detección y evaluación de accidentes radiológicos. Para este propósito se necesita de la información sobre la velocidad y dirección del viento con el fin de evaluar el impacto radiológico de una posible contaminación radiactiva del territorio nacional [1], [2].

El registro de esta información en la posta radiológica de occidente de la RNVRA, que se encuentra en el Centro de Protección e Higiene de las Radiaciones (CPHR), se realizaba con el uso de los instrumentos clásicos que registran

mecánicamente, sobre papel milimetrado, durante un tiempo limitado los valores de las variables meteorológicas. Para obtener la información de las variables, era necesario trasladarse hasta el equipo registrador periódicamente y de una forma incómoda e imprecisa realizar la lectura para el análisis posterior de los datos.

El trabajo muestra la adquisición automática, la transmisión y visualización en tiempo real, en una PC de la información sobre el comportamiento de las variables meteorológicas de interés. Se realizó el desarrollo, construcción, montaje y puesta a punto de los circuitos impresos y electrónicos y de un software para un dispositivo capaz de cumplir con tal objetivo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El dispositivo desarrollado se compone de los siguientes bloques:

- Transductores o captadores
- Bloque de adquisición de las señales de los transductores
- Bloque de conversión y transmisión
- Bloque de las fuentes de bajo voltaje
- Software

Transductores o captadores

Son los sensores que transforman las magnitudes de la intensidad y dirección del viento en señales eléctricas proporcionales (ver explicación más adelante).

Bloque de adquisición

Consiste en una tarjeta de circuitos impresos, contenedora de los circuitos electrónicos diseñados para procesar las señales generadas por los transductores o captadores.

Dirección del viento

Dos circuitos independientes realizan el monitoreo de esta variable. Uno, el sensor de dirección del viento, mecánicamente acoplado a la caña de la veleta, cuya función es captar su posición respecto al norte geográfico (figura 1). El otro ubicado en el bloque de adquisición (figura 3), que refuerza y conforma las señales generadas por el primero.

El captador de la dirección del viento (figura 1), se construyó sobre una tarjeta de circuito impreso de forma circular, ella se inserta en la caña de la veleta y se inmoviliza con respecto a esta. El captador tiene identificados sus "puntos cardinales" y su norte se debe orientar con ayuda de una brújula hacia el norte geográfico, para garantizar la fidelidad de la lectura.

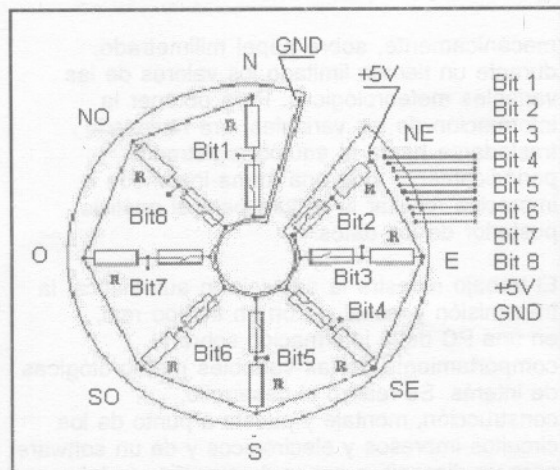


Figura 1. Sensor o captador de la dirección del viento.

La tarjeta del captador contiene 8 reed relés y resistencias dispuestos equidistantemente, que hacen la función de sensores de posición al activarse por un imán. Este imán rota con la veleta, pues está fijo a la misma en su caña a una altura adecuada sobre los reed relés (figura 2).

El imán escogido puede activar dos relés contiguos al ubicarse entre éstos. Por ello se captarán las direcciones intermedias y se incrementará a 16 la cantidad de direcciones registrables (figura 1).

Según la posición de la caña se activará al menos un relé y dos como máximo, de ahí que en las salidas del sensor que son ocho (figura 1), siempre habrá disponible una combinación de ceros y unos lógicos, exclusiva para cada una de las 16 direcciones identificables. Su aparición será indicador de que en ese momento el viento sopla desde esa dirección.

