

Proyecciones

Volumen 5
Número 1
Abril, 2007

Publicación de la Facultad Regional Buenos Aires

Director
Dr. Isaac Marcos Cohen

Comité Editorial
Lic. Gladys Esperanza, Facultad Regional Buenos Aires
Lic. Miguel Languasco, Facultad Regional Buenos Aires
Dr. Isaac Marcos Cohen, Facultad Regional Buenos Aires

Colaboración Técnica
Ing. Marisa Arrondo, Comisión Nacional de Energía Atómica

Diseño y Diagramación
Luciana Acuña Elias, Facultad Regional Buenos Aires

Propietario
Facultad Regional Buenos Aires
Medrano 951 (C1179AAQ)
Buenos Aires, República Argentina

ISSN 1667-8400
Registro de la
Propiedad
Intelectual
No. 505347

 **Universidad Tecnológica Nacional**

Índice

5. Editorial

Sr. Decano de la Facultad Regional Buenos Aires
Arq. Luis A. De Marco

7. Presentación

Sr. Secretario Académico y de Planeamiento de la Facultad Regional Buenos Aires
Ing. Ricardo Bosco

9. Estudio sobre los parámetros de caracterización del comportamiento no ideal de la componente epitérmica del espectro neutrónico en reactores nucleares

M. S. Segovia, M. C. Fornaciari, I. M. Cohen

25. Alternativas en la producción de envases PET

G. A. Chinni

35. Los docentes de física y la evaluación de estudiantes tecnológicos

C. Pano, V. Torre y M. Duhalde

45. Caracterización de dispositivos de tres puertos mediante parámetros dispersivos. Una revisión matemática.

P. J. Aliquó, C. M. Puliafito

57. Los retos de la tecnología digital

F. Sacristán Romero

65. Instrucciones para la presentación de artículos

PROYECCIONES es una publicación semestral, destinada a la difusión de trabajos originados en las tesis desarrolladas en el ámbito de las carreras de posgrado que se dictan en la Facultad Regional Buenos Aires, así como de otros trabajos originales de investigación en el campo de la ingeniería, en todas sus ramas, de su enseñanza y de las ciencias conexas. Eventualmente son aceptadas también obras de revisión en temas específicos.

Se permite la reproducción total o parcial de los artículos publicados en **PROYECCIONES**, con expresa mención de la fuente y autorización de la Dirección.

Editorial

Esta edición de Proyecciones encuentra a la Facultad Regional Buenos Aires en las vecindades de un acontecimiento de particular importancia, como lo es la reacreditación de una buena parte de nuestras carreras de grado por parte de la Comisión Nacional de Evaluación y Acreditación Universitaria (CONEAU). Más allá del compromiso y la responsabilidad que el personal y las autoridades de esta Casa de Estudios observamos como pautas de cumplimiento permanente en la formación de los futuros profesionales, a las que estamos en condiciones de sumar los favorables resultados de las actividades de autoevaluación, la nueva acreditación implicará en cada caso atravesar por una serie de etapas de revisión de todos nuestros procesos por evaluadores externos.

Todos los que estamos involucrados en tareas de esta índole (la labor docente representa la evaluación constante de capacidades individuales y de procesos de aprendizaje) sabemos muy bien que tales instancias, aun cuando se acepte su necesidad, son vividas por el destinatario en forma algo traumática y muchas veces cuestionadas desde su ecuanimidad. Dentro de esa visión, uno de los aspectos más temidos, y a la vez menos deseados desde el punto de vista de la calidad del resultado, lo constituye la suma de factores subjetivos que pueden estar presentes en la evaluación.

Cuatro años atrás, uno de los trabajos del primer número de esta publicación discutía las características de las evaluaciones y sus estructuras, aplicadas en ese caso al análisis de los modelos para certificación, acreditación y modelos para la calidad. Muchas de esas observaciones pueden extenderse a la consideración de cualquier situación que involucre el dictamen de un revisor.

Así como en Física se reconoce que el observador es necesariamente parte del sistema en estudio, el evaluador debería verse a sí mismo como partícipe obligado, pero nunca ajeno, al proceso en revisión. El establecimiento de esta premisa incidiría favorablemente en los resultados y generaría la conciencia de un esfuerzo compartido por todos los actores.

Arq. Luis Ángel De Marco
Decano

Presentación

Desde el primer número de Proyecciones son muchos los colaboradores que trabajan aportando su esfuerzo para consolidar esta publicación de investigación y posgrado.

Hoy, en el cuarto año de trayectoria ininterrumpida, continuamos con gran satisfacción recibiendo aportes de investigadores y graduados de la Escuela de Posgrado que mantienen en franco crecimiento nuestras expectativas de ofrecer un producto de alto nivel de calidad tanto por su contenido como por su diseño.

Para esta edición el Comité Editorial ha seleccionado cinco trabajos:

El primero, *Estudio sobre los parámetros de caracterización del comportamiento no ideal de la componente epitérmica del espectro neutrónico en reactores nucleares*, es un trabajo realizado sobre la base de la tesis de M. S. Segovia, para optar al título de Magíster en radioquímica

Luego, *Alternativas en la producción de envases PET*, es el trabajo realizado sobre la base de la tesis presentada por G. A. Chinni para optar al grado de Magíster en Tecnología de Alimentos.

Le siguen los trabajos de investigación: *Los docentes de física y la evaluación de estudiantes tecnológicos*, elaborado por C. Pano, V. Torre y M. Duhalde y *Caracterización de dispositivos de tres puertos mediante parámetros dispersivos. Una revisión matemática*, cuyos autores son P. J. Aliquó y C. M. Puliafito de la Facultad de Ingeniería – Universidad de Mendoza.

Finalmente, *Los retos de la tecnología digital*, realizado por F. Sacristán Romero de la Universidad Complutense de Madrid.

La calidad del material ofrecido y las reiteradas muestras de apoyo por parte de los lectores no hacen más que reafirmar nuestro compromiso e interés por continuar en el camino de la difusión del conocimiento.

Ing. Ricardo Bosco
Secretario Académico y de Planeamiento

Estudio sobre los parámetros de caracterización del comportamiento no ideal de la componente epitérmica del espectro neutrónico en reactores nucleares*

M. S. Segovia^{1,2}, M. C. Fornaciari^{1,2}, I. M. Cohen²

¹ Comisión Nacional de Energía Atómica, Centro Atómico Ezeiza.
Presbítero González y Aragón N° 15 (B1802AYA) Ezeiza,
Buenos Aires, Argentina.

² Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires, Departamento de Ingeniería Química y Dirección de Educación de Posgrado.
Medrano 951 (C1179AAQ)
Buenos Aires, Argentina.

e-mail: msolsegovia@yahoo.com.ar

Recibido el 9 de octubre de 2006; aceptado el 14 de febrero de 2007.

Resumen

Se ha efectuado el estudio de las desviaciones del comportamiento ideal de la componente epitérmica del espectro neutrónico de un reactor. Se evaluaron los métodos de determinación del parámetro α , que fue medido en dos posiciones de irradiación del reactor RA-6 del Centro Atómico Bariloche, Comisión Nacional de Energía Atómica. Se desarrolló un método experimental para la determinación de la energía efectiva de resonancia, riguroso en su concepción y de realización simple. Se presentan los resultados de su validación y su aplicación a la determinación de parámetros nucleares en la formación de ^{110m}Ag .

PALABRAS CLAVE: REACTORES NUCLEARES – COMPONENTE EPITÉRMICA – PARÁMETRO ALFA – ENERGÍA EFECTIVA DE RESONANCIA

Abstract

A study on the departures from the ideal behaviour of the epithermal component of a reactor has been carried out. The methods for the determination of the α parameter, which was measured in two irradiation positions of the RA-6 reactor (Centro Atómico Bariloche, Comisión Nacional de Energía Atómica), were evaluated. An experimental method for the determination of the effective resonance energy, rigorously conceived and easy to perform, was developed. The results of its validation and its application to the determination of nuclear parameters related to the formation of ^{110m}Ag are presented.

KEYWORDS: NUCLEAR REACTORS -EPITHERMAL COMPONENT – ALFA PARAMETER – EFFECTIVE RESONANCE ENERGY.

* Trabajo realizado sobre la base de la tesis de M. S. Segovia, para optar al título de Magíster en Radioquímica, bajo la dirección de I. M. Cohen y la codirección de M. C. Fornaciari Iljadica.

Introducción

Las reacciones nucleares inducidas en todo el espectro neutrónico de los reactores nucleares abren las puertas a una amplia gama temática, donde las aplicaciones y aun en mayor medida los estudios de ciencia básica, encuentran todavía zonas inexploradas, o bien susceptibles de nuevas y más completas investigaciones.

El estudio de las reacciones nucleares inducidas por neutrones se relaciona de una manera recíproca con los datos nucleares disponibles en la bibliografía, sirviéndose unos de otros y realimentándose mutuamente. En este contexto, todo trabajo que implique el uso de una reacción nuclear necesita disponer de datos confiables y todo dato nuclear generado a partir de un reactor debería ser objeto de una revisión crítica del mismo por parte del propio autor. De esta manera, los usuarios podrían conocer su génesis y disponer de información clara y completa en caso de que fuera necesario elegir entre varios datos de idéntica naturaleza. Un requerimiento básico asociado a este estado de cosas es el conocimiento profundo del reactor nuclear utilizado, que no debería ser considerado como una mera máquina, sino objeto de estudios destinados a su caracterización.

La situación actual, respecto de los datos nucleares disponibles, muestra que existen una gran cantidad de datos publicados, donde las deficiencias más notorias son: ausencia de una metodología de organización; coexistencia de diferentes valores, en ocasiones altamente discrepantes, para una misma magnitud; en relación con lo anterior, elección arbitraria de uno de ellos como valor recomendado, sin indicación del criterio empleado en la evaluación. Casos de naturaleza aberrante se presentan cuando un nuevo valor es publicado sin que sea declarado como sustitutivo de los anteriores elaborados por los mismos autores. Éstos, que son sólo algunos ejemplos, muestran un estado caracterizado por el no aprovechamiento integral de los datos existentes y, adicionalmente, por la desorientación de los usuarios.

Las afirmaciones contenidas en el párrafo anterior se hacen particularmente evidentes en el caso de reacciones nucleares inducidas por neutrones en la zona epitérmica del espectro. A la noción tradicional de un flujo ideal dependiente de la inversa de la energía, se contraponen la necesidad de considerar un comportamiento diferente, donde resulta necesario introducir un factor de corrección, conocido genéricamente como parámetro a . La consideración de este parámetro implica una nueva definición para la integral de resonancia, que conlleva el concepto de energía efectiva de resonancia. La concepción de un flujo epitérmico

no ideal conduce a una visión necesariamente crítica acerca de la validez de los datos nucleares generados en un reactor particular y automáticamente convertidos en valores universales.

El presente trabajo tiene como objetivo llevar a cabo un estudio sobre los parámetros de caracterización del comportamiento no ideal de la componente epitérmica del espectro neutrónico en reactores nucleares. A partir de los desarrollos teóricos se estudian las implicancias de las condiciones reales de determinación en la elaboración de datos nucleares en la zona epitérmica del reactor. Se aplican luego estas nociones a la caracterización de diferentes posiciones del reactor RA-6 (Centro Atómico Bariloche, Comisión Nacional de Energía Atómica) y se presentan los resultados de la determinación de constantes nucleares en un nucleido seleccionado como modelo de estudio.

La componente epitérmica en un reactor nuclear y su representación

La componente epitérmica del espectro neutrónico en un reactor nuclear corresponde a energías de los neutrones intermedias entre los térmicos y los rápidos, en un rango aproximado de 0,1 a 500 keV. Su distribución se puede representar en forma ideal (Westcott y colaboradores, 1958; Stoughon y Halperin, 1959) por:

$$\Phi_e(E) = \Delta(E) \frac{\phi_e}{E}$$

donde E es la energía del neutrón, ϕ_e es una constante, y $\Delta(E)$ es una función de empalme entre las regiones térmica y epitérmica. Tomando una energía umbral μkT , donde μ es una constante empírica, de valor 4 para un reactor moderado con agua liviana, k la constante de Boltzman y T la temperatura neutrónica, $\Delta(E)$ representa a una función escalón (Beckurtz y Wirtz, 1964), que se expresa según:

$$\Delta = 0 \text{ si } E < \mu kT$$
$$\Delta = 1 \text{ si } E \geq \mu kT$$

Los neutrones epitérmicos, al igual que los térmicos, inducen reacciones (n, γ) , conocidas como reacciones de captura radiante o simplemente de captura. Al expresar la velocidad de reacción por núcleo para estas reacciones cuando se dividen las componentes térmica y epitérmica del flujo, de acuerdo a la convención de Högdahl (1962), se obtiene:

$$\frac{R}{N} = \int_0^{\infty} \sigma(E) \Phi_1(E) dE + \int_{ECd}^{\infty} \sigma(E) \Phi_e(E) dE$$

donde Φ_t es el flujo térmico y E_{cd} , ligeramente superior a la energía de empalme, es la energía de corte de cadmio, la cual se considera frecuentemente igual a 0,55 eV.

La división de las componentes del flujo planteada, válida sólo cuando no existen resonancias entre las energías correspondientes a μkT y E_{cd} , representa establecer regiones "subcádmica" y "epicádmica", antes que térmica y epitérmica.

El valor de la primera integral es:

$$\int_0^{\infty} \sigma(E)\Phi_t(E)dE = \sigma_0\phi_s$$

Considerando un flujo epitérmico ideal y definiendo:

$$I_0 = \int_{E_{Cd}}^{\infty} \sigma(E) \frac{dE}{E}$$

la segunda integral se expresa en la forma:

$$\int_{E_{Cd}}^{\infty} \sigma(E)\Phi_e dE = I_0\phi_{epi}$$

I_0 es la integral de resonancia, cuyos valores aparecen en la literatura a partir de límites inferiores diversos. Se adoptará aquí el valor más usado, $E_{cd} = 0,55$ eV.

En la práctica, el espectro neutrónico epitérmico se desvía del comportamiento $1/E$ y se introduce, para esta nueva situación, el parámetro α (Schumann y Albert, 1965; Ryves, 1969), según:

$$\Phi_e(E) = \phi_e \frac{1eV^\alpha}{E^{1+\alpha}}$$

donde α , independiente de la energía, puede ser positivo o negativo (en general, toma valores entre $-0,1$ y $0,1$) y depende de la configuración del reactor. Bajo esta consideración, la integral de resonancia queda definida como:

$$I_0 = \int_{E_{Cd}}^{\infty} \sigma(E)1eV^\alpha \frac{dE}{E^{1+\alpha}}$$

(El término $1eV^\alpha$ aparece por la necesidad de incluir una energía de referencia; por comodidad se toma arbitrariamente igual a uno). Esta integral de resonancia debe ser usada para los cálculos de activación epitérmica en una posición de irradiación caracterizada por α .

En diversos trabajos (De Corte y colaboradores, 1979 A y B; Moens y colaboradores, 1979 A), se ha insistido en la necesidad de tomar en cuenta la desviación de la idealidad del flujo epitérmico y, en consecuencia, la necesidad de efectuar las correcciones pertinentes.

Obviamente, parte del problema es la determinación experimental del parámetro α y el cálculo de $Q_0(\alpha)$, que es el cociente entre la integral de resonancia en el espectro real y la sección eficaz a 2200 m.s^{-1} ($Q_0(\alpha) = I_0(\alpha)/\sigma_0$). Es conveniente la determinación de los valores de $Q_0(\alpha)$ en forma relativa, a través de la conversión de los valores de $Q_0(0)$ evaluados y compilados con la introducción de α y de los datos de resonancia relevantes, para los cuales se puede prever que los requerimientos de exactitud no serán tan exigentes mientras sean usados sólo como datos de corrección.

No obstante, el aspecto más relevante, prácticamente no tenido en cuenta, es que la adopción de la nueva expresión para la descripción de la componente epitérmica del flujo implica que los valores de las constantes nucleares obtenidos en un reactor no son inmediatamente aplicables a otros, y ni siquiera lo son los medidos en una posición específica de un reactor con respecto a las otras. Así, muchos de los datos de integrales de resonancia y cocientes Q_0 existentes en la literatura serían cuestionables, en tanto no se haya caracterizado adecuadamente el espectro en la posición de irradiación (Arribére y colaboradores, 2005).

Para el desarrollo y la aplicación de la nueva expresión del flujo epitérmico, resulta útil la introducción \bar{E}_r del concepto de Energía Efectiva de Resonancia. (Ryves y Paul, 1968; Moens y colaboradores, 1979 B; De Corte y colaboradores, 1986). La energía efectiva de resonancia es la energía de una resonancia simple hipotética, la cual da la misma velocidad de reacción resonante que todas las resonancias que posee el isótopo.

Con la introducción de este nuevo concepto, la ecuación que relaciona I_0 (tabulada) con $I_0(\alpha)$ es:

$$I_0(\alpha) = \left(\frac{I_0 - 0,429\sigma_0}{\bar{E}_r^\alpha} + \frac{0,429\sigma_0}{(2\alpha + 1)E_{cd}^\alpha} \right)$$

Las constantes de interés que surgen del estudio de la componente epitérmica del flujo neutrónico, serán $Q_0(0)$ (cociente entre la integral de resonancia para un espectro epitérmico ideal y la sección eficaz (σ_0)) y, de manera más general, la integral de resonancia, I_0 .

Según las ecuaciones expuestas, para vincular el valor de $I_0(0)$ con el de $I_0(\alpha)$ es necesario efectuar la determinación del parámetro α y de la energía efectiva de resonancia para cada nucleido, en relación con la reacción nuclear en consideración.

Métodos de determinación del parámetro α

Los métodos para la determinación de α , cuya posible aplicación fue evaluada en el presente trabajo son:

- I. Método de multimonitores con cubierta de cadmio, desarrollado por Schumann y Albert (1965) y posteriormente generalizado por De Corte y colaboradores (1979 A).
- II. Método de la relación de cadmio, modificado por De Corte y colaboradores (1979 A).
- III. Método del triple monitor sin cubierta de cadmio (De Corte y colaboradores, 1979 B).
- IV. Método para el cálculo simultáneo de f (relación de flujos térmico a epitérmico) y α (Cohen y colaboradores, 1996).
- V. Método de determinación a partir de una fórmula aproximada para $Q_0(\alpha)$ (Cohen y colaboradores, 2006)¹.

Con respecto a los tres primeros métodos expuestos, los valores de α extraídos de bibliografía (De Corte y colaboradores, 1979 B) para dos posiciones de irradiación presentan incertidumbres de hasta 44 %. El tratamiento matemático para el cálculo de estas incertidumbres no se explica en forma detallada y, por lo tanto, los valores expuestos podrían ser cuestionables.

Los métodos I, II, y V requieren de irradiaciones bajo cadmio, lo que acarrea ciertos problemas operativos, así como también una eventual depresión del flujo, producida por ese elemento, en el reactor.

El método IV permite la determinación simultánea de f y α y no necesita la irradiación de monitores bajo cadmio. Por tratarse de un método donde f y α son susceptibles de ser hallados mediante representación gráfica es factible la observación directa de las curvas y la elección de los pares de monitores más apropiados. Además, es posible efectuar en una única experiencia la irradiación de varios pares de monitores.

El método V es el único que tiene en cuenta la forma de cálculo de las energías efectivas de resonancia como parte del criterio de selección de monitores. Su aplicación es sencilla y la precisión de los resultados de α es satisfactoria.

Métodos para la determinación de la energía efectiva de resonancia

Para determinar la energía efectiva de resonancia fueron previamente publicados dos métodos, uno de ellos por cálculo (Moens y colaboradores, 1979 B) y el otro experimental (Simonits y colaboradores, 1984). Tanto los valores calculados como los obtenidos con el método experimental representan ciertos problemas, que se describen a continuación:

- En el método por cálculo, la aproximación es únicamente válida, tal como lo admiten los autores, para valores de \bar{E}_r o α bajos. Sin embargo, no es ésta la objeción mayor que puede plantearse. El problema principal radica en el hecho de que los parámetros de resonancia, por ser magnitudes dependientes del blanco, no pueden ser discriminados cuando existen estados isoméricos. En consecuencia, los valores actuales de energías efectivas de resonancia excluyen la posibilidad de su aplicación para los casos de activación que conducen a nucleidos metaestables, como así tampoco a los fundamentales donde la contribución de la transición isomérica es menor que el 100 % y el isómero no sea, además, de período mucho menor que su hija.

- El método experimental requiere el conocimiento de varios valores del parámetro α (en la publicación se determinan siete, en sendas posiciones de irradiación). La determinación de ese parámetro no es sencilla; se debe contar con tantas posiciones de irradiación como valores se requieran y, por otro lado, es bien sabido que la precisión de los métodos existentes para su cálculo es relativamente pobre.

En razón de estas dificultades, la cuestión de determinar experimentalmente la energía efectiva de resonancia no puede considerarse resuelta. En el presente trabajo se describirá el desarrollo de un nuevo método, a partir de una fundamentación diferente.

Parte experimental

Descripción general

Las irradiaciones se llevaron a cabo en el reactor RA-6, mientras que las mediciones y la adquisición de datos en el Laboratorio de Análisis por Activación Neutrónica, ambos del Centro Atómico Bariloche. La preparación de las soluciones y los posteriores depósitos se realizaron en el laboratorio de la Unidad de Actividad Radioquímica del Centro Atómico Ezeiza.

¹ Al momento de realizar el estudio, el trabajo citado no había sido aún publicado. Se suministra aquí la referencia actual.

Preparación de las muestras para la irradiación

La forma de preparación de las muestras para irradiación dependió de la forma física del precursor (ver Tabla 1). En el caso de polvos se prepararon envases de polietileno sellados para evitar pérdidas de masa. La muestras metálicas se irradiaron, según su disponibilidad, como alambres, folias o láminas.

de uranio enriquecido al 90 % en ^{235}U . Cada elemento combustible es del tipo MTR (Material Testing Reactor) de 19 placas. Alrededor del núcleo se ubican bloques de grafito que conforman el reflector de neutrones. Tanto en este último como en el núcleo se encuentran las cajas de irradiación, dentro de las cuales se colocan las muestras a irradiar. Una de las cajas de irradiación está en la zona central del núcleo, posición F5, rodeada de elementos

Tabla 1. Características de las muestras irradiadas

Elemento	Forma física	Masas (órdenes o rango)
Oro	Depósito en papel de filtro, a partir de la disolución del metal en agua regia	μg
Circonio	Láminas (Reactor Experiments) de 0,254 mm de espesor	7 - 24 mg
Arsénico	Depósito en papel de filtro, a partir de la disolución de As_2O_3 (Specpure)	μg
Manganeso	Folias de una aleación Cu/Mn (Reactor Experiments), con un contenido en manganeso de 81,3 % y espesor de 0,0508 mm	Decenas de miligramos
Cobre	Alambres (Reactor Experiments) de 0,762 mm de diámetro	1 - 14 mg
Molibdeno	Alambres (Reactor Experiments) de 0,508 mm de diámetro	5 mg
Tungsteno	Polvo (Fluka) en envase de polietileno	mg
Selenio	Polvo (Merck) en envase de polietileno	mg
Germanio	Fragmentos ultrapuros, de los usados en la fabricación de detectores	10 - 50 mg
Samario	Depósito en papel de filtro, a partir de Sm_2O_3 (Specpure) disuelto en HNO_3	Décimas de microgramo
Plata	Depósito, a partir de la disolución de granallas en H_2SO_4	mg

En los casos donde las masas a irradiar resultaban muy pequeñas, se prepararon soluciones con el objeto de efectuar luego depósitos de las mismas. Las soluciones se prepararon en los medios de ataque correspondientes, según la droga utilizada (en general ácidos *p.a.*, usualmente Merck); luego se calentaron a temperatura moderada hasta sequedad para eliminar, cuando así correspondía, los ácidos, y por último fueron resolubilizados y llevados a volumen final con agua bidestilada. Con esas soluciones se llenaron recipientes adecuados para el pesado de gotas, previamente tarados. Las masas de la soluciones se determinaron por diferencia entre los pesos del recipiente, lleno y vacío.

Se tuvo siempre en cuenta que el espesor de la muestra fuera lo suficientemente pequeño como para evitar la autoabsorción de la radiación gamma en la medición.

Sistemas y metodologías de irradiación y medición

El reactor RA-6 es un reactor de investigación de tipo pileta, refrigerado y moderado con agua liviana. Su núcleo está formado por elementos combustibles

combustibles, siendo ésta la posición que tiene niveles de flujo más altos en las tres componentes del espectro neutrónico. Valores típicos de flujo neutrónico en esta posición con el reactor operando a su máxima potencia, 500 kW, son (Ribeiro Guevara, 2001):

$$f_t = 6 \times 10^{12} \text{ n.cm}^{-2}\text{s}^{-1} \text{ en la zona de neutrones térmicos}$$

$$f_{\text{epi}} = 2 \times 10^{11} \text{ n.cm}^{-2}\text{s}^{-1} \text{ en la zona de neutrones epitérmicos}$$

$$f_r = 2 \times 10^{12} \text{ n.cm}^{-2}\text{s}^{-1} \text{ en la zona de neutrones rápidos}$$

Otra caja de irradiación se encuentra alejada del núcleo, en el reflector (posición I6) y por lo tanto el flujo de neutrones en esa posición es predominantemente térmico, siendo su valor típico $\phi_t = 7 \times 10^{11} \text{ n.cm}^{-2}\text{s}^{-1}$ (Ribeiro Guevara, 2001).

Las muestras a irradiar se trasladan desde el laboratorio hasta la posición de irradiación en el núcleo utilizando un sistema neumático de transporte. Luego de irradiadas son recuperadas en el laboratorio a través del mismo sistema.

Las cápsulas plásticas cilíndricas de irradiación en cuyo interior se colocan las muestras tienen 6,5 cm de altura y 2,5 cm de diámetro.

En general, los parámetros a optimizar en las operaciones de irradiación y medición de un nucleido son los siguientes:

- Modo de irradiación
- Posición de irradiación
- Tiempo de irradiación
- Masa
- Tiempo de decaimiento y medición
- Geometría de medición

Con respecto al modo de irradiación, para el método a aplicar resulta más conveniente irradiar las muestras dentro de cazoletas de cadmio, de forma tal de trabajar sólo con la componente epitérmica del espectro neutrónico (ver más adelante *Desarrollo de un Nuevo Método para la Determinación de Parámetros de Resonancia*). El cadmio es un fuerte absorbedor de neutrones hasta una energía cuyo corte depende del espesor empleado y que puede asimilarse a una función escalón. Ya se ha explicado que el cadmio también absorbe neutrones epitérmicos de energía menor que la del corte y que por esta razón su utilización implica de hecho la división del espectro neutrónico en componentes subcádmica y epicádmica.

En razón de las características del estudio involucrado, quedó descartado el uso de la columna térmica del reactor, y se utilizaron las posiciones F5 e I6.

En función del tiempo de irradiación se dividieron las experiencias en dos grupos: irradiaciones cortas (entre 180 s y 600 s) y largas (3600 s a 7200 s). Las irradiaciones más largas corresponden a la posición más termalizada (I6), donde los tiempos mayores estuvieron destinados a lograr actividades similares a las obtenidas en F5.

Con respecto a la metodología para definir las masas a irradiar, a partir de la ecuación de activación y tomando como referencia la actividad y la masa del oro empleadas en un trabajo anterior (Cohen y colaboradores, 2006) se calcularon los valores correspondientes a los restantes nucleidos.

Los tiempos de decaimiento y de medición están vinculados. Existen limitaciones operativas para establecer el tiempo mínimo de decaimiento, a saber: operación de desarmado de la cápsula de irradiación y criterios de protección radiológica. A partir de estas limitaciones, los tiempos de decaimiento se ajustaron de forma tal de encarar primeramente la medición de los nucleidos de más corto período, con tiempos muertos aceptables y geometrías adecuadas.

El procedimiento general para la preparación de las muestras destinadas a medición fue el siguiente:

una vez finalizada la irradiación, la cápsula fue recuperada, volviendo a la campana del laboratorio. En primera instancia fue medida la exposición y, verificada la posibilidad de un manipuleo seguro, se procedió al desarmado de la cápsula. Las cazoletas de cadmio se abrieron cuidadosamente detrás de un blindaje de plomo y cada blanco fue colocado dentro de su correspondiente recipiente de polietileno, que luego se cerró impartiendo una ligera presión al conjunto, para su medición como fuente sellada.

Con respecto a los tiempos de medición, si bien el criterio inmediato y lógico es el de obtener una buena estadística (alrededor de 10.000 cuentas) bajo al menos un pico gamma del nucleido de interés, existen razones operativas que no siempre lo permiten, por ejemplo, si deben interrumpirse las mediciones para evitar el decaimiento excesivo de otros nucleidos de interés producidos en la misma irradiación, o bien si existen interferencias de otros nucleidos de más largo período en la misma matriz. Por lo tanto, y ante la imposibilidad de optimizar la medición de cada radionucleido, se buscaron las condiciones más convenientes para el conjunto irradiado, en forma global.

Acerca de la geometría de medición, se tuvo en cuenta la distancia mínima necesaria para evitar los efectos de suma de los fotones gamma. Por otro lado, se ajustó también la distancia como para que los tiempos muertos fueran, en lo posible, menores a 5 %. No obstante, en algunos casos las características de los radionucleidos obligaron a aceptar tiempos muertos mayores.

El sistema de espectrometría gamma de alta resolución empleado consta de un detector de germanio intrínseco (GeHP) tipo n, marca ORTEC, de 67 cm³, con una resolución de 2,0 keV en el pico de 1332,5 keV de ⁶⁰Co y una eficiencia de 12,3 % respecto a un cristal de NaI(Tl) de 7,6 x 7,6 cm, a una distancia de 25 cm para la misma transición. El sistema de detección se completa con una fuente de alta tensión ORTEC 459, un amplificador ORTEC 572, un conversor analógico digital ND 583 y un analizador multicanal ND 76.

El detector está asociado a un preamplificador cuyas salidas son pulsos de amplitud proporcional a la carga generada por la interacción de la radiación electromagnética con el cristal. La señal es posteriormente amplificada por un módulo independiente, y luego digitalizada y almacenada en el analizador multicanal. Mediante este módulo se obtiene el registro de número de fotones gamma contados por el sistema de detección en función de la energía depositada en el cristal. El área de los picos de absorción total es proporcional al número de fotones gamma de esa energía, y en consecuencia al número de desintegraciones de los radionucleidos emisores. En la determinación de las áreas de un espectro gamma suelen utilizarse rutinas

que ajustan con diversos métodos los conteos individuales registrados en el analizador multicanal, informando el área de los picos identificados y la energía del centroide. Los espectros se adquirieron con el programa GammaVision, versión 5.1 y luego se procesaron con la rutina Gamanal incluida en el paquete Ganaas, distribuido por el Organismo Internacional de Energía Atómica (1991).

Los detalles de la calibración en eficiencia del detector, con algoritmos de cálculo desarrollados a partir de la medición de la eficiencia absoluta en la posición de referencia y la penetración efectiva, ambas en función de la energía, pueden consultarse en los trabajos de Arribére (1986 y 1997).

Determinación del parámetro α en las posiciones de irradiación

En razón de sus ventajas operativas, fue elegido el método de Cohen y colaboradores (2006) para la determinación de α en las dos posiciones del reactor. Se irradiaron conjuntamente oro, en forma de depósito, y zirconio, como pequeñas folias metálicas, en el interior de cazoletas de cadmio.

En la posición I6 las irradiaciones se efectuaron por triplicado, y en F5 por cuadruplicado, para disminuir las incertidumbres. Los valores individuales del parámetro α presentaron gran coherencia entre sí, permitiendo realizar un promedio final para cada posición.

Desarrollo de un nuevo método para la determinación de parámetros de resonancia

En forma general, la actividad de un radionucleido producido por una reacción nuclear, normalizada por los factores temporales, se expresa según:

$$A = \frac{m}{PA} \theta \text{Nav} \sigma \phi = \frac{C}{i \varepsilon}$$

Donde:

- A: actividad
- m: masa de muestra
- PA: peso atómico del elemento
- θ : abundancia isotópica del precursor
- Nav: número de Avogadro
- σ : sección eficaz
- ϕ : flujo de partículas
- C: velocidad de conteo
- i: probabilidad de emisión de la radiación medida
- ε : eficiencia del detector para la energía considerada

Cuando se induce una reacción de captura en un reactor nuclear, el producto $\sigma \phi$ se expresa como:

$$\sigma \phi = \phi_t \sigma_0 + \phi_{epi} I_0(\alpha); \text{ tomando como factores}$$

comunes ϕ_{epi} y σ_0 , definiendo la relación de flujos térmico a epitérmico como f y recordando que $Q_0(\alpha) = I_0(\alpha)/\sigma_0$, se obtiene:

$$\sigma \phi = \phi_{epi} \sigma_0 [f + Q_0(\alpha)].$$

Introduciendo esta última ecuación en la de activación e incorporando los factores temporales $S = 1 - e^{-\lambda t_i}$; $D = e^{-\lambda t_d}$ y $M = (1 - e^{-\lambda t_m})/\lambda t_m$, se obtiene:

$$C = N \phi_{epi} \sigma_0 i \varepsilon \text{SDM} [f + Q_0(\alpha)] \quad (1)$$

(t_i , t_d y t_m representan a los tiempos de irradiación, decaimiento y medición, mientras que $N = m \cdot \text{Nav} / PA$, es el número de átomos del precursor).

Debido a que el método hace uso de los factores k_0 (Simonits y colaboradores, 1975) propuestos inicialmente con miras a su aplicación en análisis por activación neutrónica, se explicará en forma breve su significado.

A partir de la ecuación general de activación, se puede observar que en la expresión de la velocidad de conteo de una determinada radiación gamma aparece una constante:

$$\text{Cte} = \frac{i \theta \sigma_0}{PA}$$

De esta forma, si se usa la expresión de activación con un determinado comparador, distinto del elemento al que se pretende determinar, del cual se conoce su masa y al mismo tiempo se quiere determinar la concentración de un elemento en una muestra desconocida, la expresión correspondiente a la relación de masas que este método relativo tendría es:

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{C_1 (\text{SDM})_2 \varepsilon_2 \Phi_{epi_2} [f + Q_0(\alpha_2)] \text{Cte}_1}{C_2 (\text{SDM})_1 \varepsilon_1 \Phi_{epi_1} [f + Q_0(\alpha_1)] \text{Cte}_2}$$

En esta expresión se define al k_0 del elemento 1 referente al monitor 2 como:

$$k_{0,2}(1) = \frac{PA_2 \theta_1 i_1 \sigma_{0,1}}{PA_1 \theta_2 i_2 \sigma_{0,2}}$$

La fórmula anterior muestra que la constante k_0 está compuesta por los valores de los datos nucleares fundamentales que se emplean en el análisis absoluto y se pueden determinar experimentalmente a partir de un método relativo utilizando un elemento, comparador, con datos nucleares bien determinados. Este es el caso del oro, con respecto al cual están referidos los k_0 de tablas.

Retornando a la fórmula (1), si se desarrolla la expresión de N, número de átomos y se introduce el factor k_0 , de acuerdo a los conceptos antes explicados, se llega a:

$$\frac{C}{mSDM_E} = N_{av}\phi_{epi}[f + Q_0(\alpha)] \frac{k_0 \theta_{Au} i_{Au} \sigma_{0Au}}{PA_{Au}}$$

Reordenando:

$$\frac{C}{k_0 mSDM_E} = \phi_{epi}[f + Q_0(\alpha)] \frac{N_{av} \theta_{Au} i_{Au} \sigma_{0Au}}{PA_{Au}}$$

El primer término de esta ecuación será denominado genéricamente W.

$$\frac{N_{av} \theta_{Au} i_{Au} \sigma_{0Au}}{PA_{Au}}$$

es una constante expresada a través del número de Avogrado y de parámetros bien tabulados del oro. Para una misma posición de irradiación, el producto entre esta última constante y ϕ_{epi} es también una constante, que será denominada K. De esta forma, la ecuación queda expresada como sigue:

$$W = K[f + Q_0(\alpha)]$$

Las variaciones de W en función de $Q_0(\alpha)$ se describen mediante una recta donde la pendiente es $m = K$ y la ordenada al origen es $a = Kf$.

Como puede observarse, W, que es proporcional a la actividad, es también proporcional a $Q_0(\alpha)$. En una posición de irradiación definida, su valor puede ser considerado único para cada nucleido. El peso relativo de $Q_0(\alpha)$ es mayor cuanto menor es f; por lo tanto, es conveniente realizar irradiaciones bajo cadmio ($f \approx 0$).

A partir de los factores W obtenidos y de los parámetros $Q_0(\alpha)$ calculados para una serie de nucleidos seleccionados como estándares es posible generar, en cada posición de irradiación, rectas de calibración a partir de las cuales se puede obtener el valor $Q_0(\alpha)$ de un nucleido incógnita.

Los parámetros $Q_0(\alpha)$ obtenidos en dos posiciones de irradiación, diferenciadas a partir del parámetro α (que depende de la configuración del núcleo) permiten plantear un sistema de ecuaciones:

$$Q_0(\alpha_1) = \frac{W_1 - a_1}{m_1} = \frac{Q_0(0) - 0,429}{\bar{E}_r^{\alpha_1}} + \frac{0,429}{(1 + 2\alpha_1)0,55^{\alpha_1}}$$

$$Q_0(\alpha_2) = \frac{W_2 - a_2}{m_2} = \frac{Q_0(0) - 0,429}{\bar{E}_r^{\alpha_2}} + \frac{0,429}{(1 + 2\alpha_2)0,55^{\alpha_2}}$$

Resolviendo este sistema es posible determinar tanto las energías efectivas de resonancia como las constantes $Q_0(0)$ y, a partir de estas últimas, las integrales de resonancia. Se sientan así los principios para obtener los parámetros de resonancia de manera experimental.

Selección de nucleidos para la estandarización, la validación y la aplicación del nuevo método

Para obtener las curvas de calibración se eligieron nucleidos sobre los que la reacción de captura (n,γ) no condujera a la formación de isómeros. Además, se puso especial atención a los valores de los parámetros publicados, particularmente en relación con los factores $Q_0(0)$ y las energías efectivas de resonancia. Se evitó el uso de nucleidos con energías efectivas de resonancia excesivamente altas y se seleccionaron los factores $Q_0(0)$ como para cubrir un amplio rango de valores. En los casos donde existía más de una opción, se dio preferencia a los valores determinados con mejor precisión.

En la posición de irradiación F5 se utilizó una recta obtenida a partir de nucleidos irradiados en distintos ciclos de irradiación; para corregir la variación de los datos en función de las pequeñas fluctuaciones de potencia en las diferentes condiciones, se normalizaron todas las actividades tomando al oro como referencia. Las actividades normalizadas con respecto a la relación de actividades de los monitores de oro dieron lugar a una nueva magnitud, W_{norm} , cuyo valor numérico es W/fn , donde fn es el factor de normalización.

En relación con las irradiaciones efectuadas en la posición I6, las fluctuaciones de potencia, y en consecuencia las variaciones de flujo, fueron suficientemente grandes como para que los factores de normalización se encontraran muy alejados del valor unitario. En razón de que la utilización de la magnitud W_{norm} hubiera implicado aquí la aparición de incertidumbres relativamente grandes, no se usó una curva total, sino curvas independientes, cada una de ellas correspondiente a un ciclo específico. Se irradió en cada ocasión una cantidad adecuada de monitores, suficiente como para confeccionar gráficos independientes.

Para demostrar la validez del método propuesto se usó la reacción (n,γ) sobre ^{152}Sm , que conduce a la

formación de un sólo producto, ^{153}Sm . Este nucleido tiene un período de semidesintegración que permite su medición en tiempos relativamente prolongados y además presenta una transición gamma de intensidad y energía adecuadas para una buena detección.

Las reacciones (n,γ) sobre los otros isótopos de samario son: $^{150}\text{Sm}(n,\gamma)^{151}\text{Sm}$ y $^{154}\text{Sm}(n,\gamma)^{155}\text{Sm}$. El ^{151}Sm , además de su muy largo período (93 a), presenta transiciones gamma de muy baja energía e intensidad que no interfieren en la medición del ^{153}Sm . El ^{155}Sm presenta una transición gamma de 104 keV y un período de semidesintegración 22,4 min; en la medición del ^{153}Sm se debió entonces esperar un tiempo que asegurara su decaimiento hasta valores despreciables.

El criterio aplicado en la definición de las incógnitas estuvo relacionado con dos aspectos ya comentados en este trabajo: la ausencia de datos para la activación epitérmica de algunos nucleidos, o bien la existencia en la literatura de valores al menos cuestionables, por no haberse considerado en su elaboración al parámetro alfa, o por haberse empleado energías de resonancia, en los casos

de pares isoméricos, correspondientes al precursor, sin discriminación de las reacciones.

La investigación comprendió a varios isótopos del zinc y a un isótopo de la plata, en este caso en relación con la producción de $^{110\text{m}}\text{Ag}$, sobre la que existen datos que podrían encuadrarse en la problemática expuesta. Se describirán aquí los detalles correspondientes al estudio sobre este último radionucleido, debido a que los datos sobre zinc forman parte de otra publicación (Segovia y colaboradores, 2007).

Los datos de todas las reacciones nucleares, los precursores y los productos se indican en la Tabla 2. Los valores de las incertidumbres (indicados entre paréntesis) para las energías efectivas de resonancia corresponden a las últimas cifras significativas de la magnitud tabulada. Por razones de espacio, se han suprimido las incertidumbres de las magnitudes no relevantes en la calibración.

Tabla 2. Datos nucleares de los nucleidos empleados en la estandarización, la validación y la aplicación del nuevo método

Reacción Nuclear	Precursor				Producto		
	θ , % ^a	\bar{E} , eV	Q_0	PA^a	$T_{1/2}$	\bar{E} , keV	k_0
$^{75}\text{As}(n,\gamma)^{76}\text{As}$	100	103 (36) ^c	14,0 ^b	74,92160	26,24 h ^g	559,10 ^g	4,97 E-02 ^b
$^{55}\text{Mn}(n,\gamma)^{56}\text{Mn}$	100	468 (51) ^c	1,07 ^b	54,938049	2,57878 h ^f	846,776 ^f	4,96 E-01 ^b
$^{65}\text{Cu}(n,\gamma)^{66}\text{Cu}$	30,83	766 (130) ^c	1,06 ^b	63,546	5,120 min ^g	1039,2 ^g	1,86 E-03 ^b
$^{98}\text{Mo}(n,\gamma)^{99}\text{Mo}$	24,13	241 (48) ^c	53,1 ^b	95,94	65,94 h ^g	739,500 ^g	8,42 E-05 ^b
$^{186}\text{W}(n,\gamma)^{187}\text{W}$	28,43	20,5 (2) ^c	13,7 ^b	183,84	23,72 h ^g	479,550 ^g 685,73 ^g	2,97 E-02 ^b 3,71 E-02 ^b
$^{74}\text{Se}(n,\gamma)^{75}\text{Se}$	0,89	29,4 (4,1) ^d	11,5 ^d	78,96	119,79 d ^g	136,0001 ^g 264,6576 ^g	6,76 E-03 ^d 7,11 E-03 ^d
$^{74}\text{Ge}(n,\gamma)^{75}\text{Ge}$	36,73	3540 (7,9) ^d	1,68 ^d	72,64	82,78 min ^g	198,6 ^g	6,15 E-05 ^d
$^{152}\text{Sm}(n,\gamma)^{153}\text{Sm}$ ¹	26,75			150,36	1,92848 d ^f	103,18012 ^f	2,31 E-01 ^d
$^{109}\text{Ag}(n,\gamma)^{110\text{m}}\text{Ag}$ ¹	48,161			107,8682	248,78 d ^f	657,7600 ^f 677,6239 ^f 706,6780 ^f 763,9452 ^f	3,50E-02 ^d 3,93E-03 ^d 6,12E-03 ^d 8,27E-03 ^d

¹ Los datos de energía efectiva de resonancia y de Q_0 se indican más adelante, al discutir los resultados.

^a Tuli (2000)

^b Moens y colaboradores (1984)

^c De Corte y colaboradores (1987)

^d De Corte y colaboradores (1993)

^f Monographie BIPM-5 (Bé y colaboradores, 2004)

^g Base de datos Nudat (2005)

Resultados y discusión

Tal como fue mencionado, las mediciones del parámetro α mostraron una muy satisfactoria reproducibilidad. El promedio de las determinaciones fue:

α , F5 (incertidumbre, %): -0,0239 (10)

α , I6 (incertidumbre, %): 0,0266 (10)

Con relación al nuevo método para la determinación de energías efectivas de resonancia y factores Q_0 , la estandarización arrojó resultados coherentes. La Figura 1 muestra, a título de ejemplo, una de las curvas de calibración obtenidas, en este caso en la posición F5.

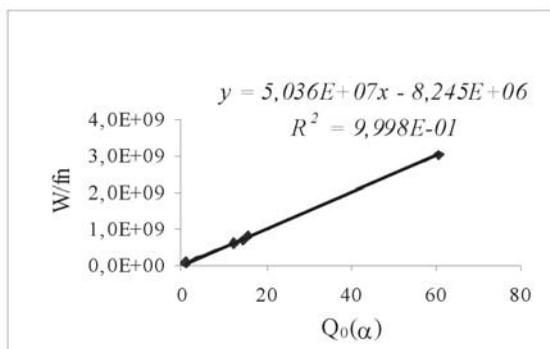


Figura 1. Curva de calibración en F5, para la estandarización del nuevo método

Los resultados obtenidos en relación con la validación del método y su aplicación a los nucleidos seleccionados como incógnitas tienden a demostrar las virtudes del método desarrollado, sin pretender en este caso la determinación de valores de tabla, que requerirían un mayor número de replicados y la realización de las irradiaciones focalizadas en un fin específico, con un menor número de especímenes.

Tal como ha sido discutido, se utilizó al ^{153}Sm para validar el método. Los valores de $Q_0(\alpha)$, calculados a partir de las expresiones analíticas de las curvas de calibración, y sus incertidumbres, determinadas a partir de las fórmulas de propagación de errores, se indican en la Tabla 3.

Con estos resultados se calculó el valor de \bar{E}_r cuya incertidumbre resultó mayor a 80 %. El aporte principal a ese porcentaje proviene de las incertidumbres de $Q_0(\alpha)$ en ambas posiciones de irradiación.