La señal de 8 bits producida en la tarjeta sensora se alimenta, a través de una cinta de cables, a las compuertas lógicas del circuito integrado (CI) MC74LS14 (figura 3), ubicado en el bloque de adquisición. Por sus características este CI es capaz de transformar los frentes lentos de los pulsos en frentes abruptos, limpios, con un mayor margen de protección contra los ruidos. Posteriormente la señal es alimentada a uno de los puertos del bloque de conversión y transmisión de la información.

Velocidad del viento

Esta información se obtiene del molinete (captador) del Anemocinómetro soviético M-57 disponible en la posta. Su señal se alimenta a la entrada del circuito de amplificación ubicado en el bloque de adquisición (figura 4). Su etapa inicial D1, 2, 3, 4, C19, 20 convierte la señal alterna del sensor en un voltaje directo (VCD), proporcional a la intensidad del viento, su respuesta es lo suficientemente rápida para seguir los cambios abruptos e intensos que pueden ocurrir.

Las señales en el dispositivo no serán mayores de 5 volts pero en situaciones favorables de intensidad del viento este nivel se puede superar, lo que significa pérdida de información. El atenuador constituido por R30, 31, 52, evita que ocurra esta situación. La señal atenuada se alimenta a la entrada del amplificador de instrumentación, construido según el esquema clásico [3]. Esta configuración garantiza una alta impedancia de entrada y la amplificación de la señal de interés, que es la que aparece aplicada en R31.

El voltaje a la salida es proporcional a: $V_{salida} = V_{entrada} \cdot (2 \cdot R5/Rg) \cdot (R2/R1)$, siempre que $R5=R6$ y $R1=R3=R4$.

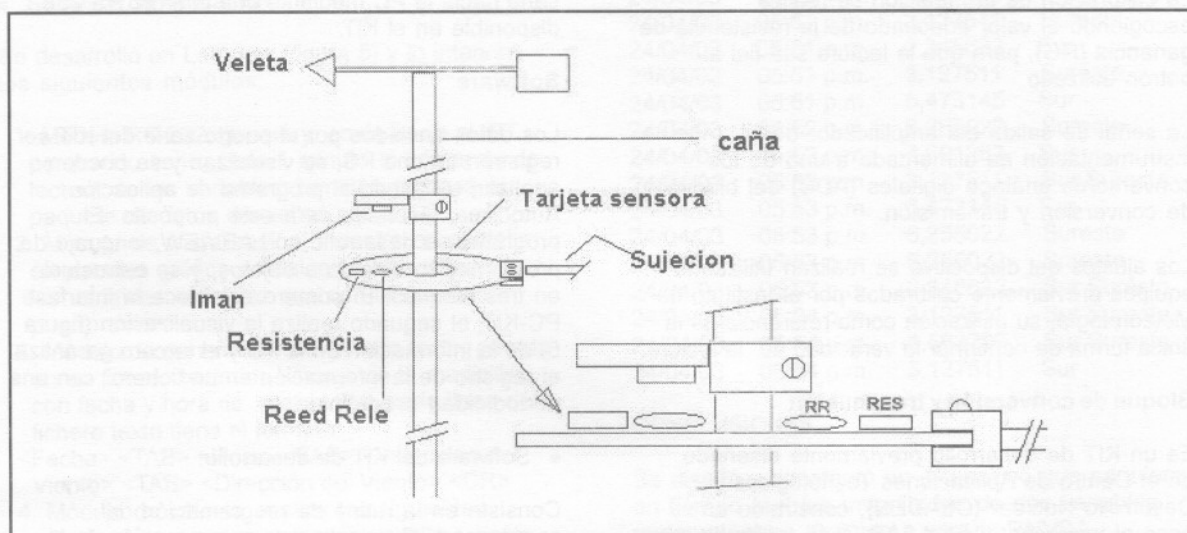


Figura 2. Esquema del sensor de la dirección del viento (ver detalle del imán).