De manera general, la estrategia para disminuir el intervalo de confianza en el que se encuentra \bar{E}_r se basa en reducir la incertidumbre de los valores de $Q_0(\alpha)$; esto se realiza minimizando las incertidumbres de las actividades y por lo tanto las de W .

Con el objeto de evaluar la potencialidad del método, se analizaron las incertidumbres finales de $Q_0(\alpha)$ y \bar{E}_r resultantes de un valor de 1 % en la incertidumbre de W . Esta premisa no es arbitraria, puesto que tal precisión es fácil de lograr a partir de irradiaciones replicadas, lo que permite obtener un valor promedio, con incertidumbre obviamente menor que la correspondiente a los valores individuales.

Recalculando las incertidumbres de $Q_0(\alpha)$ de acuerdo a estas pautas, se obtuvieron incertidumbres porcentuales iguales a 1,4 y 1,3, para las posiciones F5 e I6, respectivamente. Comparando estos valores con los obtenidos anteriormente, se observa que la incertidumbre ha disminuido notablemente. Sobre esta base se efectuaron en este caso seis réplicas de las determinaciones.

El valor de \bar{E}_r y su incertidumbre se indican en la Tabla 4.

Tabla 3. Resultados de la determinación de $Q_0(\alpha)$ para la formación de ^{153}Sm en las posiciones de irradiación empleadas

Posición	$Q_0(\alpha)$	Incetudumbre	Incetudumbre, %
F5	15,02	0,50	3,3
I6	13,85	0,34	2,5

Tabla 4. Resultados de la determinación de la energía efectiva de resonancia para la formación del ^{153}Sm

Energía de Resonancia	Valor, eV	Incetudumbre
Experimental	5,02	2,0 (40 %)
Valor de tablas*	8,53	0,09 (1,06 %)

*extraído de De Corte (1987)

La incertidumbre porcentual del valor de De Corte (1987) es, curiosamente una de las más bajas que consigna en su tabulación. No obstante, es necesario destacar que estos valores resultan, como se ha mencionado anteriormente, de un cálculo aproximado basado en un desarrollo en serie acotado a los dos primeros términos. Tal como puede observarse, el valor experimental calculado en el presente trabajo muestra una razonable aproximación con el tabulado, con la ventaja de ser intrínsecamente correcto, dado su carácter experimental, aun cuando su incertidumbre es considerablemente mayor.

De todas formas, es también importante enfatizar el hecho de que las diferencias entre los valores de \bar{E}_α son notablemente menores que las registradas para los valores absolutos de \bar{E}_α , hecho que conlleva una considerable amortiguación de los eventuales errores, tal como se muestra en la Tabla 5.

valores refieren, en realidad a datos de $Q_0(\alpha)$, particulares de cada reactor y su posición de irradiación. De esta forma, una buena parte de los datos publicados carece del carácter universal requerido para una constante nuclear y sólo inducen a confusión y errores por parte del usuario.

Los valores finales obtenidos la formación del ^{153}Sm son:

$$\bar{E}_\alpha = 5,02 \text{ eV} \pm 2,0 \text{ eV} (40 \%)$$

$$Q_0(0) = 14,45 \pm 0,34 (2,3 \%)$$

$$I_0 = 2980 \text{ b} \pm 110 \text{ b} (3,7 \%)$$

Además del dato publicado para \bar{E}_α , los valores de literatura para este nucleido son:

- Moens y colaboradores (1984): $Q_0(0) = 14,4$; no se informa incertidumbre de este valor, que por lo tanto debería considerarse sólo como dato de orientación.

Tabla 5. Comparación entre valores de \bar{E}_α y \bar{E}_α^α para la formación del ^{153}Sm

Magnitud	Valor experimental	Valor de tabla	Diferencia %
\bar{E}_α (eV)	5,02	8,53	41
$\bar{E}_\alpha^{\alpha*}$	0,96	0,95	1,05

*Corresponde a α_{1r} , parametro determinado en la posición 1-5.

Se observa aquí que la diferencia de 41 % entre los valores de \bar{E}_α se reduce a 1,05 % cuando se eleva dicha magnitud al parámetro alfa. Del mismo modo, el valor relativo de 40 %, correspondiente a la incertidumbre del valor experimental de \bar{E}_α se reduce significativamente a sólo 2 %.

Ya ha sido discutido que el carácter de los valores de $Q_0(\alpha)$ no es universal, puesto que ellos dependen de alfa. Cabe destacar que en la literatura existen valores supuestamente universales, dado que en su elaboración se trabajó bajo la premisa de un flujo epitérmico ideal (comportamiento 1/E). Estos

- Mughabghab y colaboradores, 1981: $\sigma_0 = (206 \pm 6) \text{ b}$; $I_0 = (2970 \pm 100) \text{ b}$.
- Gryntakis y colaboradores, 1987: $\sigma_0 = (206 \pm 6) \text{ b}$; $I_0 = (2960 \pm 150) \text{ b}$.

Los valores obtenidos coinciden, dentro de las incertidumbres, con los valores publicados. En la Tabla 6 se muestran los resultados obtenidos para la ^{110m}Ag , seleccionado como nucleido incógnita.

Tabla 6. Resultados de la medición de parámetros nucleares para la formación de ^{110m}Ag

Magnitud	Valor	Incertidumbre	Inceridumbre, %
\bar{E}_α^α	0,8994	0,019	2,1
$Q_0(0)$	18,31	0,45	2,5
I_0^1	86,0 b	4,2 b	4,9

¹ Valor calculado a partir del resultado experimental para $Q_0(0)$, considerando $\sigma_0 = (4,7 \pm 0,2) \text{ b}$ (Gryntakis y colaboradores, 1987)

De Corte y colaboradores (1993) informan tres valores de $Q_0(0)$ para ^{110m}Ag : 17,4 (4,3 %); 16 (2,5 %); 16,7 (4,2 %). Se observa, en primera instancia, que los valores extremos no son promediables. Los autores recomiendan al valor 16, sin exponer el criterio de selección. Probablemente esta elección se deba a que es el que presenta menor incertidumbre, aun cuando el criterio, de existir, parecería arbitrario.

Moens y colaboradores (1984) publican un valor de 17,7 para $Q_0(0)$ sin incertidumbre asociada. Datos de estas características sólo pueden tener carácter de orientación, puesto que no tiene sentido informar los resultados de medición de una magnitud física sin indicar la incertidumbre asociada.

Para σ_0 (referencia para el cálculo) e I_0 se encontraron en la literatura los siguientes valores:

- Gryntakis y colaboradores, 1987: $s_0 = (4,7 \pm 0,2) \text{ b}$; $I_0 = (72,8 \pm 5) \text{ b}$
- Mughabghab y colaboradores, 1981: $s_0 = (4,7 \pm 0,2) \text{ b}$; $I_0 = (72,3 \pm 4) \text{ b}$

Es preciso señalar, una vez más, que no existe constancia alguna acerca de la consideración del parámetro α en la elaboración de estos valores. Si realmente este parámetro no fue tenido en cuenta, el valor experimental de I_0 obtenido en este trabajo no es enteramente comparable con los de tablas. Si, en cambio, fue considerado, los autores antes referidos debieron utilizar para el cálculo del valor de la integral la energía de resonancia obtenida a partir de los parámetros del blanco (incorrectamente aplicados a estados isoméricos), por lo que tampoco tendría sentido evaluar el valor experimental comparándolo con los publicados. De todas formas, la no consideración de α no conduciría a errores importantes, puesto que los valores de tabla son cercanos al presente.

Cabe destacar, a modo de consideración complementaria, que la metodología propuesta en el presente trabajo para la determinación de $Q_0(0)$ y \bar{E}_α es conceptualmente diferente a la hasta ahora aplicada. En consecuencia no todos los valores finales son comparables a los publicados.

Las diferencias que existen entre los datos podrían deberse a la no consideración del parámetro α o bien a la utilización en general de energías de resonancia erróneas. En este sentido, han sido ya explicadas las razones por las cuales el método aquí desarrollado conduce a la determinación de energías de resonancia intrínsecamente correctas. Si bien la precisión resulta algo pobre, es necesario destacar el efecto de amortiguación de la incertidumbre cuando la energía de resonancia es elevada a la potencia alfa.

Conclusiones

Hasta donde llega el conocimiento de los autores, éste es el primer estudio donde las desviaciones del comportamiento ideal de la componente epitérmica del espectro neutrónico de un reactor han sido enfocadas, antes que en las características del reactor mismo o en la necesidad de efectuar correcciones en los procesos analíticos, en su implicancia, con relación a la calidad del dato nuclear derivado de las condiciones reales de determinación. Esta visión representa, tanto en la filosofía de trabajo como en su metodología, una forma diferente de encarar el problema.

Un ejemplo podría ilustrar con mayor claridad la afirmación anterior: si el apartamiento de la idealidad es evaluado con el propósito de lograr mayor exactitud en el análisis por activación paramétrico, los factores involucrados (la energía efectiva de resonancia del radionucleido y el parámetro α de la posición de irradiación) son datos auxiliares en la corrección de $Q_0(0)$ a $Q_0(\alpha)$, cuyo efecto, en la mayor parte de los casos, se amortigua en forma significativa al realizar la corrección equivalente en el comparador. El proceso inverso, es decir, la medición de $Q_0(\alpha)$ con la intención de obtener $Q_0(0)$, dato de carácter universal, requiere una consideración mucho más rigurosa de los factores mencionados.

A partir de la premisa recién enunciada, se evaluaron en forma exhaustiva los métodos de determinación de alfa. Sobre la base de este estudio parcial, se llegó a seleccionar a aquél que cumplía con los requerimientos primarios de adecuado desarrollo teórico y viabilidad experimental, unidos a resultados confiables y reproducibles.

La cuestión de los métodos de determinación de la energía efectiva de resonancia merece un tratamiento especial. Hasta aquí existían en la literatura sólo dos: uno de los métodos, de naturaleza experimental, es de ejecución tan engorrosa que prácticamente no fue utilizado, ni aun por sus mismos autores; el otro, resultante de un cálculo aproximado, presenta serias limitaciones con respecto a las energías de resonancia altas y es además no aplicable cuando existen estados isoméricos, situación soslayada en la aplicación a ultranza de supuestos factores de corrección. Esta situación llevó a uno de los logros más significativos del presente trabajo, que fue el desarrollo de un nuevo método experimental, riguroso en su concepción, de realización simple y debidamente validado.

Antes de entrar en la consideración de los resultados obtenidos mediante la aplicación del nuevo método para la determinación experimental de energías efectivas de resonancia, es oportuno formular una

reflexión previa: la bondad de un dato no debe juzgarse en función de una incertidumbre eventualmente baja (muchas veces consecuencia de subestimar o ignorar factores de variabilidad que influyen en el dato) sino en su propia elaboración, comenzando por la rigurosidad del método y siguiendo por todas las variables que aseguren su calidad, entre ellas la consistencia interna de los datos de partida. Si bien las incertidumbres de las energías efectivas de resonancia surgidas del empleo de este nuevo método son significativamente mayores, en comparación con las consignadas en los datos de literatura, los valores son intrínsecamente correctos. Esta consideración resultaría decisiva, en caso de duda, acerca de la opción entre valores discrepantes. Debe recordarse, además, que el método desarrollado permite la determinación de energías efectivas de resonancia en la generación de estados isoméricos y no presenta limitación alguna en relación con la dimensión de estas constantes.

Es posible que en condiciones experimentales más favorables las energías efectivas de resonancia puedan medirse con incertidumbres menores. Ya fue discutida esta cuestión, señalando los factores que podrían conducir hacia valores más bajos de incertidumbre, pero es importante destacar el hecho, también señalado en las secciones anteriores, que el verdadero factor involucrado en la determinación de constantes $Q_0(0)$ e integrales de resonancia no es \bar{E}_r , energía efectiva de resonancia, sino \bar{E}_r^α , cuya incertidumbre es notablemente menor. De esta forma, valores relativamente altos en la incertidumbres de la energía efectiva de resonancia no son obstáculo para la determinación precisa de constantes $Q_0(0)$ e integrales de resonancia.

El método al que se hizo mención en los párrafos precedentes fue desarrollado para cubrir el vacío existente en la determinación correcta de energías efectivas de resonancia, pero es importante destacar que también incluye la posibilidad de determinación de las constantes $Q_0(0)$, sumando otro aspecto favorable a su aplicación.

Aun cuando los logros del presente trabajo pueden estimarse relevantes, el resultado más importante, posiblemente, radica en las perspectivas que abre para futuros desarrollos. Es factible la aplicación a otros reactores el estudio del comportamiento no ideal de la componente epitérmica, de forma tal que nuevos datos nucleares, de generación rigurosa y, en consecuencia, de mayor calidad, podrán engrosar la literatura o bien reemplazar a muchos de los actualmente existentes. Un nuevo camino, a través del cual la comunidad científica disponga de datos nucleares auténticamente universales, podría, tal vez, abrirse a partir de la presente contribución.

Agradecimientos

Los autores desean agradecer la colaboración prestada por M. A. Arribére, A. J. Kestelman, S. Ribeiro Guevara, R. Sánchez, A. F. Iglicky, R. R. Plá, A. Mondino y J. C. Furnari en la realización de diferentes aspectos de este trabajo.

Referencias

- ARRIBÉRE, M. A. (1986) Trabajo Especial, Carrera de Ingeniería Nuclear. Instituto Balseiro, Comisión Nacional de Energía Atómica y Universidad Nacional de Cuyo, Bariloche, Argentina.
- ARRIBÉRE, M. A. (1997) Tesis Doctoral. Instituto Balseiro, Comisión Nacional de Energía Atómica y Universidad Nacional de Cuyo, Bariloche, Argentina.
- ARRIBÉRE, M. A.; COHEN, I. M.; KESTELMAN, A. J.; RIBEIRO GUEVARA, S.; ARRONDO, M.; FORNACIARI ILJADICA, M. C. (2005) *Proyecciones*, Vol. 3, No. 1, 37.
- BÉ, M. –M.; CHISTÉ, V.; DULIEU, C.; BROWNE, E.; CHECHEV, V.; KUZMENCO, N.; HELMER, R.; NICHOLS, A.; SCHÖNFELD, E.; DERSCH, R. (2004) *Monographie BIPM-5, Table of Radionuclides, Vol. 1 – A = 1 to 150*. Bureau International des Poids et Mesures.
- BECKURTZ, K. H.; WIRTZ, K. (1964) *Neutron Physics*. Springer-Verlag, Berlin.
- COHEN, I. M.; FURNARI, J. C.; MONTOYA, E. H.; ARIBÉRE, M. A.; KESTELMAN, A. J.; MENDOZA, P.; TORRES, B. (1996) *Second International k_0 Users Workshop. Ljubljana, Slovenia, 30 September – 3 October*.
- COHEN, I. M.; ARRONDO, M.; ARIBÉRE, M. A.; FORNACIARI ILJADICA, M. C. (2006) *Nucl. Sci. Eng.* 154, 110.
- DE CORTE, F. (1987) en *Handbook on Nuclear Activation Data*. IAEA Technical Reports Series 273, p. 256. International Atomic Energy Agency, Vienna.
- DE CORTE, F.; MOENS, L.; SORDO EL-HAMMAMI, K.; SIMONITS, A.; HOSTE, J. (1979 A) *J. Radioanal. Chem.* 52, 306.
- DE CORTE, F.; MOENS, L.; SIMONITS, A.; DE WISPELAERE, A.; HOSTE, J. (1979 B) *J. Radioanal. Chem.* 52, 295.
- DE CORTE, F.; SIMONITS, A.; BELLEMANS, F.; FREITAS, M. C. (1993) *J. Radioanal. Nucl. Chem., Articles*, 69, 125.
- GRYNTAKIS, E. M.; CULLEN, D. E.; MUNDY, G. (1987) en *Handbook on Nuclear Activation Data*, IAEA Technical Reports Series 273, p. 199. International Atomic Energy Agency, Vienna.
- HÖGDAHL, O. T. (1962) en *Radiochemical Methods of Analysis, Vol. No 1*. International Atomic Energy Agency, Vienna.
- MOENS, L.; SIMONITS, A.; DE CORTE, F.; HOSTE, J. (1979 A) *J. Radioanal. Chem.* 54, 377.
- MOENS, L.; DE CORTE, F.; SIMONITS, A.; DE WISPELAERE, A.; HOSTE, J. (1979 B) *J. Radioanal. Chem.* 52, 379.
- MOENS, L.; DE CORTE, F.; DE WISPELAERE, A.; HOSTE, J.; SIMONITS, A.; ELEK, A.; SZABÓ, E. (1984) *J. Radioanal. Nucl. Chem., Articles*, 82/2, 385.
- MUGHABGHAB, S. F.; DIVADEENAM; HOLDEN N. E. (1981) "*Neutron Resonance Parameters and Thermal Cross Sections*". Academic Press, New York.
- NUDAT2, base de datos disponible vía internet en <http://www.nndc.bnl.gov/nudat2> (Última consulta realizada en octubre de 2005).
- ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA (1991) *Nuclear Analysis Software, Part. 2: Gamma Spectrum Analysis, Activity Calculations and Neutron Activation Analysis*. IAEA/CMS/3. Vienna, Austria.
- RIBEIRO GUEVARA, S. (2001) Tesis Doctoral. Instituto Balseiro, Comisión Nacional de Energía Atómica y Universidad Nacional de Cuyo, Bariloche, Argentina.

RYVES, T. B.; PAUL, E. B. (1968) *J. Nucl. Energy.* 22, 759.
SCHUMANN, P.; ALBERT, D. (1965) *Kernenergie* 2, 88.
SEGOVIA, M. S.; FORNACIARI ILJADICA, M. C., ARRIBÉRE, M. A.; COHEN, I. M. (2006). Trabajo aceptado para su presentación en *International Conference for Nuclear Data in Science and Technology*. Nice, France, April 22-27.
SIMONITS, A.; DE CORTE, F.; HOSTE, J. (1975) *J. Radioanal. Chem.* 24, 31.
SIMONITS, A.; JOVANOVIĆ, S.; DE CORTE, F.; MOENS, L.; HOSTE, J. (1984) *J. Radioanal. Nucl. Chem., Articles* 82/1, 169.
STOUGHTON, R. W.; HALPERIN, J. (1959) *Nucl. Sci. Eng.* 6, 100.
WESTCOTT, C. H.; WALKER, W. H.; ALEXANDER, T. K. (1958) *Proc. 2nd. Int. Conf. in Peaceful Uses of Atomic Energy*, Geneva, Vol. 16 Session A11, p. 202. International Atomic Energy Agency, Vienna.
TULI, K. J. (2000) *Nuclear Wallet Cards, Sixth Edition*. National Nuclear Data Center. Brookhaven National Laboratory, USA.

Alternativas en la producción de envases PET*

G. A. Chinni

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires,
Medrano 951 (C1179AAQ)
Buenos Aires, Argentina.

e-mail: gachinni@yahoo.com.ar

Recibido el 7 de agosto de 2006; aceptado el 20 de febrero de 2007

Resumen

En la Argentina la utilización del PET (tereftalato de polietileno) se limita principalmente a su uso en envases de bebidas, aceites comestibles, cosméticos y limpiadores, donde las botellas para gaseosas ocupan el mayor mercado. Sin embargo, es posible desarrollar otras alternativas en PET no empleadas habitualmente en la industria local. Derivados lácteos y sidras son algunas opciones frecuentes en otros mercados. Las alternativas de envase o packaging mencionadas no han sido consideradas en forma masiva en la Argentina. Este trabajo desarrolla la posibilidad de utilizar envases de PET para contener sidra y leche.

PALABRAS CLAVE: PET – ENVASES – LECHE - SIDRA

Abstract

The use of PET (polyethylene terephthalate) in Argentina is restricted principally to beverages, edible oils, cosmetics and cleaning substances, where beverage bottles represent most of this market. However, it is possible to develop other uses for PET that are not customary in local industry. Milk drinks and cider are some usual options in others markets. These alternatives for PET bottles are not considered to be significant in Argentina. This study develops the possibility of using PET bottles for cider and milk.

KEYWORDS: PET – BOTTLES – MILK - CIDER

*Trabajo realizado sobre la base de la tesis presentada por G. A. Chinni para optar al grado de Magíster en Tecnología de Alimentos, bajo la dirección de H. Herrera.

Introducción

El Tereftalato de Polietileno (PET) ha sido el quinto gran termoplástico inventado en 1975 por Nathaniel C. Wyeth durante el siglo XX (Apme, 2000). Su aplicación en gaseosas generó una verdadera revolución dentro del mundo de los envases. A comienzos de la década de los años setenta, DuPont recibió la primera licencia que contemplaba el uso del tereftalato de polietileno para la fabricación de botellas de bebidas. En 1972, DuPont y Pepsi-Cola Company llevaron a cabo la primera prueba de mercado exitosa. Sin embargo, debieron transcurrir otros cinco años, mientras se desarrollaban equipos de alta velocidad, hasta que en 1976 se lanzaron al comercio por primera vez las botellas de PET. Poco después, en 1978, Eastman ingresó al comercio por primera vez las botellas de PET verde, introducido bajo la firma registrada Kodapak (Eastman Chemical Company, 1995). Este gran cambio se debió, en gran medida, a las ventajosas propiedades que posee el PET, tales como ausencia de cementantes, barrera a los gases, seguridad para los clientes, y a su escaso peso con relación al producto adquirido, aproximadamente 50 veces menos que el líquido contenido (ARPET, 2000). Otras de las ventajas que ofrece el PET son alto brillo y claridad, resistencia química, durabilidad y, desde el punto de vista del desarrollo de productos y marketing, posibilidad de coloración, con lo cual es factible diferenciar productos y preservar mejor el líquido contenido.

Paralelamente al desarrollo y la utilización de esta particular resina plástica, resulta necesario implementar sistemas que permitan minimizar los residuos domiciliarios e industriales, reduciendo, reutilizando y reciclando, con el fin de aprovechar eficientemente los recursos energéticos disponibles, evitando de esta manera el deterioro de los recursos naturales y de los ambientes urbanos y generando sistemas productivos sustentables.

Fundamentos y antecedentes

En la Argentina la utilización del PET se limitó a los rubros de bebidas, aceites, cosméticos y limpiadores, siendo el primero de ellos el más desarrollado. A pesar del uso que ha tenido el PET en el ámbito de las gaseosas, también existen casos exitosos de utilización del PET para otros productos alimenticios todavía inexplorados en el país. Derivados lácteos y licores son algunas de las variantes empleadas en otros países. Como ejemplo de esto último puede citarse el creciente interés por elaborar yogur bajas calorías en envases de PET en Europa y la aceptación que ha tenido la leche envasada en PET por las firmas Parmalat y Cirio en Italia (PET PLANET, 2000).

Las alternativas de packaging mencionadas no han sido consideradas en forma masiva en nuestro país; por tal razón, el objetivo de este trabajo es estudiar el uso de envases de PET para sidra y leche.

Estas posibilidades tecnológicas fueron exploradas con el propósito de conocer las ventajas y las desventajas que ofrecerían a la producción nacional, teniendo en cuenta que los envases de PET ofrecen la posibilidad de diferenciar productos en el mercado, esto es, constituyen una herramienta fundamental en los aspectos técnicos y de marketing, facilitando un rápido desarrollo de nuevos diseños, volumetrías, colores y una amigable manipulación por parte de los clientes debido a su peso específico; ventajas con las cuales no cuenta el vidrio.

Un aspecto importante que se consideró en este trabajo es la generación de acetaldehído por parte de los envases de PET. El acetaldehído es un producto de degradación que puede producirse cuando se funde el PET, como sucede en el proceso de moldeo por inyección. Cantidades pequeñas de acetaldehído residual no se consideran peligrosas para los seres humanos; ocurre en forma natural en nuestros organismos y en determinados alimentos, tales como frutas cítricas. No obstante, puede afectar el sabor del contenido de los envases, como sería el caso de la leche, brindándole un sabor levemente frutado; este aspecto fue estudiado en el presente trabajo.

Otra de las propiedades que presentan los envases plásticos en general es la permeabilidad a los gases. El oxígeno desencadena procesos oxidativos en compuestos orgánicos de la sidra, cambiando así su color natural; por tal motivo se evaluó la permeabilidad a este elemento de los envases de PET a utilizar. El dióxido de carbono, al liberarse paulatinamente de la sidra, genera menor efervescencia y pérdida de presión interna; para la evaluación de este tópico se efectuaron mediciones de presión interna en las botellas de PET que fueron objeto del estudio.

Simultáneamente a esta interesante alternativa tecnológica, deben desarrollarse y fomentarse aquellas que valoren los residuos plásticos originados por la industria y el consumo domiciliario, con el fin de realizar una eficaz gestión de residuos que contribuya a mejorar la calidad de vida de las personas y permita un desarrollo económico y ambiental sustentable en el tiempo.

Desde el punto de vista ambiental, el PET es la resina que presenta mejores aptitudes para el reciclado (asignado N° 1 en la clasificación de envases

plásticos). El principal destino de los residuos post consumo es la fabricación de fibras textiles, utilizándose en la configuración de alfombras, cuerdas, cepillos, escobas, zunchos e indumentaria.

Objetivos

Con el propósito de aportar información que permitiese el desarrollo sustentable de la tecnología de los alimentos en el ámbito nacional, el principal objetivo ha sido el estudio de una tecnología todavía no adoptada masivamente por productores locales de alimentos, para lo cual se analizaron envases de PET con capacidad nominal de 1 L para ser utilizados para almacenar leche y sidra.

En consonancia con este objetivo, se plantearon los siguientes objetivos secundarios:

- 1) Estudio, por cromatografía gaseosa, de la liberación de acetaldehído residual en los envases de PET y su incidencia en las características sensoriales de la leche envasada (cambio de sabor).
- 2) Evaluación de la pérdida de dióxido de carbono de sidra envasada en botellas de PET en dos alternativas productivas posibles: envases de 44 g (mayor espesor de pared y mayor costo por unidad) y 36 g (menor espesor de pared y menor costo por unidad).
- 3) Análisis comparativos entre envases de PET y otras alternativas empleadas habitualmente en las industrias lácteas y productoras de sidra.
- 4) Análisis de información referente al reciclado del PET y otros plásticos en Argentina.

Parte Experimental

Infraestructura y equipamiento

Los ensayos de calidad, determinación de pérdida de dióxido de carbono y acetaldehído residual se desarrollaron en las instalaciones del grupo empresario Syphon S.A y Kokler Plastics, certificado por el sistema de gestión de la calidad ISO 9001/2001, el cual posee un laboratorio de control de calidad con el equipamiento necesario.

Para el análisis sensorial se contó con el apoyo estructural y técnico del Centro de Investigaciones Tecnológicas de la Industria Láctea, perteneciente al Instituto Nacional de Tecnología Industrial, INTI Lácteos.

La medición de la velocidad de transmisión de oxígeno en envases se realizó en el Centro de Investigación y Desarrollo de Envases y Embalajes del INTI, INTI Envases y Embalajes.

Plan de trabajo

■ *Ensayos de control de calidad en envases para sidra y leche.* Se tomaron muestras representativas de envases según la metodología empleada en la industria de envases y gaseosas. Estas muestras fueron sometidas a los siguientes ensayos:

- Dimensionales: Altura total, diámetros, peso de la base y espesores en zona de cuello, hombro, panel y base.
- Test de reventamiento: Se sometió a los envases a presión interna creciente hasta su colapsado y se registró luego el valor de presión final.
- Velocidad de transmisión de oxígeno: Se midió con un equipo OXTRAN MS 2/20 con sensor columbimétrico de oxígeno.

■ *Determinación de pérdida de dióxido de carbono.* Con el fin de cuantificar la descarbonatación que podría sufrir la sidra, se midió a las 24 hs y cada 2, 4, 6, 12 y 18 semanas la presión interna de los envases con dispositivos PCO, válvulas de retención y manómetro intercambiable. Se tomó la temperatura de 3 envases al azar para realizar los cálculos de volúmenes y el *shelf life* (vida útil) teórico en el programa estándar utilizado por la industria de envases de PET no retornables.

■ *Realización de curva de acetaldehído residual en envases de PET (sidra y leche).* Según la metodología empleada en la industria de envases para gaseosas, se tomaron 16 botellas de PET representativas del molde utilizado para producir las preformas y los envases. Los mismos se barrieron con nitrógeno gaseoso para eliminar otros gases e impurezas. Se dejaron tapados y en reposo durante 24 hs. Luego se analizaron diariamente mediante cromatografía gaseosa, durante 14 días, con el fin de obtener resultados de liberación de acetaldehído residual. Con dichos valores se construyó una curva que reflejó las concentraciones acumuladas de acetaldehído en los envases.

■ *Desarrollo de metodología de análisis sensorial para leche.* Sobre la base de la norma IRAM 20008 de análisis sensorial para ensayo triangular y los criterios de la industria láctea y de envases (Instituto Argentino de Normalización, 1997) se desarrolló una metodología para analizar sensorialmente la leche que contenían los envases de PET.

■ *Realización del análisis sensorial mediante paneles de degustación para leche.* En función de la metodología para análisis sensorial elaborada, se implementó la misma en el plantel experimentado en leche del INTI Lácteos.

■ *Perspectivas de los envases de PET en función de las tendencias de mercado.* Precios comparativos para envases de PET y otras alternativas de envasado habitualmente utilizadas para leche y sidra.

■ *Recopilación y análisis de información sobre el reciclado del PET y otros plásticos.* Sobre la base de datos bibliográficos y visitas a empresas se

plantea la necesidad del reciclado. Posibilidades y tendencias.

Resultados y discusión

Ensayos de control de calidad en envases para sidra y leche

Los ensayos de calidad de caracterización de los envases de 1 L para sidra y leche, arrojaron los resultados que se indican en las Tablas 1 y 2:

Tabla 1. Cuadros comparativos de resultados en características dimensionales

Características dimensionales	Envase 36 g		Envase 44 g		Diferencia entre 36 g y 44 g
	Promedio	Desviación estándar	Promedio	Desviación estándar	
Espesor zona 1, cuello (mm)	0,42	0,09	0,52	0,10	0,10
Espesor zona 2, hombro (mm)	0,27	0,004	0,33	0,04	0,06
Espesor zona 3, panel (mm)	0,27	0,008	0,41	0,02	0,14
Espesor zona 4, panel (mm)	0,28	0,03	0,46	0,02	0,18
Espesor zona 5, talón (mm)	0,26	0,02	0,46	0,04	0,20
Espesor zona 6, pétalo (mm)	0,25	0,04	0,41	0,05	0,16
Espesor zona 7, base (mm)	0,41	0,02	0,50	0,04	0,09
Espesor zona 8, base (mm)	2,82	0,12	2,77	0,09	0,05
Peso de la base (fondo) (g)	8,0	0,7	10,4	0,7	2,4
Altura total (mm)	294,51	0,15	294,35	0,15	0,16
Diámetro en zona de hombro (mm)	82,4	0,009	82,5	0,003	0,10
Diám. en zona de panel etiq. (mm)	81,4	0,01	81,5	0,005	0,10
Diámetro en zona de talón (mm)	82,5	0,005	82,6	0,007	0,10

Tabla 2. Cuadros comparativos de resultados en ensayos

Ensayo	Envase 36 g		Envase 44 g		Diferencia entre 36 g y 44 g
	Promedio	Desviación estándar	Promedio	Desviación estándar	
Presión de reventamiento (kg/cm ³)	13,9	0,8	13,9	0,5	0,00
Transferencia de oxígeno (cm ³ /env.día)	0,55	No aplicable	0,37	No aplicable	0,18

Tabla 3. Pérdida de dióxido de carbono durante dieciocho semanas en envases de 36 g y 44 g

Período	Pérdida de CO ₂ (respecto al volumen inicial)		
	Envase 36 g Promedio (%)	Envase 44 g Promedio (%)	Diferencia entre 36 g y 44 g
A las 24 hs	1,09	0,84	0,25
A las 2 semanas	5,11	4,58	0,53
A las 4 semanas	13,63	10,68	2,95
A las 6 semanas	15,22	12,76	2,46
A las 12 semanas	21,07	18,20	2,87
A las 18 semanas	33,12	28,90	4,22

Pérdida de dióxido de carbono

Los resultados del ensayo de pérdida de dióxido de carbono se muestran en la Tabla 3 y la Figura 1:

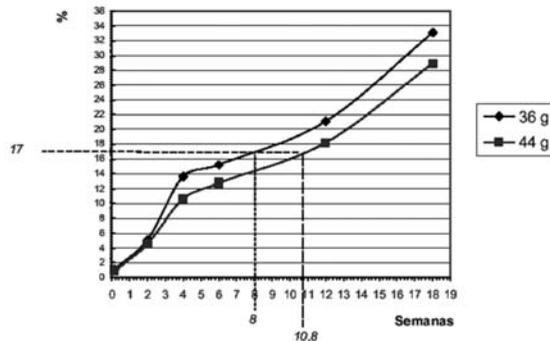


Figura 1. Pérdida de dióxido de carbono en envases de PET durante dieciocho semanas

Las diferencias encontradas en los valores de la tasa de transferencia de oxígeno y en la pérdida de CO₂ pueden atribuirse a las diferencias de espesores entre los gramajes de 36 g y 44 g. Esto estaría vinculado con aspectos referentes a variables de película, ya que, según la ley de Fick, la velocidad de penetración es proporcional al área expuesta, por lo que en estado estacionario la cantidad de gas difundido es, en general, inversamente proporcional al espesor de la película (Paine y Paine, 1994). Las zonas del panel de etiquetado, talón y pétalo fueron las que mostraron mayores diferencias (0,14 mm a 0,20 mm).

Trabajos realizados con CO₂ por Eastman (1988) con diversos modelos experimentales muestran que existe una influencia directa entre el tiempo de vida de la bebida (pérdida de carbonatación) y los espesores de los envases. Pequeños incrementos en los espesores de las paredes de los envases

aumentan notablemente la vida útil de las bebidas. Consistentemente, al disminuir los espesores decrece la vida útil de las bebidas gaseosas.

En la curva de pérdida de CO₂ se presenta claramente el comportamiento de los envases de 1 L de 36 g y 44 g durante 18 semanas. Las mayores pérdidas se registraron durante las 4 primeras semanas. También se vio que a partir de la semana 2 comienza a evidenciarse la influencia de los espesores de pared originados por los distintos gramajes. Posteriormente, en la semana 18, las diferencias en la pérdida de CO₂ fueron del 4,22%. El tiempo de vida útil de las bebidas carbonatadas en PET, como es el caso de la sidra, depende de varios factores. El dióxido de carbono escapa de las bebidas por diversos mecanismos y la magnitud de dicha pérdida es compleja. La expansión inicial de los envases debido a la presión interna genera espacio adicional sobre el límite de llenado. Este espacio adicional se completa con el CO₂ que luego escapa de la bebida. Según trabajos realizados por Eastman (1988), durante las primeras 24 hs es donde más se evidencia este fenómeno.

La absorción del CO₂ en las paredes del envase es otro de los mecanismos iniciales que afecta a la carbonatación. Sin embargo, la permeabilidad es el proceso más importante, ya que es el responsable del 80% del total de CO₂ perdido (Eastman, 1988). En consecuencia, diversos esfuerzos tecnológicos se han hecho a través del tiempo para minimizar las pérdidas por permeabilidad. Como ejemplo pueden citarse la variabilidad en gramajes de preformas disponibles en el mercado, las nuevas tecnologías multicapa y los tratamientos con carbono amorfo rico en hidrógeno (Sidel News, 2000).

Las tapas de los envases pueden producir fuga de CO₂, aunque no suele considerarse como un mecanismo importante debido a que alcanza valores casi despreciables en procesos controlados.

Tabla 4. Mecanismos de pérdida de dióxido de carbono en bebidas gaseosas. (Tomado de Eastman Polyester Plastics For Packaging, 1988)

Mecanismo	Pérdida de CO ₂ (%)	
	Envase 0,5 L	Envase 2 L
Expansión inicial	0,5	1,1
Pérdida de agua	0,5	0,3
Absorción	2,0	0,8
Tapa	0,3	0,1
Subtotal	3,3	2,3
Permeabilidad	11,7	12,7
Total	15,0	15,0

La industria de bebidas y afines tiene como norma aceptar hasta el 17% de pérdida de CO₂. Al comparar las curvas experimentales en el límite establecido, el período de vida útil para la sidra es de 8 semanas para los envases de 36 g y 10,8 semanas para los envases de 44 g, a 22 °C ± 1° C. Si se comparan estos últimos valores con los resultados de shelf life teórico arrojado por el programa de cálculo utilizado en la industria de bebidas, encontramos que el producto envasado en 36 g puede almacenarse hasta 8,3 semanas y en 44 g hasta 10,2 semanas.

El oxígeno posee un coeficiente de permeabilidad 4 a 6 veces menor que el CO₂, lo cual se debe a las diferencias que existen entre las constantes físicas de estos gases relacionadas con la facilidad de condensación (Paine y Paine, 1994); no obstante, se observó cambio de color por oxidación de compuestos orgánicos (oscurecimiento) en la sidra envasada en 36 g a partir de la semana 12. Este deterioro se habría originado por la mayor transferencia de oxígeno hallada en dichos envases (0,55 cm³/env.día), que estaría relacionada con el menor espesor de pared.

De los resultados experimentales obtenidos, y a la temperatura del ensayo, se observa que la sidra

envasada en botellas PET de 36 g, de menor costo unitario, podría emplearse en mercados de alta rotación hasta 8 - 8,3 semanas, mientras que las botellas PET de 44 g serían útiles para realizar stocks de venta hasta aproximadamente 10,2 - 10,8 semanas antes de ser consumidas. Estas diferencias en 44 g, cercanas a las dos semanas, podrían incrementar las ventas en 400.000 a 500.000 unidades durante el período crítico próximo a las fiestas de Navidad y Año Nuevo, pero dependerán de la capacidad productiva y de almacenaje, así como del manejo de la logística de la empresa.

Los resultados obtenidos pueden ser tomados en consideración por los elaboradores de sidra con el fin de organizar sus producciones para mantener la calidad de sus productos y maximizar su renta.

Curva de acetaldehído residual en envases de PET

Luego de analizar 16 envases de 1 L durante dos semanas se obtuvieron los resultados que se muestran en la Tabla 5:

Tabla 5. Acetaldehído residual acumulado (R.A.), promedio 16 envases

Día	Acetaldehído R.A. (µg/L)	Desviación estándar
1	0.937	0.062
2	1.471	0.130
3	1.759	0.130
4	1.880	0.076
5	1.989	0.078
6	2.066	0.092
7	2.115	0.119
8	2.096	0.097
9	2.105	0.110
10	2.099	0.095
11	2.098	0.104
12	2.094	0.105
13	2.002	0.058
14	1.909	0.061

Con los datos de la Tabla 5 se realizó la curva de acetaldehído residual acumulado que se muestra en la Figura 2:

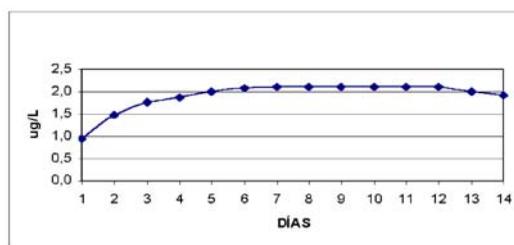


Figura 2. Curva de acetaldehído residual

La curva generada muestra que a partir del día 7 las concentraciones de acetaldehído acumulado permanecieron relativamente constantes en valores cercanos a 2 µg/L. Similares resultados fueron encontrados en otras plantas elaboradoras de bebidas (Lascano, comunicación personal). Este comportamiento se tomó como antecedente para las pruebas de análisis sensorial de leche en PET. Para dicho ensayo se consideró una semana como el período adecuado de almacenamiento de las muestras antes de ser degustadas.

Como se ha visto en la parte teórica, los factores que intervienen en la generación de acetaldehído son complejos. En trabajos realizados sobre migración en PET bajo diversas condiciones (Ashby, 1988), se encontró que, luego de haber sido analizados envases durante 8 y 10 días, los niveles de acetaldehído por migración en agua eran menores a 50 y 15 ppb, respectivamente. En dicho trabajo se concluye que, en general, los envases de PET tienen muy bajos niveles de migración cuando son probados con diferentes simulantes¹, tanto en bajas como en altas temperaturas.

Análisis sensorial mediante paneles de degustación para leche

Los resultados obtenidos por los 12 panelistas que realizaron 2 triángulos cada uno se presentan en las Tablas 6 y 7:

Al considerar las 24 respuestas totales y las 10 respuestas correctas, según la tabla del ensayo triangular de la norma IRAM 20008:1997, no se encontraron diferencias significativas en ningún nivel (entre 5% y 0,1%). Esto indicaría que los valores cercanos a 2 µg/L encontrados en los envases de PET no provocaron alteración alguna en el sabor de la leche.

En ciertas bebidas y aguas minerales de altísima calidad el acetaldehído puede alterar el sabor natural de éstos. Para el caso de la leche, se encontró que el nivel de acetaldehído se incrementa por oxidación y exposición a la luz, sumado al aporte de la migración del PET; no obstante, este efecto no fue detectado por panelistas especializados (Van Aardt y colaboradores, 2001), por lo que este trabajo confirma esos resultados en el ámbito local.

En resumen, conforme a la metodología empleada, los resultados obtenidos demostraron que un panel especializado en leche no encontró diferencias gustativas en la leche envasada en PET.

Tabla 6. Codificación utilizada por tipo de envase y triángulo

	VIDRIO (A) código	PET (B) código
1er TRIANGULO	293	425
	579	721
2do TRIANGULO	154	386
	960	842

Tabla 7. Resultados obtenidos por los 12 panelistas

Panelista	1er TRIANGULO				2do TRIANGULO			
	Muestras		Aciertos		Muestras		Aciertos	
1	293	721*	579	SÍ	386	842	154*	SÍ
2	579	293	721*	SÍ	386	960*	842	SÍ
3	425	579*	293	NO	960*	386	842	SÍ
4	425	579	293*	NO	154*	842	386	SÍ
5	721	425*	579	NO	386*	154	960	SÍ
6	425	721	293*	SÍ	386	154*	960	NO
7	293*	721	425	SÍ	154*	842	960	NO
8	425	579*	721	SÍ	154	960*	842	NO
9	579*	721	293	NO	842*	386	960	NO
10	293*	579	425	NO	842*	154	386	NO
11	425	293	721*	NO	960*	154	842	NO
12	579	425*	721	NO	960	386	154*	NO
Respuestas correctas	10							
Respuestas totales	24							

* Muestra elegida por el panelista.

¹Simulante, en el ámbito de los envases y los plásticos, es un compuesto que se utiliza para realizar ensayos vinculados a migración o "desprendimiento" por parte del envase plástico.

Conclusiones

Para el caso de la sidra y con el objetivo de evaluar las pérdidas de CO₂, los resultados demostraron que es posible utilizar diversos envases y pesos de envases de PET, como ocurrió en el caso de las bebidas gaseosas. Se encontró que es viable emplear envases de 1 L de PET de 36 g hasta 8 - 8,3 semanas. Para prolongar la vida útil de la sidra pueden utilizarse botellas de 44 g hasta 10,2 - 10,8 semanas. Esta diferencia se debe a que con mayores espesores de pared se logra menor permeabilidad a los gases. Luego de los períodos recomendados se observó cambio de color (oscurecimiento) por oxidación de compuestos orgánicos en la sidra envasada en 36 g, debido a la mayor transferencia de oxígeno. Estas alternativas pueden ser consideradas por quienes deseen emplear botellas de PET para sidra. Si bien se ha presentado la mencionada limitación respecto a la vida útil de la sidra, dentro de los períodos y temperaturas ensayadas hay importantes ventajas para la industria sidrera en caso de utilizar envases de PET; éstas serían: higiene, seguridad para el consumidor, alta productividad, no requieren lavado ni una logística especial y tienen un mejor aprovechamiento del lugar de almacenaje y transporte.

Los envases de PET para sidra tuvieron un costo menor respecto al vidrio, del orden del 18 % al 24%, según el gramaje a utilizar. La diferencia es importante, aunque se debe aclarar que los envases de vidrio tienen una vida útil que va de uno a dos años, período en el cual se amortizan.

Los aspectos tecnológicos y el costo de los envases presentan al PET como una adecuada opción para ser adoptada por las empresas sidreras. Sumado al costo de los envases, también es importante considerar las posibilidades técnicas, operativas y de mercado que cada industria debe tener en cuenta.

El empleo de envases de PET para leche fue otra de las alternativas evaluada, para lo cual se planteó como objetivo estudiar el posible cambio de sabor por migración de acetaldehído. Luego de analizar cromatográficamente envases de PET durante dos semanas, se obtuvieron los resultados necesarios para realizar la curva de acetaldehído residual acumulado. A partir del séptimo día las concentraciones de acetaldehído acumulado permanecen constantes en valores cercanos a 2 µg/L. Este comportamiento se tomó como antecedente para las pruebas de análisis sensorial de leche en PET, considerando a una semana como el período adecuado de almacenaje para las muestras a ser degustadas. Este lapso también está dentro del período de vida útil para leche pasteurizada, ya que existen antecedentes en Europa y Estados Unidos al respecto.

En el ensayo de análisis sensorial, fundamentado en la norma IRAM 20008:1997, no se encontraron diferencias significativas en ningún nivel (entre 5% y 0,1%). Conforme a la metodología empleada de análisis sensorial y a los bajos niveles de acetaldehído encontrados en los envases, no se encontraron diferencias gustativas en la leche envasada en PET. Por lo que este aspecto no se presenta como un impedimento para la adopción de esta tecnología.

Si se deseara utilizar el PET para contener leche larga vida, se debe tener especial cuidado con la exposición prolongada a la luz ultravioleta, la cual podría producir pérdida de vitaminas y alteración del sabor. De todos modos, existen filtros específicos y colorantes (ámbar, blanco) que pueden emplearse para prolongar la vida útil de la leche y que las empresas deberán evaluar de acuerdo al manejo que le brinden a sus productos, aunque el costo final del envase se puede incrementar en un 10 %. Desde el punto de vista tecnológico también es importante mencionar la propiedad barrera del PET a los gases, ya que es muy superior a la del polietileno de alta densidad.