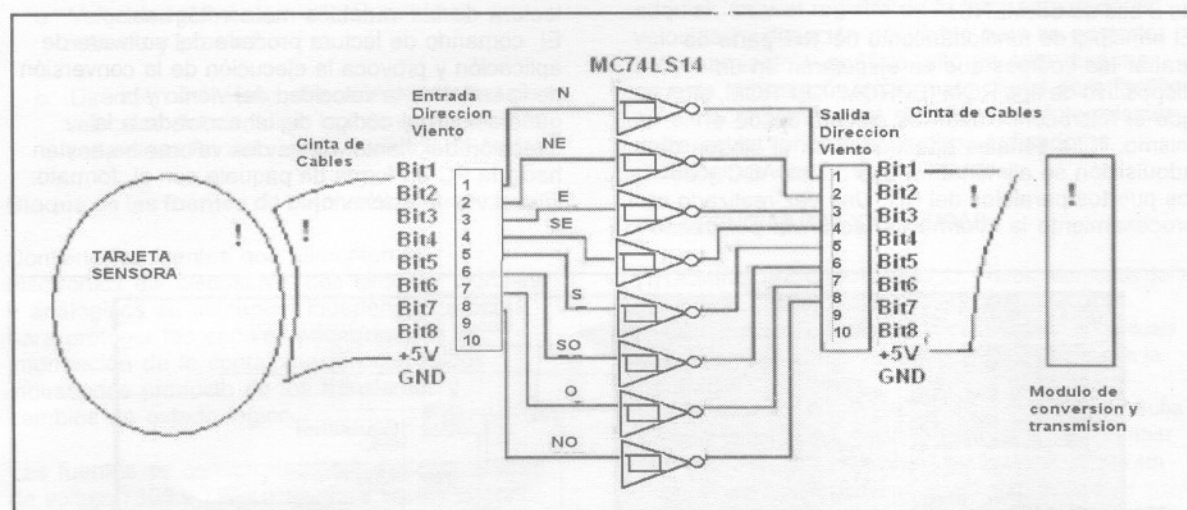


Figura 3. Circuito de conformación de los pulsos del captador de la dirección del viento.

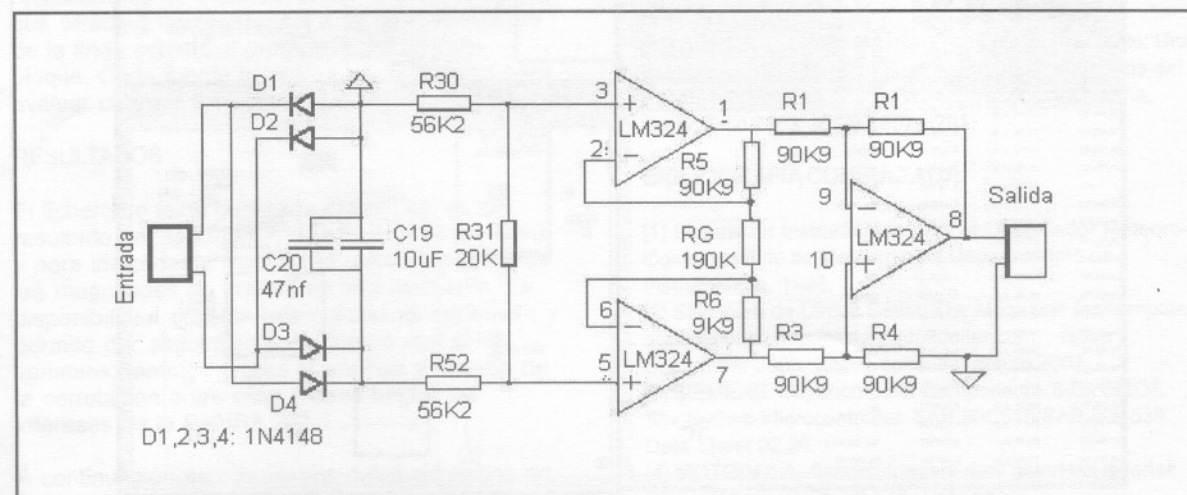


Figura 4. Amplificador de instrumentación para la señal de la velocidad del viento.