En la actualidad, el principal inconveniente que presenta el PET en Argentina es su alto costo frente a otras alternativas, como el PEAD (polietileno de alta densidad) y el Tetra Pak, ya que se encuentran diferencias de hasta el 18% entre el primero y estos dos últimos. Este aspecto podría retraer la adopción del PET para contener leche. Sin embargo, podría considerarse su utilización en productos especiales como bebidas lácteas y leches saborizadas de mayor valor, donde su costo se vería justificado. Para posicionar a la leche como una bebida, las empresas lácteas deberían orientar sus esfuerzos para lograr este objetivo. El sector lácteo argentino podría observar el desarrollo que ha tenido el PET para lácteos en otros países y considerar las posibilidades en cuanto a diseños y alternativas de marketing que se presentaron en la Argentina durante los últimos años, como las innovaciones en formas, volúmenes y colores en los rubros de limpiadores, aceites y bebidas. Con el PET es posible lograr envases con un brillo singular, cualidad que le brindaría a los clientes la sensación de pureza, limpieza y salud. Estas características, además del precio y de cuestiones de diseño, son las que motivan a los clientes a tomar un producto en góndola y a dejar otro menos "atractivo".

Las empresas dedicadas a la tecnología del PET han desarrollado importantes innovaciones que merecen ser mencionadas. Para mejorar aún más las propiedades barrera se han generado envases multicapa y los sistemas ACTIS, que logran un depósito interno de carbón amorfo rico en hidrógeno en una botella de PET estándar. Desde el punto de vista de la calidad y seguridad sanitaria de los productos, se han desarrollado sistemas "combi" o

integrados que conjugan el soplado, llenado y tapado dentro de una sola unidad, donde el conjunto de las funciones se efectúa en un recinto único, compacto, controlado y aislado del entorno exterior (SIDEL, Francia).

Otro objetivo de interés, con relación al PET, el cual se desarrolló especialmente en un anexo del trabajo original de tesis y que por motivos de espacio no se incluyó en esta publicación, es la cuestión ambiental. El uso de material reciclado que luego deba permanecer en contacto directo con alimentos no está permitido por las reglamentaciones MERCOSUR, debido al riesgo de migración de contaminantes. No obstante, el Código Alimentario Argentino y la Legislación MERCOSUR permiten el uso de envases multicapa de PET para gaseosas, donde es posible utilizar una capa interna de material virgen y otra intermedia de material reciclado.

La deposición de los residuos plásticos en rellenos sanitarios no es recomendable. La opción es el reciclado en otros productos, y cuando por razones económicas o de calidad sea inviable, la recuperación del contenido energético como combustible puede ser la alternativa más práctica.

El plástico, el más joven de los materiales de consumo intensivo, ha contribuido a mejorar nuestra calidad de vida. La industria plástica ya está generando respuestas para el desafío ambiental que representan sus residuos. En el ámbito local y mundial, el reciclado mecánico, que consiste en moler, lavar, cristalizar y secar el PET recuperado, es un ejemplo de esto último. También el reciclado químico, donde se debe moler, lavar y someter al material reciclado a reacciones químicas de despolimerización, es otra de las posibilidades a tener en cuenta. En un mundo que explota cada vez más intensivamente los recursos naturales y que aumenta cada día más sus residuos, es necesario, por razones ecológicas y económicas, el aprovechamiento del PET, así como de otros plásticos.

Lo expuesto brinda herramientas para ser consideradas por los productores, industriales y profesionales relacionados con las industrias lácteas, sidreras y productoras de envases para alimentos de la Argentina. En el caso del PET, cada empresa deberá evaluar, de acuerdo a sus posibilidades técnicas, financieras, económicas y comerciales, si organizará toda la cadena productiva de los envases de PET, o sólo una parte de ella; esto es, si producirá preformas y/o envases. Una alternativa sería la de incorporar paulatinamente ciertos productos, quizás nuevos sabores, y organizar sondeos de mercado con los cuales se podrían realizar posteriores mejoras y ajustes. De esta manera se ampliaría el uso del PET en alimentos, ya que se lo consideraría como una opción especial y complementaria dentro de los

materiales para el envasado de sidra, leche y derivados lácteos de valor comercial y alta calidad.

Agradecimientos

Se agradece la colaboración brindada por: Daniel Verdura y Arturo Torres, de la empresa Syphon-Kokler; Hebe Herrera y Marina Rascovsky, del Centro de Investigación y Desarrollo de Envases y Embalajes del INTI; Roberto Castañeda, Haydé Montero y Germán Aranibar, del Centro de Investigaciones Tecnológicas de la Industria Láctea, perteneciente al INTI; Francisco Lascano, de Röder TEC; Ronald Rivero, de Sancor Cooperativas; Ana Marando, de Squartini y CIA S.R.L.

Referencias

- APME (2000). *Annual Report*.
- ARPET, ASOCIACIÓN CIVIL ARGENTINA PRO RECICLADO DEL PET (2000) *Boletín informativo*. Bs. As.
- ARPET (1999) *Manual Petcológico*. 2^{da} edición, Bs. As.
- ASHBY, R. (1988) *Migration from polyethylene terephthalate under all conditions of use*. Food additives and contaminants, Vol. 5, supplement N° 1.
- CHINNI, G. A. (2004) *Alternativas en la producción de envases para leche y sidra. El caso del PET en la Argentina*. Tesis de Maestría. universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires.
- EASTMAN CHEMICAL COMPANY (1995) *Publicación TRC-S107A*.
- EASTMAN POLYESTER PLASTICS FOR PACKAGING (1988) *Publicación TR-93*.
- INSTITUTO ARGENTINO DE NORMALIZACIÓN (1997) *Norma IRAM 20008*. Buenos Aires.
- PAINE, F. A.; PAINE, H. Y. (1994) *Manual de Envasado de Alimentos*. Ediciones A. Madrid Vicente.
- PET PLANET (2000) *Public. N° 3*.
- SIDEL NEWS (2000).
- VAN AARDT, M.; DUNCAN, S. E.; MARCY, J. E.; LONG, T. E.; HACKNEY, C. R. (2001) *J. Dairy Sci.* 84,1341.

Los docentes de física y la evaluación de estudiantes tecnológicos

C. Pano^{1,2}, V. Torre², M. Duhalde²

¹ Universidad Tecnológica Nacional. Facultad Regional Buenos Aires
Medrano 951 (C1179AAQ)
Buenos Aires, Argentina.

² Universidad de Buenos Aires. Facultad de Psicología
Independencia 3065 (C1225AAM)
Buenos Aires, Argentina.

e-mail: cpano@psi.uba.ar

Recibido el 30 de octubre de 2006; aceptado en versión revisada el 5 de febrero de 2007

Resumen

Para conocer cómo los docentes de Física evalúan los aprendizajes de sus alumnos se analizaron datos recabados mediante entrevistas semiestructuradas. Las preguntas se organizaron según los ejes: modos de evaluar en la asignatura, funciones de la evaluación, vínculo de la evaluación con la enseñanza y el aprendizaje, relación de la evaluación con la actividad profesional, participación del alumno en la evaluación y concepciones de los profesores sobre la evaluación. Las respuestas muestran que, en la asignatura considerada, se realiza en general una práctica de evaluación de modalidad tradicional, aunque también aparecen ideas innovadoras que la integran al proceso educativo.

PALABRAS CLAVE: PRÁCTICAS DE EVALUACIÓN – APRENDIZAJE -ESTUDIANTES TECNOLÓGICOS - FÍSICA

Abstract

In order to know how Physics' teachers evaluate their student's learning processes, data obtained by means of semi structured interviews were analyzed. Questions were organized according to the following axes: evaluation methods in the subject, functions of the evaluation, relation between evaluation and teaching and learning processes, relation between evaluation and professional activity, participation of students in the evaluation and the teacher's conceptions of evaluation. The answers show that, in the considered subject, traditional methods of evaluation in general are practiced, although innovating ideas that integrate evaluation to the educational process also appear.

KEYWORDS: PRACTICES OF EVALUATION – LEARNING - TECHNOLOGICAL STUDENTS - PHYSICS

Introducción

Este trabajo forma parte de un proyecto de investigación acerca de la evaluación de los aprendizajes de estudiantes universitarios tecnológicos. En esta ocasión el foco se concentró en una asignatura homogénea del primer nivel, Física I, de la Facultad Regional Buenos Aires de la Universidad Tecnológica Nacional. Por medio de entrevistas se recabaron, de algunos profesores, datos y opiniones para conocer acerca de sus prácticas y concepciones sobre la evaluación y analizarlas desde diferentes modelos teóricos.

La Física que contribuye a la formación de un ingeniero es una ciencia que tiene capítulos que tratan de fenómenos que se pueden describir a través de lo que percibimos con nuestros sentidos, hasta otros que son construcciones sociales con alto grado de abstracción que explican realidades de mundos de grandes o pequeñas dimensiones. En todos los casos, los saberes de esta disciplina son provisorios y de naturaleza histórica y social, susceptibles de cambiar. El aprendizaje de la materia requiere que los alumnos echen mano, en un primer momento, a sus concepciones alternativas (conocimiento cotidiano) para luego utilizar las formas de pensar propias de la ciencia. Este cambio conceptual, en la idea de Pozo (1999), consiste en la integración jerárquica entre ambos tipos de conocimiento y debiera constituirse en una meta de la educación científica. Aprender Física es, desde esta concepción, un proceso constructivo de atribución de significados e interpretación que la evaluación debe contemplar. Resulta entonces pertinente el objetivo que se propone en este trabajo: contrastar las prácticas de evaluación en esta materia con algunos desarrollos teóricos de la Psicología Educativa. La concepción constructivista de la enseñanza y el aprendizaje, el grado de significación de los aprendizajes, la evaluación centrada en el proceso y la alfabetización académica constituyen la plataforma que sostiene el análisis de las entrevistas.

Metodología

Los datos analizados fueron obtenidos mediante entrevistas semiestructuradas realizadas a cinco docentes de la materia. Previamente se preparó una guía de preguntas que fue ajustada luego de realizada una prueba piloto. La guía se conformó con seis ejes y sirvió para orientar el desarrollo de las entrevistas. Los ejes fueron definidos por los siguientes temas: modos de evaluar en la asignatura, funciones de la evaluación, vínculo de la evaluación con la enseñanza y el aprendizaje, relación de la evaluación con la actividad profesional, participación del alumno en la evaluación y concepciones de los profesores sobre la evaluación. Cada uno de estos ejes será tratado en detalle en las próximas secciones.

La entrevista con la modalidad empleada es un dispositivo flexible que permitió recopilar los testimonios y las interpretaciones de los interlocutores respetando sus propios marcos de referencia, su lenguaje y sus categorías mentales.

Las entrevistas fueron grabadas, lo que permitió recoger con fidelidad y veracidad la información que proporcionaron los docentes entrevistados para su posterior análisis por el equipo de investigación.

Los modos de evaluar en Física I

Preguntados sobre las instancias de evaluación que tienen lugar durante la cursada, los docentes de Física I entrevistados coincidieron en relatar las previstas en el programa de evaluación establecido por la dirección de la cátedra. Cuentan que se toman dos evaluaciones parciales, recuperables dos veces cada una, y un examen final. Hacen también mención a los trabajos prácticos, que son actividades de laboratorio, los cuales deben ser aprobados por el alumno para mantener la regularidad de la materia, aunque en sus comentarios no las identifican como instancias evaluativas.

Se trata de un programa que se inserta parcialmente en el proceso educativo a través de los trabajos prácticos. En la práctica, el programa tiene cierto grado de flexibilidad. Un docente cuenta que toma cinco parciales: con los tres primeros parciales conforma una primera nota y con los otros dos la segunda; es decir, fracciona los exámenes parciales establecidos. De esta manera dice que puede comprobar si los alumnos conocen todos los contenidos de la materia y no sólo algunos de ellos.

"Yo tengo un método [...] la universidad me lo permite [...] les tomo cinco parciales, que son el hilo del programa, cinco partes del programa, [...] cada una la evalúo independientemente, [...] con eso logro escarbarles por todos lados [...] pasearlos por la materia".

Así responde a su objetivo de preparar a los alumnos para el examen final. Entiende que el alumno, obligado a responder parcialmente sobre todos los temas de la materia, estará en mejores condiciones de rendir un examen que él no confeccionará ni corregirá.

Los docentes entrevistados marcan una diferencia entre los exámenes parciales y el final respecto de la confección del temario. En el caso de los parciales el temario lo hace el docente a cargo del curso; el final es propuesto por la dirección de la cátedra y es común para todos los examinados.

"Los parciales tienen como características que están hechos por cada profesor del curso [...] entonces cada profesor, que conoce más a sus alumnos, que sabe que dio, toma sus evaluaciones, pero la cátedra coordina que haya un mínimo de contenidos, las formas y los temas que entran; de algún modo regula la acreditación [...] los finales son comunes a todos los alumnos de todos los cursos".

" Los temas del parcial los preparo yo, los otros no [...] el final no lo tomo yo sino que el tema viene de arriba".

Según lo informado los exámenes, tanto los parciales como el final, consisten en problemas que los alumnos tienen que resolver. Estos problemas guardan similitud con los trabajados en el desarrollo del curso. También incluyen preguntas sobre contenidos conceptuales.

La resolución de problemas y el tipo de preguntas de estos exámenes pretenden que el alumno demuestre algún grado de comprensión de los temas y no simplemente que repita conceptos o las leyes de la física, ni que aplique mecánicamente procedimientos. Se trata de que el alumno pueda justificar y fundamentar sus procedimientos con los conceptos teóricos.

Con la resolución de problemas se intenta que el alumno utilice y desarrolle habilidades superiores relacionadas con la comprensión y el pensamiento, porque exige la transformación y la reintegración del conocimiento existente o enseñado para que sirva a la meta específica: "La comprensión de las condiciones del problema y la asimilación de la solución del mismo constituyen formas de aprendizaje significativo por recepción" (Ausubel y colaboradores, 1997).

"La evaluación es sobre la base de problemas [...] la necesidad de resolverlo lleva implícito haber estudiado la teoría, nunca se toman temas teóricos en sí"; "todos los problemas significan creatividad". "Tanto los finales como los parciales incluyen resolución de problemas y algunos conceptos, no demostraciones tipo matemáticas pero si por qué se usa esa ley, en qué fenómeno físico fundamenta esa ley [...] se le pide resoluciones algebraicas a veces para ver si su razonamiento es coherente sin que haga cuentas [...]"

Sobre evaluaciones diagnósticas, los entrevistados coinciden en señalar que no se realizan. Los motivos aducidos son: para uno, la falta de tiempo, otro no le encuentra sentido por la heterogeneidad de los alumnos que recibe; sólo uno reconoce su valor y hace un diagnóstico informal preguntando a los alumnos sobre la escuela de la que provienen, los

temas que conocen y la especialidad elegida, pero no comenta qué hace luego con esas informaciones.

Desde el marco teórico constructivista, la evaluación diagnóstica es una práctica relevante, ya que con ella se busca saber sobre el estado cognoscitivo y la actitud real de los alumnos, para ajustar la acción a la situación encontrada. El diagnóstico es una radiografía que facilita el aprendizaje significativo y relevante de los alumnos ya que parte de los conocimientos previos y de las actitudes y expectativas de los alumnos (Santos Guerra, 2000).

Las funciones de la evaluación

Los docentes entrevistados reconocen que las evaluaciones claramente cumplen la función de acreditación.

" Los finales desde ya son para acreditar porque el alumno tiene que pasar a hacer su correlativa y seguir sus estudios hasta obtener el título, en definitiva acredita o no el haber terminado una materia".

En ciertos tramos de las entrevistas, algunos docentes hicieron mención a que los parciales y sus recuperatorios pueden cumplir una "función formativa", pero éstos otorgan al término un sentido un tanto alejado del que le adjudican las teorías constructivistas. Lo formativo en ese contexto se refiere a la actividad que el alumno realiza para conocer la modalidad del examen, su estructura, las exigencias del mismo, los puntos considerados importantes por el profesor. Es decir, lo formativo llevaría a que el alumno se convierta en un "mejorador de examen" o, en términos de Perrenoud (1990), aprenda su oficio de alumno universitario.

"Los parciales, como tienen varios recuperatorios posibles, son mucho más formativos, digamos que son el profesor directo con sus alumnos y entonces ya conocen las formas en que se les va a tomar, conocen la modalidad del profesor, en qué hace más hincapié, están más guiados".

Varios docentes afirman que las evaluaciones que toman les permiten a sus alumnos reorientar el estudio de la materia, en particular a aquéllos a los que les fue mal. Esto ocurriría por el simple hecho de revisar autónomamente sus escritos corregidos, o por recibir una explicación del docente sobre los errores cometidos. En las entrevistas no se hizo mención a intervenciones docentes dirigidas a que sus alumnos aprendan de los errores, ni a las destinadas a los alumnos aprobados; éstos quedan sin la posibilidad de integrar el examen al proceso educativo.

"El resultado aprobado es un paso que dieron y a otra cosa, me da la sensación que no vuelven sobre el problema, los que lo hicieron mal de ahí sacan la experiencia, toman en cuenta en qué les ha ido mal".

*"Los aprobados no merecen mayor revisión y se les explica a los alumnos que no aprobaron el porqué, para que no vuelvan a cometer los mismos errores".
"La corrección que hace el docente de la cátedra siempre puede ser vista por otros, si el alumno no está conforme con la nota, [...]; como modalidad, siempre después de un examen aplazado, se llama al alumno y se le explica el porqué".*

Sólo un docente comenta que dedica una parte de la clase siguiente a que los alumnos que han obtenido buenos resultados, resuelvan en el pizarrón los ejercicios para que los otros puedan ver cómo lo han hecho y comprueben que la demanda del examen es posible de cumplir.

"A los parciales les dedico media clase [...]; yo tengo anotado los alumnos que hicieron muy bien cada problema, entonces para que vean los otros cómo se resuelve y qué es posible [...]; los hago pasar [...]; si son cinco ejercicios pasan cinco alumnos distintos [...] para ver formas distintas de resolver [...]; aprenden y les ayuda a recuperarlo".

Es posible inscribir a esta estrategia didáctica en el concepto de zona de desarrollo próximo de Vigotsky (1978). Esta zona, como lo explican Newman y colaboradores (1991) de un modo más general, hace referencia a un sistema de interacción en el que varias personas se ocupan de problemas, que al menos una de ellas no puede resolver sola. El cambio cognitivo se produce en esta zona, de la que pueden surgir nuevas comprensiones. Esto mismo conduce a pensar en el modelo del aprendizaje, donde no sólo se incluye a un experto sino a un número mayor de personas, que en un sistema de aprendizaje implica a menudo que un grupo de novatos (compañeros del curso) se utilicen mutuamente como instrumentos para explorar un nuevo dominio, ayudarse y desafiarse entre sí (Rogoff, 1993). En palabras de Lave (1998): "Los aprendices aprenden a pensar discutiendo, actuando e interactuando, de forma cada vez más sabia, con personas que hacen algo bien y haciéndolo conjuntamente en cuanto participantes legítimos y periféricos". El modelo remarca la actividad progresiva del sujeto en actividades culturalmente valoradas. Cabe aclarar que esta estrategia de forma aislada no responde cabalmente a los planteos teóricos enunciados, pero puede constituirse en un elemento para la reflexión y el replanteo de las prácticas vigentes.

No se encontraron en las entrevistas menciones explícitas que aludan a cambios en la acción didáctica cuando los resultados de las evaluaciones no son

los mejores. Sí apareció un reconocimiento acerca del valor de los exámenes como fuente útil de información sobre el desempeño docente. En una entrevista se señala la falta de tiempo como la causa que impide volver sobre los contenidos evaluados con un proceso de enseñanza reformulado.

"La universidad no es como el secundario, quizás ahí hay una tendencia por hacer esfuerzos pedagógicos, [...]; en la universidad el alumno se tiene que adaptar [...]; pensando desde mi mismo, trato de mejorar las clases pero tampoco puedo [...]; tengo que dar un programa que se lo van a tomar en el final al alumno [...]; no hay tiempo para volver atrás sobre los temas, yo a veces les pregunto voy rápido y me dicen que sí, y digo disculpen pero no puedo [...]; me agregaron bolillas, temas, aproximadamente un 25 % más del programa en el mismo tiempo".

"Siempre los exámenes sirven como autoevaluación del docente y además cumplen el objetivo de evaluar al alumno, y eso es inevitable, el profesor conciente tiene que mirar dónde está fallando el alumno"; "el estudiante tiene que ser evaluado porque estamos en un sistema competitivo en el que hay que hacer una selección, no hay otro camino para seleccionar que la evaluación [...]; evalúa al sistema, evalúa al alumno y evalúa al profesor".

Se desprende de las entrevistas que los docentes de Física I reconocen las funciones formativas y formadoras de la evaluación, pero no son éstas las que tienen principalmente en cuenta en sus prácticas. La evaluación de los aprendizajes de los alumnos sólo podrá cumplir su objetivo de contribuir a la mejora de la formación de los futuros profesionales si actúa de manera efectiva como reguladora de los procesos de enseñanza y aprendizaje.

Ese valor regulador es doblemente importante para esa formación: "por un lado, como instrumento para la adaptación constante de las formas de enseñanza a las características y necesidades de los alumnos; por otro, como instrumento para facilitar la asunción cada vez mayor de control y responsabilidad por parte del alumno sobre su proceso de aprendizaje" (Coll y colaboradores, 2001).

La evaluación y los procesos de enseñanza y aprendizaje

De las entrevistas realizadas se desprende que los docentes conciben a la evaluación como una actividad formal, que se realiza en momentos específicamente determinados y aislados de las otras actividades de formación. Queda así la evaluación desconectada de los procesos de enseñanza y de aprendizaje. Se pierde de esta manera la posibilidad de vincular la evaluación del rendimiento de los alumnos con la evaluación de

estos procesos. De establecerse este vínculo se abriría una instancia de reflexión que daría lugar a la toma de decisiones relacionadas con ellos.

El comentario de un docente hace alusión a la evaluación como una presión desde el exterior, que lo encierra en los contenidos que debe enseñar y no le permite hacer las modificaciones a favor de la mejora del proceso de enseñanza. Él se siente presionado a "dar" en poco tiempo muchos contenidos. No puede elegir los temas, ni regular los tiempos para su tratamiento. No encuentra la flexibilidad que haga el espacio para volver sobre algunos temas no entendidos.

"En las clases estamos todos muy presionados, [...]; tenemos que cumplir con un montón de cosas que se van a tomar [...]; si no tuviera la presión de la evaluación daría la mitad o las tres cuartas partes del programa más tranquila".

Este docente queda situado en un lugar regido por un modelo que lo limita en sus posibilidades de innovar. Su formación y experiencia se desaprovechan en gran medida.

Con las prácticas convencionales los docentes evalúan bajo condiciones determinadas institucionalmente, con recursos generalmente escasos, muchas veces en contradicción con lo que su leal saber y entender propondría en lo que hace a contenidos, modalidades y tiempos requeridos para eso. En opinión de Díaz Barriga (1994): "El docente en esta concepción ha perdido su dimensión intelectual para convertirse en un operario de programas preestablecidos que desconocen su saber".

Otro docente opina que su forma de enseñar es independiente de la evaluación, aunque reconoce que para algunos colegas no es así. Explica que hay docentes que enseñan para facilitar a los alumnos la resolución del examen mientras que otros exigen más allá de lo trabajado en clase.

"Cada profesor tiene una ecuación personal sobre lo que es enseñar, que está por encima del método de evaluación. En mi caso particular creo que enseñaría lo mismo [si no hubiera evaluación] [...] profesores que tienen miedo de aplazar entonces les adelantan la naturaleza del tema, profesores que son muy rigurosos [...] tratan que el tema de examen sea más difícil que los temas o problemas que se han dado durante el año".