La calibración de la medición se realiza escogiendo el valor adecuado de la resistencia de ganancia (RG), para que la lectura sea fiel al patrón utilizado.

La señal de salida del amplificador de instrumentación es alimentada a uno de los conversores análogo digitales (ADC) del bloque de conversión y transmisión.

Los ajustes del dispositivo se realizan utilizando equipos previamente calibrados por el Instituto de Meteorología, su utilización como referencia es la única forma de confirmar la veracidad de la lectura.

Bloque de conversión y transmisión

Es un KIT de desarrollo previamente diseñado en el Centro de Aplicaciones Tecnológicas y Desarrollo Nuclear (CEADEN), construido en base al microcontrolador SAB C515, utilizado en otras aplicaciones [4]. El SAB C515 es miembro de la familia SAB 8051 de microcontroladores de 8 bits de SIEMENS.

El principio de funcionamiento del KIT parte de grabar los códigos que se ejecutarán en un dispositivo de tipo ROM (EPROM, EEPROM, etc.) y que el microcontrolador los ejecute desde el mismo. Las señales adecuadas en el bloque de adquisición se alimentan a uno de los ADC y de los puertos paralelos del KIT. Una vez realizado el procesamiento la información se envía por puerto

serie hacia la PC mediante una interfaz RS 232 disponible en el KIT.

Software

Los datos enviados por el puerto serie del KIT se registran en una PC, se visualizan y se pueden analizar, utilizando el programa de aplicación Autoclima, diseñado para este propósito. El programa se desarrolló en LABVIEW, lenguaje de programación dirigido a objetos, y se estructuró en tres bloques. El primero establece la interfase PC-KIT, el segundo realiza la visualización (figura 5) de la información en la PC y el tercero garantiza el registro de la información en un fichero con una periodicidad predefinida.

■ Software del KIT de desarrollo:

Consiste en la rutina de programación del conversor ADC, la rutina de programación de la RS 232 y el programa principal, que es un ciclo de espera infinita de que se reciba el comando de lectura de las variables meteorológicas. El comando de lectura procede del software de aplicación y provoca la ejecución de la conversión de la señal de la velocidad del viento y la generación del código digital asociado a la dirección del viento. Estos dos valores se envían hacia la PC en forma de paquete con el formato: @<vel.vto>#<dcion.vto>