Hay coincidencia entre los entrevistados sobre el efecto que produce la evaluación sobre el estudio y el aprendizaje. Entienden que la evaluación obliga a los alumnos a estudiar y en consecuencia así aprenderían. Para ellos el aprendizaje sólo puede

comprobarse con los exámenes.

"Yo creo que la letra con sangre entra, nadie hace un esfuerzo si no lo van a evaluar [...]; cuando hay exigencia se aprende más".

"El momento de la evaluación es el momento que los pone a estudiar [...]; si no se los evalúa, no estudian, no se preparan y nunca sabés si saben algo"; "La evaluación es necesaria, salvo para los que sacan 8,9,10, que aprenderían de cualquier modo porque ya están formados".

"[Mis alumnos no aprenderían de la misma manera]; soy totalmente escéptico en eso, la evaluación, el stress, la tensión que les implica el esfuerzo, eso se logra con la evaluación, con la exigencia, con premios y castigos[...]".

Estos comentarios de los entrevistados están alineados con la pérdida de las dimensiones pedagógica y metodológica del examen. Se reconoce que esta pérdida se produce al otorgar al examen, en el siglo XIX, una nueva función: la de calificar para acreditar. Esta función lo aparta del aprendizaje.

El fuerte privilegio conferido a la función de acreditación de la evaluación produjo, entre otras cosas, que "la acción áulica se convierta en una acción perversa en su conjunto: los maestros sólo preparan a los alumnos para resolver eficientemente los exámenes y los alumnos sólo se interesan por aquello que les representa puntos para pasar el examen. El examen moderno (con su sistema de calificaciones) se ha convertido de hecho en el instrumento idóneo para la perversión de las relaciones pedagógicas. Éstas no se fincan más en el deseo de saber. Se asiste a la escuela para acreditar" (Díaz Barriga, 1994). Desde esta perspectiva la tarea educativa no ayuda a formar estudiantes con pensamiento propio, sino estudiantes que sepan exhibir el repertorio de conductas que han sido preestablecidas como modelo de lo aprendido. El examen es visto como un momento formal de verificación del saber enseñado y supuestamente aprendido. Queda así establecida la dicotomía "tiempo de enseñanza - tiempo de examen" y queda ausente "el tiempo de aprendizaje".

Las prácticas de evaluación en la asignatura Física I tienen una débil inserción en el proceso educativo, sin embargo condicionan e impactan en los procesos de enseñanza y aprendizaje. Algunos docentes ven en la evaluación un obstáculo para la enseñanza, otros enseñan en función de ella. Los docentes evalúan para que los alumnos estudien y los alumnos estudian para aprobar.

La evaluación y la actividad profesional

Preguntados los docentes sobre si los contenidos y los problemas considerados en las evaluaciones guardan relación con los que se presentan en la vida profesional, responden que esa relación no es directa. Lo justifican por el carácter de ciencia básica de la Física. Consideran que la asignatura es necesaria, tanto para abordar otras de la carrera como para desempeñarse en la profesión.

"No es que están alejados, no están directamente vinculados pero siempre están vinculados, [...] no se puede hacer ingeniería si no se sabe esta materia".

"Aunque cabe la salvedad que es una ciencia básica pero dentro de lo posible se hacen asociaciones con las distintas especialidades (de la ingeniería)".

"No es una ciencia fáctica, es una ciencia básica como la matemática, es imposible asociarla directamente con la profesión sin embargo no se puede ser ingeniero sin saber matemática, lo mismo ocurre con nuestra materia".

En cuanto a las habilidades y los instrumentos de uso profesional que deben utilizar los alumnos en las instancias de evaluación, los entrevistados señalan la comprensión del enunciado de un problema, saber relacionarlo con la teoría para tomar de ella los conceptos a aplicar y manejar la operatoria para resolverlo. Mencionan que en el trabajo del laboratorio los alumnos utilizan instrumental de ingeniería.

"Todo problema tiene un enunciado que responde a un concepto teórico (y que el alumno debe) saber leer, encontrar dónde está la causa y dónde está el efecto, la expresión de la ley que le permite relacionar esa causa con ese efecto y resolver el problema".

"En general son básicas las habilidades que se le piden, entender un enunciado, [...]saber qué fenómeno representa, resolver las ecuaciones".

"Además de los parciales está el laboratorio, que tienen que aprobar, en donde hacen sus primeras mediciones".

Los entrevistados aluden a dos cuestiones relacionadas entre sí: la importancia de la física en la formación del ingeniero y el "saber leer" como proceso de construcción de significados. Reconocen a la lectura como una tarea que estimula el pensamiento y puede llevar a elaborar estrategias para resolver problemas. En este sentido la lectura es un instrumento formidable para aprender y para ser utilizado en la vida profesional. La física, como cualquier otra disciplina, contiene sus propias prácticas discursivas integradas en un sistema conceptual y metodológico. Por eso la lectura y la escritura funcionan como herramientas

insustituibles para acceder a las nociones de la disciplina, reelaborarlas y aplicarlas. La enseñanza y el aprendizaje y la evaluación de los modos de leer y escribir en la materia forman parte del proceso educativo y hacen a la formación del ingeniero. Sin embargo no surge de las entrevistas el reconocimiento de los docentes de la necesidad de encarar con sus alumnos el desarrollo de estas competencias.

Al otorgar el título, la Universidad certifica que el estudiante ha conseguido cierto grado de experticia en la especialidad en que se ha formado, lo que le permite incorporarse al mundo del trabajo con las destrezas necesarias para un desempeño eficaz. Esa adquisición es debida a la educación y produce cambios en las condiciones subjetivas del individuo y no tanto en los productos concretos que resultan de las actividades mismas de la educación. Desde una concepción que considera los procesos de aprendizaje y enseñanza en toda su completitud, esta capacidad adquirida debiera ser evaluada porque es una herramienta de la cual el sujeto puede servirse para enfrentar otras situaciones y realidades, en un contexto diferente al pedagógico inicial (Elichiry, 2000) en particular en el de la actividad profesional.

La participación del alumno en la evaluación

En ningún caso los docentes entrevistados hacen partícipes a los alumnos de la elaboración de las pruebas de evaluación, pero tratan de informarles cómo serán.

"...le comentamos como será la evaluación, le damos una idea general, le mostramos evaluaciones de años anteriores para que se ubiquen..."

Consultados los docentes sobre cómo cuentan las opiniones y juicios críticos de los alumnos en las evaluaciones y en la asignación de notas uno de ellos respondió que en una oportunidad, luego de una indagación informal, modificó su criterio de corrección; otro señaló que analiza los juicios de los alumnos y le interesan los resultados en términos de la aprobación.

"...se los analiza en general pero hay análisis previos al juicio del alumno, que es el porcentaje de aprobados...uno lleva un estándar de calificaciones y cuando el porcentaje de aplazados excede el estándar, la falla es del profesor. Cuando ese porcentaje es mucho menor que el estándar también es falla del profesor..."

El profesor que hace este comentario interpreta el porcentaje de aprobados en relación con un patrón para concluir en un juicio de valor: si el porcentaje se aparta de la norma hay una falla del profesor.

Con esta interpretación pareciera que lo importante no es que los alumnos resuelvan bien las pruebas de evaluación; lo decisivo no es que muestren lo que aprendieron y cómo lo hicieron sino que los resultados se ajusten a lo que el patrón establece.

No se desprende de estas entrevistas que los docentes consideren a los alumnos fuente de información para comprender tanto sus procesos de aprendizaje como los efectos que causan sobre ellos los procesos de enseñanza.

Desde una perspectiva constructivista, la evaluación de los aprendizajes no está desvinculada del pensamiento de los estudiantes, ya que siempre las acciones de ellos están guiadas por un sistema personal de convicciones, principios y saberes previos. Una evaluación, entendida como un monitoreo que busca el mejoramiento, trasciende la comprobación de resultados, ya que requiere comprender los procesos. Para eso es necesaria la participación de los estudiantes. Sólo ellos pueden dar cuenta de lo que ya saben, de cuáles fueron los esquemas mentales que guían su pensamiento y de las estrategias empleadas para llegar a dar la respuesta, correcta o no, a la demanda solicitada y de esta manera también aprender de sí mismos. Descuidar este aspecto reduce la evaluación a valorar los productos finales sin considerar los caminos y decisiones que el estudiante ha utilizado para llegar a un resultado.

Lo que piensan los docentes sobre la evaluación

Todos los entrevistados concuerdan que es inevitable que haya alumnos que desapruében o abandonen la cursada. Los motivos que señalan como causa son, en primer lugar, las circunstancias que condicionan la vida y la dedicación del alumno, su falta de estudio o de esfuerzo, sus responsabilidades familiares o laborales; en segundo lugar, los niveles educativos anteriores, incluyendo allí también a la familia y, por último, alguna falla en la enseñanza impartida por el profesor. Omiten hacer referencia a motivos debidos a las condiciones que la institución impone para la enseñanza y la evaluación, condiciones que tienen que ver con los recursos, diseños curriculares, reglamentos de aprobación de materias y normas en general.

"Es raro que le diga a un alumno que no está capacitado para pasar la materia, ellos se van solos, porque se dan cuenta yo tengo siempre el mismo nivel, es más, les tiro el problema del primer parcial y ellos mismos se levantan y se van porque les da vergüenza".

"(Los alumnos) tienen distinta velocidad de aprendizaje[...]; hay muchas cosas en contra, muchos trabajan y no tienen tiempo de estudiar [...]; yo no le puedo facilitar y perdonar en extremo

todo porque después en su práctica las cosas son distintas".

"Es inevitable [que haya alumnos desaprobados] por una razón elemental: no todos los seres somos iguales, pero la razón me la está dando [...la] experiencia [...]; el resultado de los exámenes en el que no todos estén aprobados es inevitable".

"Uno ahí se da cuenta si el chico tiende a ser fracasado o no, en cuanto a no alcanzar a rendir, porque tiene falencias previas que no puede dárselas la universidad, porque los contenidos que hay que dar son tantos y las horas pocas".

"(El porcentaje de aprobados es) alrededor del 50%. El porcentaje surge de las condiciones humanas y sociales en las que está viviendo el alumno [...]; en general se considera una buena mesa cuando estamos entre el 50 % y el 40 % de aprobados. Cuando excede el 50% es porque el nivel de exigencia es bajo y cuando está por debajo del 40 % el nivel de exigencia no está acorde con lo que se enseñó, excede a lo que se enseñó".

De alguna manera sostienen todos los entrevistados una visión individualista del fracaso de los alumnos, y hasta en algunos puntos deseable, como índice de hacer lo correcto en relación con la enseñanza y la acreditación.

La concepción del error que muestran tener los entrevistados pasa por considerarlo principalmente como indicador del desconocimiento, por parte del alumno, de algún contenido. Un docente comentó que la aparición repetida de los errores en un examen puede ser una muestra de las fallas de enseñanza del profesor.

"Lo que pasa es que los errores son siempre los mismos, es más, yo les digo ven esto ojo! que lo tomo en la evaluación, pero nadie lo anota, y lo tomo y más de la mitad lo saca mal".

"Cuando uno corrige los exámenes y nota una secuencia o un error repetido... tal vez es porque el profesor no dio con mucha claridad; los exámenes siempre sirven como autoevaluación del docente...".

En una evaluación que no atiende solamente a los resultados sino que también se interesa por los procesos, los errores cometidos por los alumnos proveen importante información. Estudiarlos contribuye a la comprensión de la naturaleza de la resolución de problemas de física.

Para los entrevistados una buena evaluación debe fundamentalmente poder discernir si un alumno aprendió o no los contenidos enseñados; debe también ser clara en la formulación de los problemas y poder convencer a los alumnos sobre su propia situación con respecto a los requerimientos pedidos. Para uno de ellos la buena evaluación es la interactiva, indicando con este término una evaluación más integrada al proceso educativo, aunque señala la imposibilidad de llevarla a cabo.

"(Una buena evaluación es) una evaluación interactiva en el sentido de tirarles algunos problemas [...] y hacer un trabajo orientativo, lee esto y venite más tarde [...] pero no se puede hacer".

"La evaluación buena es la cual el propio alumno toma conciencia de si él sabía o no sabía [...] independientemente de la nota que sacó. Una buena evaluación es aquella que el texto no le deja duda al alumno (sobre lo) que se le pregunta y el resultado es aleatorio (dependiendo de) el estado en que se encuentra el alumno".

"Una buena evaluación es aquella que refleja [...] lo que el alumno aprendió y va reflejando la evolución que tuvo [...]; un alumno estudioso saca una buena nota, más de siete y le demuestra al alumno que no estudió ...".

Se encuentra en estas opiniones resaltada la función acreditativa como rasgo de una buena evaluación. La evaluación tiene que discriminar entre el alumno que sabe y el que no sabe. Por eso también hay mención a la calidad del instrumento de evaluación. El sistema de calificación por notas aparece naturalmente incorporado a la evaluación.

Conclusiones

En Física I la evaluación se realiza en momentos específicos, aislada de las actividades de enseñanza y aprendizaje. Consiste en exámenes escritos. Se evalúa la producción individual, exclusivamente lo que queda registrado en el papel. El alumno participa en la evaluación como un dador de exámenes. El examen se califica con una nota que, de ser aprobatoria, acredita que el alumno conoce los temas de la materia y por consiguiente puede seguir "en carrera". No hay evaluación cualitativa. Se trata de una práctica que apunta fundamentalmente a cumplir con la función social de acreditación de la evaluación. En opinión de Coll y colaboradores (2001) "la reducción abusiva de la evaluación de los aprendizajes de los alumnos a una evaluación sumativa acreditativa es uno de los factores que dan cuenta del papel selectivo y segregador que acaba jugando a menudo la evaluación". El porcentaje de aprobados en los exámenes finales informado (alrededor del 50%) avala esa opinión.

Teniendo en cuenta los modelos de prácticas evaluativas descritos en Pano y colaboradores (2005), el análisis de las entrevistas permite concluir que en Física I se realizan *prácticas de evaluación tradicionales*.

Merece destacarse que los problemas constituyen el núcleo central en los exámenes. Su resolución es una tarea compleja que debiera ir acompañada de dos tipos de evaluaciones. "El primer tipo es un

análisis de los productos. ¿El resultado final es la mejor solución disponible? ¿En qué se diferencia esta solución de las demás? El segundo tipo de evaluación examina el proceso, ¿Cómo lo hiciste? ¿Qué hiciste bien o qué hiciste mal? ¿Cómo podrías mejorar? Sólo con hacer estas preguntas es de esperar que los estudiantes mejoren de forma significativa sus habilidades de resolución de problemas y su comprensión de cómo resolver problemas" (Bruning y colaboradores, 2005). Hacer estas preguntas también acercaría la evaluación al otro modelo, el de las *prácticas de evaluación innovadoras*.

Se encuentran en el pensamiento de los docentes entrevistados pautas características de este último modelo. Las menciones a que los parciales que toman les permite a los alumnos reorientar el estudio de la materia, a que proporcionan información sobre el propio desempeño docente para su ajuste, las indicaciones preparatorias al examen dadas, las actividades de devolución consignadas, el reconocimiento de que las habilidades que son necesarias para realizar las tareas propuestas por la evaluación son de uso también en el desempeño profesional, son los tributarios del modelo.

Entre las habilidades reconocidas fue señalado el saber leer, señalamiento que está a tono con el concepto de *alfabetización académica*, concepto éste que se refiere al conjunto de nociones y estrategias necesarias para participar en la cultura discursiva de las disciplinas así como en las actividades de producción y análisis de textos requeridas para aprender en la universidad (Carlino, 2005). La *alfabetización académica* es un tema que aparece desde los últimos años cada vez más en las investigaciones sobre educación universitaria.

¿Por qué los docentes no pueden poner en acción sus ideas innovadoras? La primera razón que manifiestan es la abundancia de temas a tratar en un tiempo que resulta insuficiente, razón que está vinculada con los diseños curriculares. Otros condicionamientos institucionales, como las reglamentaciones sobre exámenes parciales y finales, determinan fuertemente las prácticas de evaluación. Está en manos de quienes gestionan la educación en la Universidad favorecer los cambios. Desde aquí creemos haber hecho un aporte al debate.

Referencias

- AUSUBEL, D.; NOVAK, J.; HANESIAN, H. (1983) *Psicología Educativa: un punto de vista cognoscitivo*, 2ª edición. Trillas, México.
- BRUNING, R. H.; SCHRAW, G. J.; NORBY, M. N.; RONNING, R. R. (2005) *Psicología cognitiva y de la instrucción*, 4ª edición. Pearson Educación S. A., Madrid.
- CARLINO, P. (2005) *Escribir, leer y aprender en la universidad: Una introducción a la alfabetización académica*, 1ª edición. Fondo de Cultura Económica, Buenos Aires.
- COLL, C.; MARTÍN, E.; ONRUBIA, J. (2001) *La evaluación del aprendizaje escolar: dimensiones psicológicas, pedagógicas y sociales*. En Coll, C.; Palacios, J.; Marchesi, A. (Compiladores) *Desarrollo psicológico y educación. 2. Psicología de la educación escolar*. Alianza Editorial, Madrid.
- DÍAZ BARRIGA, A (1994) *Revista Iberoamericana de Educación* Nº 5, Ed. OEI Biblioteca Digital 1-22.
- ELICHIRY, N. (2000) *Evaluación: Saberes y Prácticas Docentes*. En Boggino, N. y Avendaño, F. (Compiladores) *La escuela por dentro y el aprendizaje escolar*. Homo Sapiens Ediciones, Rosario.
- LAVE, J. (1988) *La cognición en la práctica*. Piados, Buenos Aires.
- NEWMAN, D.; GRIFFIN, P.; COLE, M. (1991) *La zona de construcción del conocimiento: trabajando por un cambio cognitivo en educación*. Ediciones Morata, Madrid.
- PANO, C. O.; TORRE, V.; DUHALDE, M. (2005) *La Evaluación de Aprendizajes de Estudiantes Tecnológicos. Memorias de las XII Jornadas de Investigación de la Facultad de Psicología, UBA. Primer Encuentro de Investigadores en Psicología del Mercosur*. Buenos Aires. Facultad de Psicología, Universidad de Buenos Aires, Tomo I, p. 285.
- PERRENOUD, P (1990) *La construcción del éxito y el fracaso escolar*. Morata, Madrid.
- POZO, J. I. (1999) *Enseñanza de las Ciencias*, Número extra, 15.
- ROGOFF, B. (1993) *Aprendices del pensamiento. El desarrollo cognitivo en el contexto social*. Paidós, Barcelona.
- SANTOS GUERRA, M. A. (2000) *Evaluación Educativa 1. Un proceso de diálogo, comprensión y mejora*. 3ª edición. Buenos Aires. Magisterio del Río de la Plata.
- VIGOTSKY, L. (1978) *Historia de las funciones psíquicas superiores*. Obras escogidas, Tomo III. Visor-MEC, Madrid.

Caracterización de dispositivos de tres puertos mediante parámetros dispersivos. Una revisión matemática

P. J. Aliquó, C. M. Puliafito

Facultad de Ingeniería, Universidad de Mendoza,
Paseo Emilio Descotte 750,
(5500) Mendoza, Argentina

e-mail: jeremias.aliquo@um.edu.ar

Recibido el 26 de mayo de 2006; aceptado el 15 de diciembre de 2006

Resumen

En este trabajo se presenta una descripción de dispositivos de tres puertos, tal como un amplificador u oscilador a transistor, en términos de parámetros "S" (dispersivos). Mediante este estudio, se pueden deducir fórmulas de conversión para pasar de un tipo de configuración a otro. Asimismo, se presenta aquí un ejemplo de aplicación para las configuraciones de emisor común y base común, como así también el diseño de un oscilador de 4 GHz. Además se muestra un procedimiento de estabilización, en donde se utiliza la matriz general "S" como nexo entre la matriz para una red de dos puertos sin estabilización y la matriz estabilizada. Las expresiones analíticas obtenidas concuerdan muy bien con los resultados obtenidos por el fabricante, sin embargo, pueden aparecer algunas pequeñas diferencias debido a que los dispositivos fueron considerados ideales o sin pérdidas.

PALABRAS CLAVE: AMPLIFICADOR DE TRES PUERTOS - PARÁMETROS "S" - PARÁMETROS DISPERSIVOS.

Abstract

In this paper a mathematical description of three-port devices, such as a transistor amplifier or oscillator, in terms of "S" parameters (scattering) is presented. By means of this study, conversion formulae to go from one configuration to another can be here found. Furthermore, an application example for common-emitter and common-base configurations as well as a 4 GHz oscillator design will be shown. In addition, a stabilization procedure will be pointed out, in which the general "S" matrix is used as a bond between the two-port network matrix without stabilization and the stabilized matrix. The derived analytic expressions agree very well with the manufacturer measurement results, however, some small differences between both may appear due to the devices were considered lossless.

KEYWORDS: THREE PORTS AMPLIFIER - "S" PARAMETERS - SCATTERING PARAMETERS.

Introducción

Frecuentemente los dispositivos activos de microondas se utilizan en configuraciones o condiciones diferentes a las que el fabricante utilizó. Es decir, si se pretende utilizar dicho dispositivo en otra configuración, distinta a la que utilizó el fabricante, la información que éste brinda muchas veces es insuficiente.

Una solución a este problema sería medir nuevamente los parámetros S en la nueva configuración de trabajo. Esto implica el uso de un analizador vectorial de redes, dicho equipo no es comúnmente encontrado en cualquier laboratorio de electrónica.

Otra solución es la de estudiar más a fondo el comportamiento de dicho dispositivo y tomando como referencia los datos medidos por el fabricante, utilizarlos para obtener los parámetros S en otras configuraciones de trabajo. De esta manera no es necesaria una nueva medición de dichos parámetros. Tales son los casos cuando se pretende diseñar un oscilador en una configuración diferente a la que el fabricante utilizó para medir los parámetros S o, cuando por razones de estabilidad o polarización, se altera el arreglo en el cual fueron medidos dichos parámetros.

Este trabajo pretende revisar las características generales de los dispositivos de tres puertos partiendo de la información que suministra el fabricante, y así obtener conclusiones sobre el comportamiento de dichos dispositivos en otras condiciones de trabajo.

La matriz general "S"

La matriz general "S" de un dispositivo de tres puertos (Figura 1) queda definida de la siguiente manera:

$$\begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} S_{11} & S_{12} & S_{13} \\ S_{21} & S_{22} & S_{23} \\ S_{31} & S_{32} & S_{33} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \end{bmatrix} \quad (1)$$

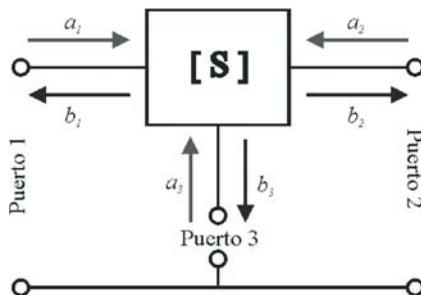


Figura 1. Red de tres puertos

Si se considera al dispositivo como un dispositivo sin pérdidas (abstracción matemática), la matriz general S tiene las siguientes propiedades:

- Si se adaptan dos puertos, por ejemplo, el puerto 2 y 3 (ver Figura 1), esto significa que $a_2 = a_3 = 0$, la energía incidente en el puerto 1 debe ser igual a la energía que sale de dicho dispositivo. Esto se corresponde con el principio de conservación de la energía, así se tiene que:

$$\begin{aligned} a_1 &= b_1 + b_2 + b_3 = S_{11} \cdot a_1 + S_{21} \cdot a_1 + S_{31} \cdot a_1 \\ 1 &= S_{11} + S_{21} + S_{31} \end{aligned} \quad (2)$$

Trabajando en forma análoga a la anterior se obtienen las siguientes expresiones:

$$\begin{aligned} 1 &= S_{12} + S_{22} + S_{32} \\ 1 &= S_{13} + S_{23} + S_{33} \end{aligned} \quad (3)$$

La condición anterior es equivalente a decir que la suma de cada columna de la matriz general S es igual a 1. Es decir que se puede deducir que la suma de cada fila de la matriz general S también es igual a 1:

$$\begin{aligned} 1 &= S_{11} + S_{12} + S_{13} \\ 1 &= S_{21} + S_{22} + S_{23} \\ 1 &= S_{31} + S_{32} + S_{33} \end{aligned} \quad (4)$$

La matriz general S en función de una matriz de dos puertos.