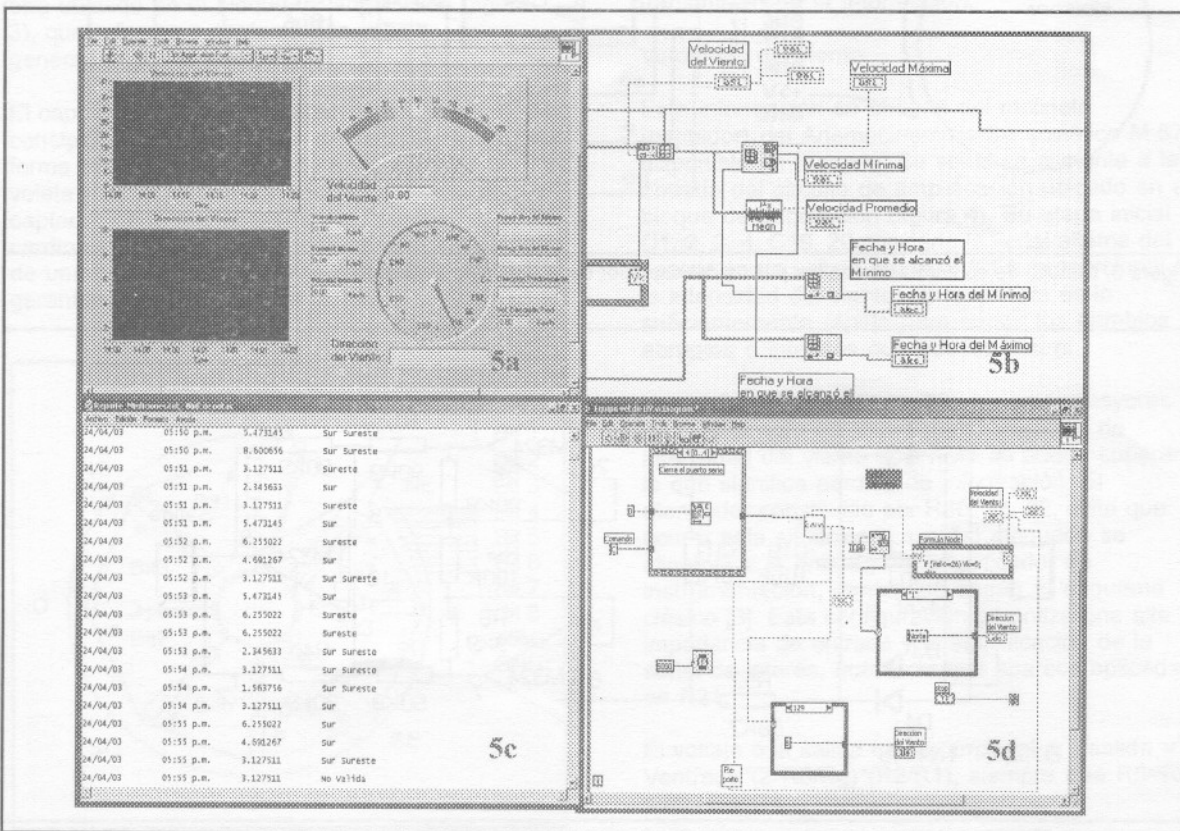


Figura 5. Software Autoclima. 5a. Pantalla principal, 5b. Programación en LabView de los módulos RS232 y de Visualización, 5c. Fichero texto generado, 5d. Programación del módulo de cálculo.

■ Software de Aplicación:

Se desarrolló en LabView (figura 5) y lo integran los siguientes módulos:

1. Módulo RS-232: genera y envía hacia el KIT, por puerto serie, cada 1 minuto el comando de lectura de las variables; también procesa el paquete de datos devueltos por el KIT.
2. Módulo de visualización: muestra en pantalla en paneles gráfico y analógico los valores de las variables cada vez que son leídos del puerto serie.
3. Módulo de generación del fichero texto: guarda en un fichero texto los valores de la medición con fecha y hora de realización; cada línea del fichero texto tiene el formato:
<Fecha> <TAB> <Hora> <TAB> <Velocidad del Viento> <TAB> <Dirección del Viento> <CR>
4. Módulo de cálculo: realiza los siguientes cálculos y procesamiento estadísticos hasta el momento de la medición:

- Velocidad del viento: valores mínimo, máximo y promedio.
- Dirección del viento: dirección predominante y velocidad del viento en la misma; minutos en cada dirección del viento y minutos de calma.

Bloque de las fuentes de bajo voltaje

Contiene las fuentes que alimentan la electrónica del dispositivo. Los circuitos digitales y analógicos se alimentan independientemente, para proteger las señales portadoras de la información de la contaminación con ruidos indeseados producto de los transientes y cambios de estado lógico.

Las fuentes se construyeron con los reguladores de voltaje 7805 y 7905 protegidos contra el corto circuito. Los reguladores se alimentan desde transformadores sellados, a través de rectificadores de onda completa. Un filtro de línea que ofrece gran resistencia a las perturbaciones de la línea comercial protege la entrada del bloque. Cada fuente incorpora un led testigo para evaluar con rapidez su estado.

RESULTADOS

El fichero de texto generado (figura 5c), es el resultado de las mediciones realizadas en fecha y hora indicadas y muestra el comportamiento de las magnitudes de interés en ese momento. La disponibilidad de esta información es inmediata y permite dar seguimiento en tiempo real a las variables, también facilita el análisis y estudio de la correlación entre ellas y otras según los intereses de la RNVRA.

A continuación se ofrecen los datos reflejados en la figura 5c.

24/04/03 05:50 p.m. 5,473145 Sur Sureste

24/04/03	05:50 p.m.	8,600656	Sur Sureste
24/04/03	05:51 p.m.	3,127511	Sureste
24/04/03	05:51 p.m.	2,345633	Sur
24/04/03	05:51 p.m.	3,127511	Sureste
24/04/03	05:51 p.m.	5,473145	Sur
24/04/03	05:52 p.m.	6,255022	Sureste
24/04/03	05:52 p.m.	4,691267	Sur
24/04/03	05:52 p.m.	3,127511	Sur Sureste
24/04/03	05:53 p.m.	5,473145	Sur
24/04/03	05:53 p.m.	6,255022	Sureste
24/04/03	05:53 p.m.	6,255022	Sureste
24/04/03	05:53 p.m.	2,345633	Sur Sureste
24/04/03	05:54 p.m.	3,127511	Sur Sureste
24/04/03	05:54 p.m.	1,563756	Sur Sureste
24/04/03	05:54 p.m.	3,127511	Sur

CONCLUSIONES

Se diseñó y construyó un dispositivo que adquiere en tiempo real las magnitudes de dos variables meteorológicas de interés para la RNVRA.

Se automatizó por primera vez en la RNVRA la adquisición y el registro de la información de la velocidad y dirección del viento para su posterior procesamiento y análisis, ello permite disponer de esta información en formato digital para facilitar su almacenamiento, el estudio de la interrelación entre estas variables con otros indicadores radiológicos objeto de monitoreo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] DOMÍNGUEZ, O., KALBERT, O. y otros, Memorias del X Taller de la Cátedra de Medio Ambiente. Julio 2004. Cuba. Automatización de la medición de la tasa de dosis gamma ambiental y de variables meteorológicas que la condicionan.
- [2] DOMÍNGUEZ, O., KALBERT, O. et al. Republic of Cuba Environmental Radiological Surveillance System Further Development and Automation. Memorias del Evento 4th International Symposium on Nuclear and Related Techniques. La Habana, Cuba, octubre 2003. ISBN 959-7136-21-X.
- [3] The Art of Electronics. Paul Horowitz Winfield Hill. Second Edition.
- [4] LARREA, P.J., HERNÁNDEZ, L. y otros, El LD-02d: Una variante de densitómetro láser automático. Memorias del Evento Internacional TECNOLASER'2003. La Habana, Cuba, Julio 2003. ISSN-1607-6281.

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

- [1] Manual de Instrumentos para el Observador Meteorológico. Instituto de Meteorología Departamento de Instrumentos, 1988.
- [2] Sitio Web de Circuit Cellar, The Magazine for computer applications. <http://www.circuitcellar.com>. Issue September 2000. Última consulta, marzo 2003.
- [3] SIEMENS. Microcomputer Components. 8-Bit CMOS Single-Chip Microcontroller. SAB 80C515/SAB 80C535. Data Sheet 02.96.
- [4] MOTOROLA. Schmitt triggers dual gate/Hex inverter. SN54/74S13, SN54/74LS14. Data sheet.
- [5] SGS-Thomson Microelectronics. Low power quad operational amplifiers. LM324. Data sheet. 1997.