Conocida la matriz S de una red de dos puertos, se puede deducir de ella la matriz general de la red de tres puertos.

Se supone conocida la matriz general de dos puertos para un transistor bipolar en configuración de emisor común (EC). Los puertos se definen de la siguiente manera: puerto 1 como base, puerto 2 como colector y puerto 3 como emisor. En el caso de que se utilice un transistor de efecto de campo, la designación de los puertos sería la siguiente: puerto 1 como compuerta, puerto 2 como drenador y puerto 3 como fuente. Partiendo de la matriz general S de tres puertos y cortocircuitando a potencial cero el puerto 3, desde el puerto 1 se observa que b_3

es la energía incidente y a_3 es la energía reflejada desde el corto circuito, es decir que:

$$\Gamma_3 = \frac{a_3}{b_3} = -1 \rightarrow b_3 = \Gamma_3^{-1} \cdot a_3 \quad (5)$$

Recordar que:

$$\Gamma_3 = \frac{Z_3 - Z_0}{Z_3 + Z_0} \Big|_{Z_3=0} = -1 \quad (6)$$

Si se escribe el sistema de ecuaciones de la matriz general \mathbf{S} , se tiene:

$$\begin{aligned} b_1 &= S_{11} \cdot a_1 + S_{12} \cdot a_2 + S_{13} \cdot a_3 \\ b_2 &= S_{21} \cdot a_1 + S_{22} \cdot a_2 + S_{23} \cdot a_3 \\ \Gamma_3^{-1} \cdot a_3 &= S_{31} \cdot a_1 + S_{32} \cdot a_2 + S_{33} \cdot a_3 \end{aligned} \quad (7)$$

Despejando a_3 de la última ecuación y reemplazando este valor en las ecuaciones anteriores, se obtiene:

$$a_3 = \frac{S_{31}}{\Gamma_3^{-1} - S_{33}} \cdot a_1 + \frac{S_{32}}{\Gamma_3^{-1} - S_{33}} \cdot a_2 \quad (8)$$

$$\begin{cases} b_1 = \left(S_{11} + \frac{S_{13} \cdot S_{31}}{\Gamma_3^{-1} - S_{33}} \right) \cdot a_1 + \left(S_{12} + \frac{S_{13} \cdot S_{32}}{\Gamma_3^{-1} - S_{33}} \right) \cdot a_2 \\ b_2 = \left(S_{21} + \frac{S_{23} \cdot S_{31}}{\Gamma_3^{-1} - S_{33}} \right) \cdot a_1 + \left(S_{22} + \frac{S_{23} \cdot S_{32}}{\Gamma_3^{-1} - S_{33}} \right) \cdot a_2 \end{cases}$$

Escribiendo este sistema de dos ecuaciones en forma matricial:

$$\begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} S_{11} + \frac{S_{13} \cdot S_{31}}{\Gamma_3^{-1} - S_{33}} & S_{12} + \frac{S_{13} \cdot S_{32}}{\Gamma_3^{-1} - S_{33}} \\ S_{21} + \frac{S_{23} \cdot S_{31}}{\Gamma_3^{-1} - S_{33}} & S_{22} + \frac{S_{23} \cdot S_{32}}{\Gamma_3^{-1} - S_{33}} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \end{bmatrix} \quad (9)$$

$$[S_{EC}] = \begin{bmatrix} S_{11} + \frac{S_{13} \cdot S_{31}}{\Gamma_3^{-1} - S_{33}} & S_{12} + \frac{S_{13} \cdot S_{32}}{\Gamma_3^{-1} - S_{33}} \\ S_{21} + \frac{S_{23} \cdot S_{31}}{\Gamma_3^{-1} - S_{33}} & S_{22} + \frac{S_{23} \cdot S_{32}}{\Gamma_3^{-1} - S_{33}} \end{bmatrix} \quad (10)$$

Ésta es la matriz transformada de una red de tres puertos a una red de dos puertos. Esta matriz debe ser igual a la matriz que se obtiene de las mediciones que brinda el fabricante del dispositivo. Es decir que igualando la matriz general a la matriz de dos puertos

se pueden determinar los valores de los S_{ij} de la red de tres puertos. Se adopta aquí la convención de designar a los valores de la matriz de 2 puertos

en emisor común de la siguiente manera: S_{ije} , estos valores se suponen conocidos pues son los que se encuentran a menudo en las hojas de datos.

$$\begin{aligned} S_{11e} &= S_{11} + \frac{S_{13} \cdot S_{31}}{\Gamma_3^{-1} - S_{33}} \\ S_{12e} &= S_{12} + \frac{S_{13} \cdot S_{32}}{\Gamma_3^{-1} - S_{33}} \\ S_{21e} &= S_{21} + \frac{S_{23} \cdot S_{31}}{\Gamma_3^{-1} - S_{33}} \\ S_{22e} &= S_{22} + \frac{S_{23} \cdot S_{32}}{\Gamma_3^{-1} - S_{33}} \end{aligned} \quad (11)$$

Resolviendo este sistema de ecuaciones para las variables de la matriz general \mathbf{S} se obtienen los siguientes valores:

$$\begin{aligned} S_{11} &= \frac{S_{21e} + S_{12e} - 2 \cdot S_{11e} + \Delta - 1}{S_{11e} + S_{21e} + S_{12e} + S_{22e} - 4} \\ S_{12} &= \frac{S_{11e} + S_{22e} - 2 \cdot S_{12e} + \Delta - 1}{S_{11e} + S_{21e} + S_{12e} + S_{22e} - 4} \\ S_{21} &= \frac{S_{11e} + S_{22e} - 2 \cdot S_{21e} + \Delta - 1}{S_{11e} + S_{21e} + S_{12e} + S_{22e} - 4} \\ S_{22} &= \frac{S_{21e} + S_{12e} - 2 \cdot S_{22e} + \Delta - 1}{S_{11e} + S_{21e} + S_{12e} + S_{22e} - 4} \\ \Delta &= S_{11e} \cdot S_{22e} - S_{12e} \cdot S_{21e} \end{aligned} \quad (12)$$

De esta manera se obtienen los valores de la matriz general \mathbf{S} de tres puertos en función de los valores de la matriz de dos puertos en emisor común. Luego, aplicando las propiedades antes vistas, se pueden obtener los otros valores de la matriz general.

$$\begin{aligned} S_{31} &= 1 - S_{11} - S_{21} = \frac{2 \cdot (S_{11e} + S_{21e} - \Delta - 1)}{S_{11e} + S_{21e} + S_{12e} + S_{22e} - 4} \\ S_{32} &= 1 - S_{12} - S_{22} = \frac{2 \cdot (S_{12e} + S_{22e} - \Delta - 1)}{S_{11e} + S_{21e} + S_{12e} + S_{22e} - 4} \\ S_{13} &= 1 - S_{11} - S_{12} = \frac{2 \cdot (S_{11e} + S_{12e} - \Delta - 1)}{S_{11e} + S_{21e} + S_{12e} + S_{22e} - 4} \\ S_{23} &= 1 - S_{21} - S_{22} = \frac{2 \cdot (S_{21e} + S_{22e} - \Delta - 1)}{S_{11e} + S_{21e} + S_{12e} + S_{22e} - 4} \\ S_{33} &= 1 - S_{13} - S_{23} = \frac{4 \cdot \Delta - (S_{11e} + S_{21e} + S_{12e} + S_{22e})}{S_{11e} + S_{21e} + S_{12e} + S_{22e} - 4} \end{aligned} \quad (13)$$

De forma similar se puede obtener la matriz general de tres puertos, si se conoce la matriz de dos puertos en configuración base común, en tal caso la matriz transformada a dos puertos tiene la siguiente forma:

$$[S_{BC}] = \begin{bmatrix} S_{22} + \frac{S_{21} \cdot S_{12}}{\Gamma_1^{-1} - S_{11}} & S_{23} + \frac{S_{21} \cdot S_{13}}{\Gamma_1^{-1} - S_{11}} \\ S_{32} + \frac{S_{31} \cdot S_{12}}{\Gamma_1^{-1} - S_{11}} & S_{33} + \frac{S_{31} \cdot S_{13}}{\Gamma_1^{-1} - S_{11}} \end{bmatrix} \quad (14)$$

Para esta configuración el puerto 3 pasa a ser el puerto 1.

Si se conoce la matriz de dos puertos en configuración de colector común, la matriz general transformada en una red de dos puertos es la siguiente:

$$[S_{CC}] = \begin{bmatrix} S_{11} + \frac{S_{12} \cdot S_{21}}{\Gamma_2^{-1} - S_{22}} & S_{13} + \frac{S_{12} \cdot S_{23}}{\Gamma_2^{-1} - S_{22}} \\ S_{31} + \frac{S_{32} \cdot S_{21}}{\Gamma_2^{-1} - S_{22}} & S_{33} + \frac{S_{32} \cdot S_{23}}{\Gamma_2^{-1} - S_{22}} \end{bmatrix} \quad (15)$$

Para esta configuración el puerto 3 pasa a ser el puerto 2.

Ejemplo de aplicación

Se analiza un caso particular, por ejemplo se toma el transistor BFS17 de Philips Semiconductor y los archivos *.s2p respectivos en emisor común y en base común, para una misma polarización, Figuras 2 y 3.

```
! filename: BFS17A.S2P
! philips part #: BFS17
! bias condition: vce=5V, Ic=2ma
!
# MHz S MA R 50
! Freq S11 S21 S12 S22
40 .814 -15.3 6.375 167.9 .016 78.2 .987 -4.4
100 .861 -36.3 5.939 159.0 .036 70.7 .948 -10.3
200 .756 -64.3 4.811 132.2 .061 57.6 .859 -16.5
300 .652 -88.0 3.983 116.6 .075 51.1 .790 -20.0
400 .585 -104.6 3.245 105.6 .087 48.4 .750 -21.4
500 .541 -116.1 2.723 98.2 .092 47.0 .720 -23.4
600 .528 -127.0 2.386 91.9 .099 46.8 .706 -24.5
700 .491 -136.5 2.089 85.0 .103 46.6 .696 -26.1
800 .485 -143.1 1.879 79.9 .106 48.6 .691 -27.4
900 .480 -151.4 1.701 76.2 .112 49.5 .688 -28.9
1000 .471 -157.6 1.546 70.4 .117 51.0 .683 -30.5
1200 .479 -167.7 1.333 62.9 .124 54.2 .682 -34.2
1400 .477 -175.5 1.170 56.8 .135 57.5 .677 -38.3
1600 .475 -176.6 1.051 50.6 .146 61.7 .684 -42.4
1800 .468 -168.9 .946 45.3 .158 66.4 .685 -46.7
2000 .487 159.0 .868 41.7 .176 69.5 .679 -51.3
```

Figura 2. Parámetros S entregados por el fabricante para el caso de un transistor en emisor común.

```
! filename: BFS17CBA.S2P
! philips part #: BFS17
! bias condition: vce=5V, Ic=2ma
! COMMON BASE
!
# MHz S MA R 50
! Freq S11 S21 S12 S22
40 .559 178.7 1.538 -2.6 .002 89.8 1.002 -1.1
100 .559 177.5 1.535 -6.0 .005 92.8 1.005 -2.4
200 .561 174.9 1.530 -11.9 .010 96.8 1.005 -4.9
300 .560 172.3 1.524 -18.0 .015 100.8 1.010 -7.6
400 .565 170.1 1.517 -24.3 .021 105.5 1.018 -10.3
500 .570 167.6 1.511 -30.4 .027 108.7 1.029 -13.1
600 .575 165.2 1.504 -36.8 .034 111.8 1.040 -15.9
700 .582 162.6 1.488 -43.4 .042 113.8 1.053 -19.0
800 .592 159.8 1.467 -50.3 .052 116.0 1.065 -22.2
900 .601 157.3 1.447 -57.5 .062 117.4 1.078 -25.7
1000 .612 154.6 1.428 -64.7 .073 118.2 1.091 -29.3
1200 .626 149.3 1.362 -79.8 .100 119.0 1.108 -37.2
1400 .654 143.2 1.294 -95.9 .131 117.6 1.115 -45.7
1600 .672 136.7 1.231 -113.2 .167 115.8 1.101 -54.5
1800 .685 130.0 1.095 -130.2 .208 112.1 1.085 -63.8
2000 .695 123.4 1.002 -147.9 .250 107.7 1.015 -73.5
```

Figura 3. Parámetros S entregados por el fabricante para el caso de un transistor en base común.

A continuación se dibujan en las Figuras 4 y 5, en un diagrama polar, los valores medidos por el fabricante en base común y en emisor común respectivamente,

y los valores obtenidos en forma analítica. Los gráficos resultantes son los siguientes:

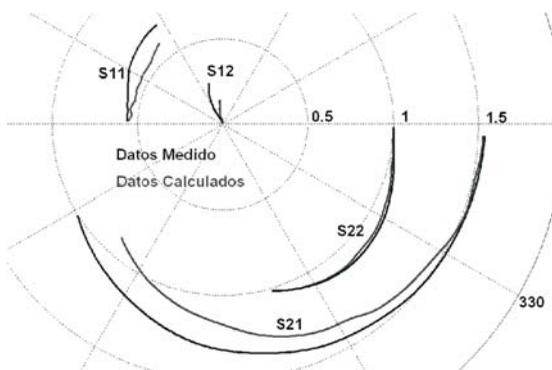


Figura 4. Diagrama polar de los parámetros S para el caso de un transistor en base común.

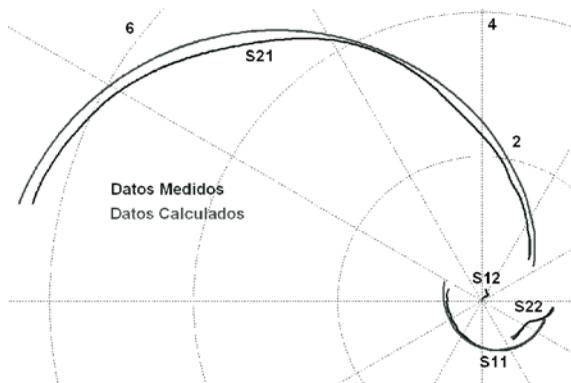


Figura 5. Diagrama polar de los parámetros S para el caso de un transistor en emisor común.

A continuación se presenta la matriz general del dispositivo anterior. Dicha matriz se calculó con los parámetros dados por el fabricante. Las condiciones de polarización y frecuencia son las siguientes:

$$f = 1 \text{ GHz} \quad V_{CE} = 5 \text{ V} \quad I_C = 2 \text{ mA}$$

$$S = \begin{bmatrix} 0.090 - 0.523i & 0.174 + 1.077i & 0.736 - 0.553i \\ 0.163 + 0.235i & 0.692 - 0.438i & 0.145 + 0.203i \\ 0.747 + 0.288i & 0.134 - 0.639i & 0.119 + 0.351i \end{bmatrix} \quad (16)$$

Se verifican a continuación las propiedades de la matriz general. En ella se puede ver que se cumple que:

$$\sum_{j=1}^3 S_{1j} = 1 \quad \text{Y que} \quad \sum_{i=1}^3 S_{i1} = 1$$

y así con las restantes filas y columnas.

Diseño de un oscilador en 4 GHz

Como aplicación de los conceptos antes desarrollados, se propone el diseño de un oscilador

en 4 GHz con el transistor bipolar AT41486 en configuración de base común.

En este caso sólo se tiene la información del transistor, es decir los parámetros S, en configuración de emisor común. Este transistor a la frecuencia propuesta es incondicionalmente estable. Es decir, que ninguna combinación de impedancias de fuente y carga reales puede hacer que el transistor a esa frecuencia se comporte como un oscilador. Se ha graficado en la figura 6 el parámetro K en función de la frecuencia.

Este parámetro define si el transistor es o no incondicionalmente estable. Para un valor de K mayor a 1 el transistor es incondicionalmente estable, y para un valor menor a uno es condicionalmente estable. El parámetro K se define de la siguiente manera:

$$K = \frac{1 + |\Delta|^2 - |S_{11}| - |S_{22}|}{2 \cdot |S_{12} \cdot S_{21}|} \quad (17)$$

$$\Delta = S_{11} \cdot S_{22} - S_{21} \cdot S_{12}$$

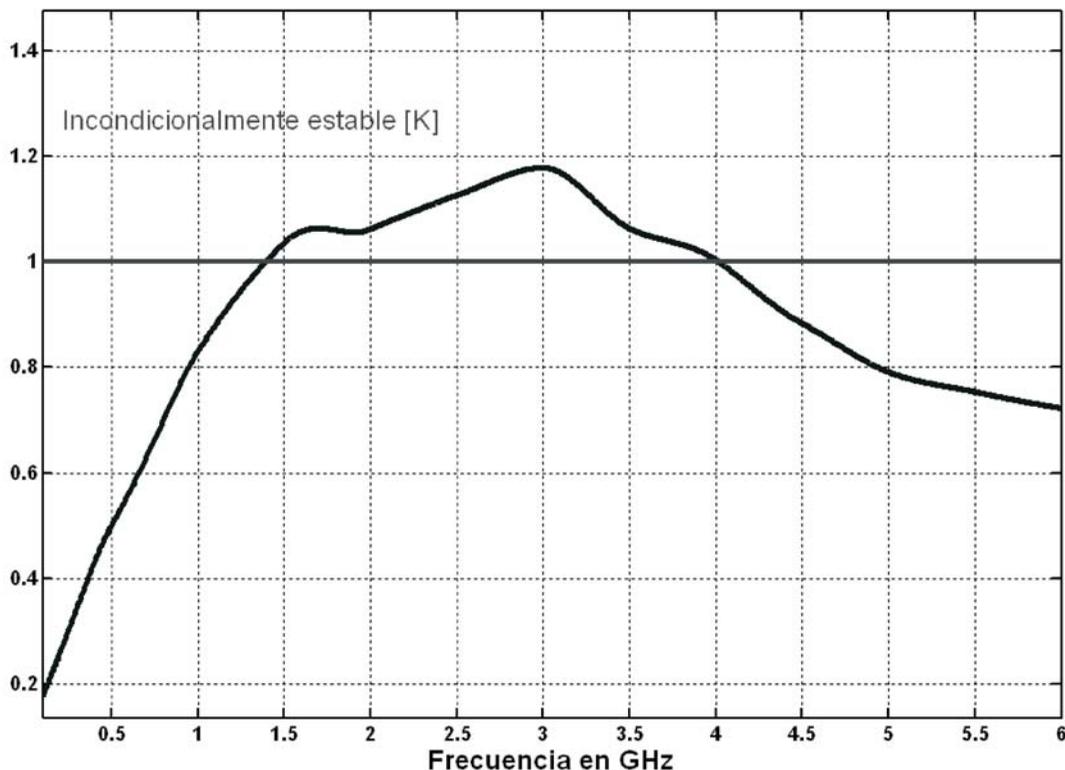


Figura 6. Variación del parámetro K en función de la frecuencia

En la figura 7 se puede observar que el transistor a la frecuencia de 4 GHz y con las condiciones de polarización dadas por el fabricante, es incondicionalmente estable. Es decir, para que el transistor oscile en estas condiciones, se debería colocar una realimentación positiva externa.

En cambio, se puede observar que si transformamos los parámetros de este transistor a una configuración de base común la situación cambia. La figura 8 muestra ahora el valor del parámetro K en configuración de base común. Se puede observar que a la frecuencia de 4 GHz dicho parámetro tiene

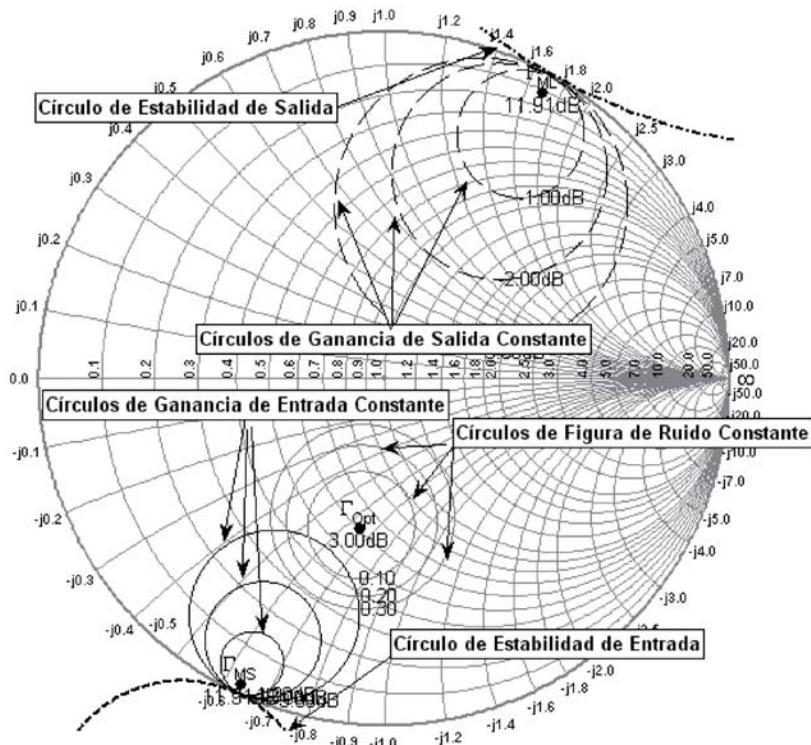


Figura 7. Círculos de estabilidad y ganancia

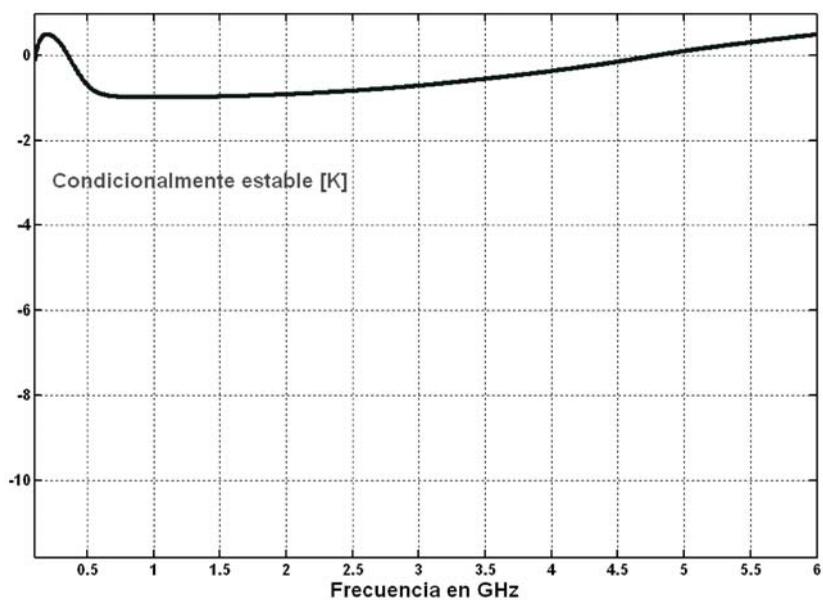


Figura 8. Variación del parámetro K en función de la frecuencia

un valor menor a 1, indicando esto que el transistor es condicionalmente estable. Es decir, que alguna combinación de impedancias de fuente o carga reales pueden hacer que el dispositivo oscile.