REVISTAS NUCLEARES DE IMPACTO

- ANNUAL REVIEW OF NUCLEAR SCIENCE (5.471)*
- JOURNAL OF NUCLEAR MEDICINE (4.015)
- RADIOLOGY (3.800)
- NUCLEAR PHYSICS B (3.722)
- EUROPEAN JOURNAL OF NUCLEAR MEDICINE (2.690)
- ATOMIC DATA AND NUCLEAR DATA TABLES (2.545)
- NUCLEAR FUSION (2.475)
- INTERNATIONAL JOURNAL OF RADIATION ONCOLOGY BIOLOGY PHYSICS (2.321)
- RADIATION RESEARCH (2.314)
- PHYSICAL REVIEW C-NUCLEAR PHYSICS (1.842)
- NUCLEAR PHYSICS A (1.821)
- ANTIBODY IMMUNOCONJUGATES AND RADIOPHARMACEUTICALS (1.800)
- RADIOTHERAPY AND ONCOLOGY (1.799)
- AMERICAN JOURNAL OF NEURORADIOLOGY (1.733)
- ADVANCES IN RADIATION BIOLOGY (1.714)
- SEMINARS IN NUCLEAR MEDICINE (1.603)
- PROGRESS IN PARTICLE AND NUCLEAR PHYSICS (1.354)
- ZEITSCHRIFT FUR PHYSIK A-HADRONS AND NUCLEI (1.326)
- RADIOLOGIC CLINICS OF NORTH AMERICA (1.316)
- JOURNAL OF NUCLEAR MATERIALS (1.264)
- NUCLEAR INSTRUMENTS & METHODS IN PHYSICS RESEARCH SECTION A-ACCELERATORS SP
(1.188)
- IEEE TRANSACTIONS ON NUCLEAR SCIENCE (1.183)
- JOURNAL OF PHYSICS G-NUCLEAR AND PARTICLE PHYSICS (1.142)
- NUCLEAR MEDICINE AND BIOLOGY (1.132)
- NUCLEAR MEDICINE COMMUNICATIONS (1.078)
- RADIOGRAPHICS (1.078)
- CARDIOVASCULAR AND INTERVENTIONAL RADIOLOGY (1.073)
- NUCLEAR INSTRUMENTS & METHODS IN PHYSICS RESEARCH SECTION B-BEAM
INTERACTION (1.073)

() * Factor de Impacto

INSTRUCCIONES A LOS AUTORES

PARA PUBLICAR EN CIENCIAS NUCLEARES

Los artículos deben tener una extensión máxima de 10 cuartillas incluidas tablas (un máximo de 5) e ilustraciones (un máximo de 5). Se entregarán en disquete, en Word y en Arial 11 a dos espacios. El total de líneas por páginas es 30 como máximo.

Los artículos tendrán el siguiente orden: Resumen (en español e inglés), Introducción, Materiales y Métodos, Resultados, Discusión, Conclusiones, Recomendaciones (opcional), Agradecimientos (opcional), Referencias Bibliográficas y Bibliografía Consultada. Estas secciones deben estar bien definidas, aunque no necesariamente con subtítulos.

Los artículos están sujetos a arbitraje y a la aprobación del Consejo Editorial.

Las contribuciones a la Revista se divulgan sin costo para los autores. Una vez aceptados para su aprobación, los derechos de reproducción (copyright) son propiedad de la casa editorial.

Autor (es): Especificar nombres y dos apellidos, la institución de procedencia y correo electrónico. Los autores deben enumerarse por orden en relación con los experimentos e investigaciones realizadas.

Título: No debe exceder de 100 letras, o 15 palabras, ni contener abreviaturas, fórmulas químicas, ni nombres patentados (en lugar de genéricos). Debe aparecer en español e inglés.

Resumen: No debe exceder de 150 palabras, ni contener siglas, abreviaturas ni referencias bibliográficas. Debe aparecer en pretérito, en español e inglés.

Introducción: Exponer con toda la claridad posible, la naturaleza y alcance de la investigación, revisar las publicaciones pertinentes, indicar el método de investigación si se estima necesario, mencionar los principales resultados de la investigación y expresar la conclusión o conclusiones principales sugeridas por los resultados.

Materiales y Métodos: La mayor parte de esta sección debe escribirse en pasado y dar toda clase de detalles. La finalidad principal es describir y que los resultados sean reproducibles. En los materiales hay que incluir las especificaciones técnicas y las cantidades exactas, así como la procedencia o el método de preparación. Se deben emplear los nombres genéricos o químicos.

Resultados: Debe hacerse una descripción amplia, clara y sencilla de los experimentos, ofreciendo un panorama general pero sin repetir los detalles experimentales de los Materiales y Métodos. Se deben presentar los datos más representativos. La exposición debe redactarse en pretérito.

Discusión: Deben presentarse de forma expositiva los principios, relaciones y generalizaciones que los Resultados indican. Se deben señalar las excepciones o las faltas de correlación y delimitar los aspectos no resueltos. Mostrar cómo concuerdan (o no) los resultados e interpretaciones con los trabajos anteriormente publicados. Deben exponerse las consecuencias teóricas del trabajo y sus posibles aplicaciones prácticas. Resume las pruebas que respaldan cada conclusión. Los tiempos verbales oscilarán entre el presente y el pasado.

Conclusiones: Deben formularse lo más clara posible. Pueden estar incluidas en la Discusión.

Recomendaciones (opcional)

Agradecimientos (opcional): Se debe agradecer cualquier ayuda técnica importante recibida de cualquier persona que haya colaborado en el trabajo, experimento, o provisión de equipos, materiales especiales, y otros. Pueden utilizarse frases como «doy las gracias a ...»

Referencias bibliográficas: Deben enumerarse solo obras importantes y publicadas. Si una referencia parece absolutamente esencial, se podrá añadir al texto entre paréntesis o como nota de pie de página. Deben cotejarse todas las partes de cada referencia contra la publicación original antes de presentar el artículo. Las referencias en el texto deben hacerse con números arábigos entre corchetes en el lugar en que se apliquen y siguiendo un orden consecutivo.

INSTRUCCIONES A LOS AUTORES

Bibliografía consultada: Deben ordenarse alfabéticamente con números arábigos entre corchetes al final del trabajo. Los títulos de las publicaciones periódicas deben adecuarse al sistema INIS (véase EAEA-INIS-11). No deben incluirse las referencias a trabajos no publicados.

Abreviaturas, siglas y símbolos: Deben ser los aceptados internacionalmente. Las abreviaturas y siglas deben explicarse la primera vez que se mencionan. Los símbolos y caracteres griegos, al igual que los subíndices y supraíndices, deben definirse claramente.

Tablas y figuras: Deben ordenarse con numeración arábica e incluirse al final del trabajo. Los términos, las abreviaturas y los símbolos utilizados en las figuras deben ser los mismos que aparecen en el texto. No utilice caracteres, ni símbolos poco frecuentes (son preferibles los círculos, cuadrados o triángulos en blanco o rellenos). Si son muy complejos deben aclararse en una leyenda concisa. Los símbolos y caracteres deben ser claros y de tamaño suficiente, de manera que al reducirlos para la publicación sean legibles.

Ecuaciones y fórmulas: Deben escribirse con precisión, en especial los subíndices y supraíndices. Evite el uso de exponentes complicados y la repetición de expresiones elaboradas.

Unidades: Como norma general deberá emplearse el Sistema Internacional de Unidades y prescindir de símbolos y abreviaturas inadecuados.

PARA PUBLICAR EN OTRAS SECCIONES

Los artículos de las demás secciones de la revista deben tener como objetivo la difusión, con rigor científico y de forma asequible al público en general, de temas relacionados con la energética nuclear, las diversas aplicaciones de las técnicas nucleares, la seguridad nuclear, la protección radiológica, salvaguardias y no proliferación, energía nuclear e información pública, entre otros. Los trabajos no deben exceder las 10 cuartillas, incluidas ilustraciones y tablas. En las tablas e ilustraciones se seguirán las mismas indicaciones que rigen para los artículos de la sección Ciencias Nucleares. Las secciones son las siguientes: Panorama Nuclear, Ámbito Regulatorio, Salvaguardias y No Proliferación, En la Espiral e Innovación Tecnológica.

Los artículos están sujetos a la aprobación del Consejo Editorial.

INFORMACIÓN GENERAL

Los trabajos que no se acepten se devolverán al autor.

Los autores recibirán de forma gratuita un ejemplar de la revista donde aparece publicado su artículo.

VÍAS DE PRESENTACIÓN

En la redacción de la revista:

Calle 20, No. 4111-4113 e/ 18A y 47, Playa, Ciudad de La Habana, Cuba

correo electrónico: nucleus@cubaenergia.cu