La Figura 9 muestra en un diagrama de Smith que gran parte del mismo es ahora una región inestable. Por lo que cualquier impedancia de fuente o carga que se coloque en esa región hará que el transistor presente en alguno de sus puertos una impedancia negativa. Esto se traduce en un puerto que entrega energía en vez de absorberla causando así la oscilación.

El procedimiento de diseño del oscilador se hace siguiendo los lineamientos propuestos en [1]. Para aplicar los conceptos anteriores, se verá un ejemplo de diseño de un oscilador de microondas.

El circuito analizado se puede observar en la Figura 10. Éste, por razones de simplicidad, se observa sólo con los componentes de señal. El circuito consta de una red conectada al emisor, que resuena a la frecuencia de 4 GHz. Esta red cumple con la condición de que $|\Gamma_S| \approx 1$, es decir que toda la energía que incide en el resonador es devuelta por este.

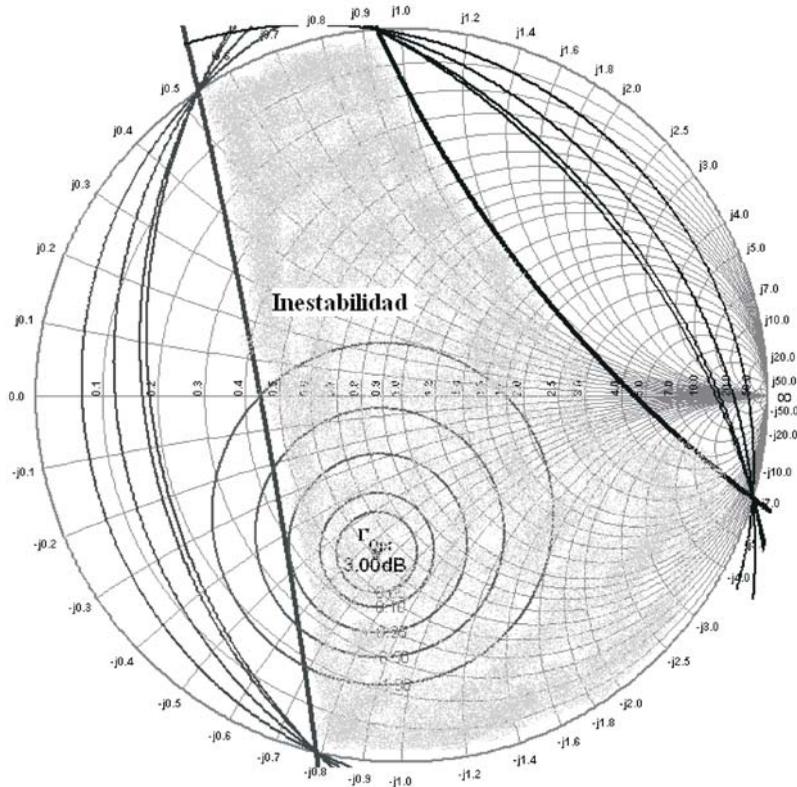


Figura 9. Círculos de estabilidad y ganancia

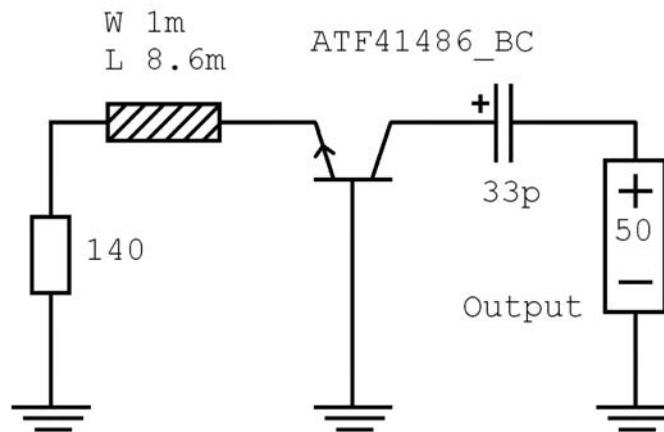


Figura 10. Circuito de un oscilador en 4 GHz.

Con esta condición, a la salida del oscilador se tiene un coeficiente de reflexión con módulo mayor a uno (resistencia negativa). Esto se puede ver en la Figura 11 en donde se ha graficado el coeficiente de reflexión de la salida del oscilador (se denota como S_{11} pues es el único coeficiente bajo estudio).

Otras aplicaciones

Las expresiones antes encontradas tienen otra aplicación aún más interesante. Con ellas se puede

variar el coeficiente de reflexión del tercer puerto conectado a masa.

Se toma como ejemplo el transistor ATF36077 cuyos parámetros S son conocidos.

Se pretende utilizar al transistor como amplificador en la frecuencia de 10 GHz. Si se grafica en función de la frecuencia el parámetro K (Figura 12), es posible observar que a dicha frecuencia el transistor puede llegar a oscilar bajo determinadas condiciones.

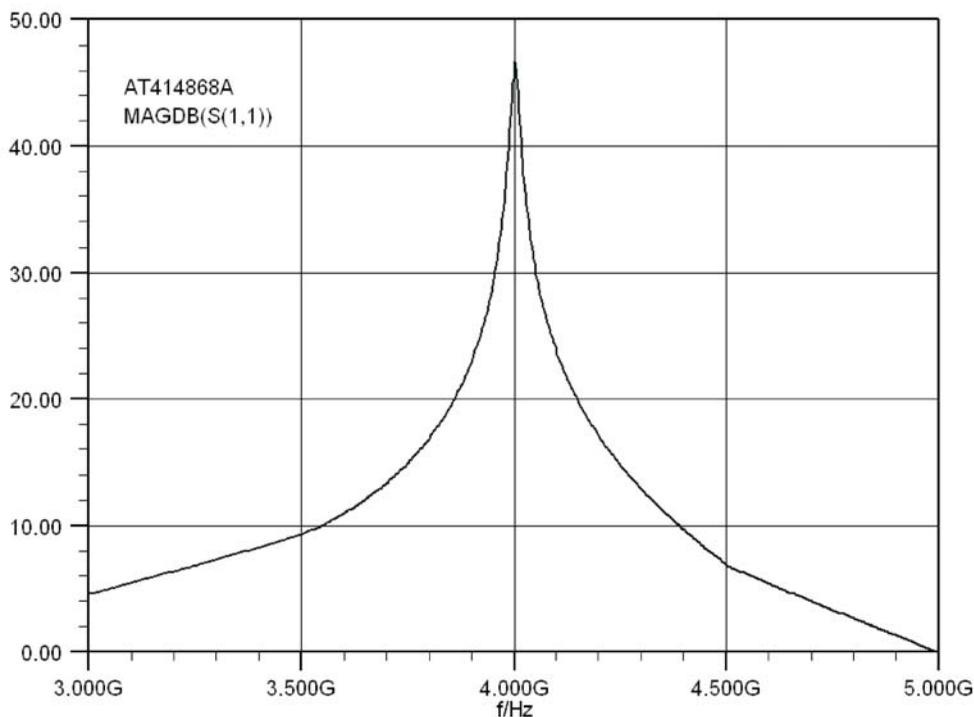


Figura 11. Parámetro S_{11} del oscilador propuesto

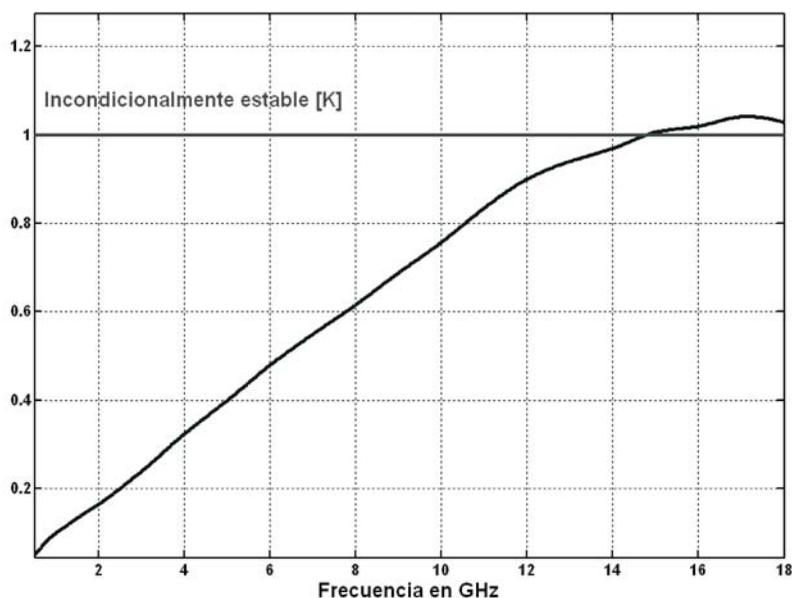


Figura 12. Variación del parámetro K en función de la frecuencia

Esto también se puede observar en la figura 13, en donde se ha graficado en un diagrama de Smith los círculos de ganancia constante. En ésta se aprecia que si se trata de adaptar al amplificador para obtener la máxima ganancia, este se comportaría como un oscilador.

Es sabido de la teoría de circuitos, que si se pretende estabilizar un transistor es necesario provocar una realimentación negativa. Para una etapa en configuración de emisor común esto se logra colocando una impedancia entre el emisor y la masa.

Cuando se pretende estabilizar la señal, esta reactancia puede ser una reactancia inductiva que a la frecuencia de trabajo provoque la realimentación negativa necesaria.

Para este ejemplo se tomaron los datos brindados por el fabricante en configuración de emisor común, y se transformaron a la misma configuración pero teniendo en cuenta la inclusión de una reactancia inductiva entre el emisor y la masa (Ver figura 14).

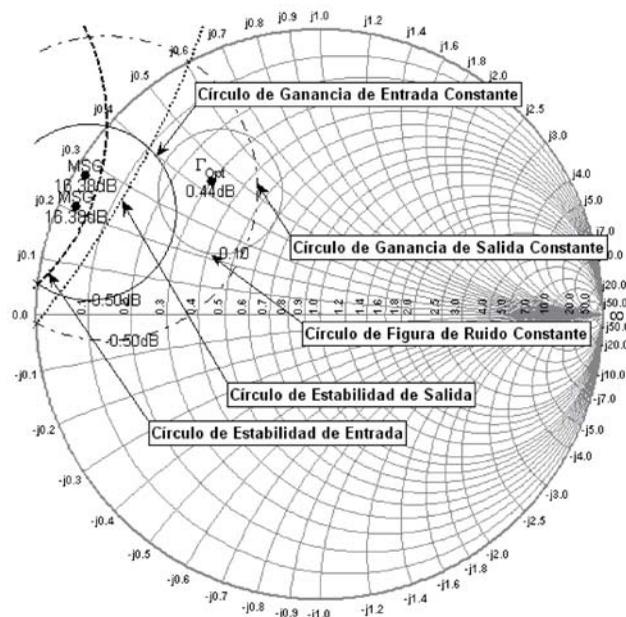


Figura 13. Círculos de estabilidad y ganancia

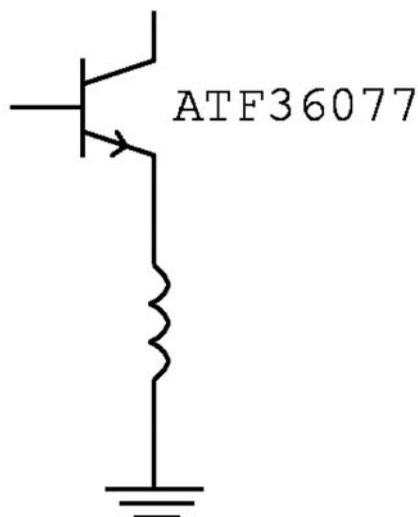


Figura 14. Inductancia agregada en el emisor para modificación de la estabilidad.

En la Figura 15 se puede ver el resultado obtenido. En este caso se agregó en serie con el emisor una inductancia de valor 56 pHy. Con esta inductancia lo que se logró fue hacer que a la frecuencia de 10 GHz el transistor sea incondicionalmente estable. La estabilidad en frecuencia trae aparejada una disminución de la ganancia máxima obtenible por el transistor. Se pudo comprobar que esta disminución de la ganancia es de aproximadamente 1 dB.

La Figura 16 muestra que a la frecuencia de 10 GHz el transistor es estable. En ésta se puede ver que los círculos de estabilidad no intersecan el diagrama de Smith. Esto es consistente con el hecho de que el transistor es incondicionalmente estable.

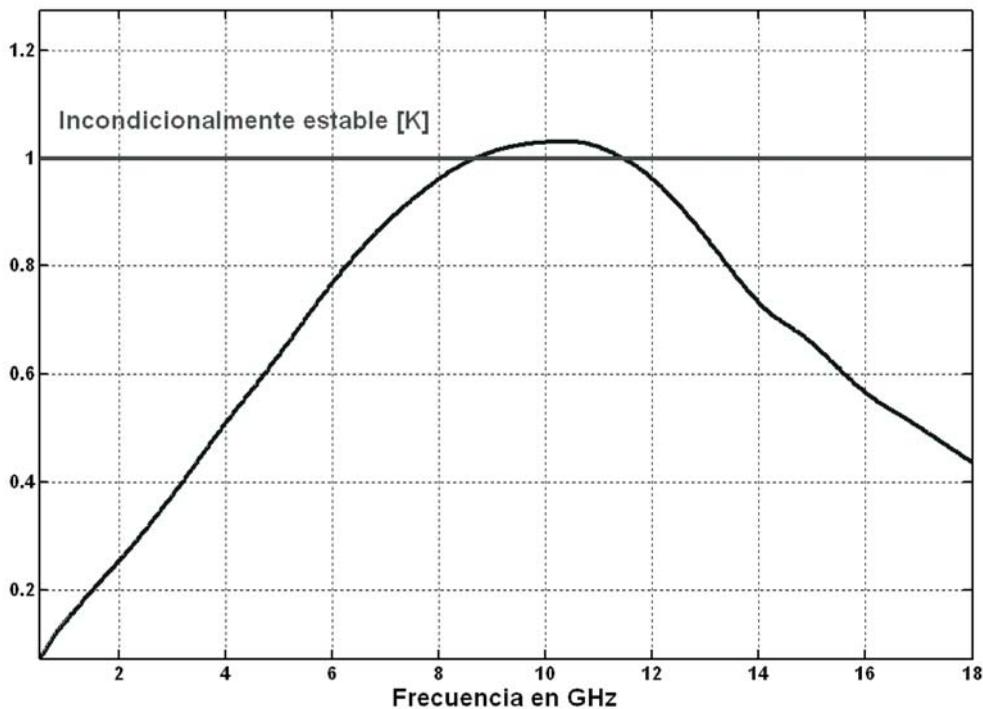


Figura 15. Variación del parámetro K en función de la frecuencia.

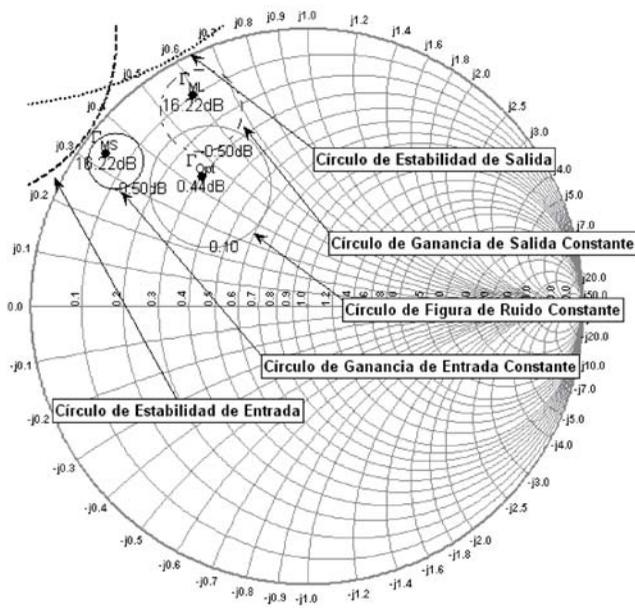


Figura 16. Círculos de estabilidad y ganancia.

Conclusiones

Se concluye que las expresiones analíticas encontradas concuerdan con muy buena aproximación a los valores obtenidos mediante mediciones. Las consideraciones acerca de que los dispositivos no presentan pérdidas, influyen en la exacta correlación de los datos medidos por el fabricante y los calculados en forma analítica. A su vez se ha considerado que no existe ninguna capacitancia parásita entre cualquiera de los terminales del dispositivo.

Una importante aplicación de este análisis es que sirve como punto de partida para el diseño de amplificadores y osciladores en distintas configuraciones. Luego con el uso de algún programa de diseño asistido por computadora (CAD) se podrán optimizar los valores preliminares dados por este análisis.

Referencias

AGILENT 1990 (1990) *Application Note 154, S-Parameter Design*.

AGILENT 1996 (1996) *Application Note 95, S-Parameter Techniques for Faster, More Accurate Network Design*.

AGILENT 1999 (1999) *Application Note A008, Microwave Oscillator Design*.

COLLING, R. (1992) *Foundations for Microwave Engineering*, McGraw-Hill. 2nd Ed.

EVERARD, J. (2001) *Fundamental of RF Circuits Design*, John Wiley & Sons, Ltd.

GREBENNIKOV, A. (2000) *A Simple Analytic Method for Transistor Oscillator Design*, Applied Microwave & Wireless.

PHILIPS SEMICONDUCTORS (2000) *RF Wideband Transistors and MMIC's*, Data Handbook SC14.

POZAR, D. M. (1990) *Microwave Engineering*, Addison-Wesley Publishing Company.

VOGES, E. (1986) *Hochfrequenztechnik* Vol 1 and 2. Hüthig.

Los retos de la tecnología digital

F. Sacristán Romero

Universidad Complutense de Madrid, Facultad de Ciencias de la Información,

Departamento de Historia de la Comunicación Social.

Despacho C-222. Avenida Complutense s/n., (28040) Madrid, España.

e-mail: fransacris@ozu.es

Recibido el 7 de noviembre de 2005; aceptado el 31 de octubre de 2006

Resumen

La llegada de la televisión digital supone un cambio tan radical como el que supuso el paso del blanco y negro al color. Se trata de conseguir imágenes mejores, pero no se queda ahí, sino que también se van a abrir las puertas a la futura introducción de servicios hasta ahora inimaginables, como la recepción móvil de televisión, la interactividad, la televisión a la carta o los servicios multimedia tan de moda hoy en día con la explosión de Internet.

Éste no es sino el principio que culminará dentro de la próxima década con la eliminación de la televisión analógica una vez que todos los canales existentes sean también digitales y se haya renovado el parque de televisores.

PALABRAS CLAVE: TELEVISIÓN – DIGITAL - SATÉLITES DE COMUNICACIÓN

Abstract

The arrival of the digital television supposes a as radical change as the one that supposed the passage of the black and white one to the color. One is to obtain better images, but it does not remain there, but that also is going away to open the doors to the future introduction of services until now unimaginable, like the mobile reception of television, the interactivity, the television to the letter or the services so fashionable multimedia nowadays with the explosion of Internet.

This one is not but the principle that will culminate within the next decade with the elimination of the analogical television once all the existing channels are also digital and has renewed the park of television sets.

KEYWORDS: TELEVISION – DIGITAL - COMMUNICATION SATELLITES

Introducción

Las posibilidades de servicios y aplicaciones del satélite español de comunicaciones se han visto notablemente ampliadas con la puesta en marcha de todas las revoluciones tecnológicas que conlleva el paso a la digitalización en el procesado de imágenes, sonido, texto, etc.

Tras las primeras experiencias piloto realizadas en 1996 de la televisión digital terrestre en Madrid, los "tecnovisionarios" auguraron un prometedor futuro a las cadenas de televisión vía satélite.

En el planteamiento inicial de una encrucijada tan compleja como la que vivimos actualmente es muy difícil que exista un consenso amplio, tanto de operadores como de programadores, en cuanto a la suerte que deparará el mercado a las emisiones digitales vía satélite en su convivencia con las emisiones digitales vía terrestre. Cada uno de los protagonistas o actores que interactúan en el escenario de las telecomunicaciones, ve el porvenir con una perspectiva matizada claramente por su propio status y por los intereses que representa.

Cuando en los periódicos el público empieza a leer en las últimas páginas que en pocos años la pantalla de su televisor se acercará más a una de cine, son pocos los que realmente piensan que la universalización de ese momento está muy próxima. Pues bien, el sistema de televisión digital nos traerá eso y mucho más que los más expertos desconocen cuando se escriben estas líneas.

A nadie se le escapa algo claro: en el campo de los significados, la llegada de la televisión digital no expresará lo mismo para un operador de redes de fibra óptica que para un fabricante de televisores, ni para un radiodifusor o programador de contenidos, y desde luego es seguro que tenga nada que ver con lo que el resto del público puede considerar un adelanto de la técnica audiovisual.

Los operadores de cable están mentalizados que en su negocio particular el paso hacia adelante es aquella innovación que les posibilite un crecimiento cuantitativo del número de canales y servicios aumentando su oferta y siempre con la mirada puesta en la optimización de beneficios y la reducción de costes, tanto en la producción como en la distribución.

Las compañías que producen receptores de televisión saben que el caminar con paso firme por el mercado sólo será posible cuando, por las razones cualesquiera que concurren, relación de aspecto, tamaño, mayor definición de imagen, mejor calidad en el sonido, mayores prestaciones, etc., los consumidores se vean atraídos o incluso "obligados" a la sustitución de su antiguo televisor por una nueva generación de aparatos. Esto llevará ineludiblemente a que los

fabricantes de televisores rentabilicen sus inversiones en investigación, producción y distribución.

Los programadores o radiodifusores ven cómo la introducción de nuevas tecnologías en las transmisiones televisivas puede captar más la atención de las audiencias y por ello ganar en competitividad y calidad respecto a sus acompañantes en el negocio.

Todas estas puntualizaciones convergen en una sola dirección: intentar ofrecer al ciudadano algo mucho mejor que hasta la fecha teníamos para que el progreso sea un hecho y no sólo una declaración de buenos principios.

Los avances tecnológicos influyen inexorablemente en la concepción de todo tipo de nuevos servicios que se pueden poner en circulación, afectando a la mayoría de sus aspectos más notables como pueden ser la competencia, el fácil o difícil acceso al público, la financiación, etc.

Las cadenas de televisión, públicas o privadas, deben estar constantemente atentas a la evolución impredecible de la tecnología para que puedan colmar mejor sus aspiraciones, ya estén encaminadas a dar un mejor servicio público o al incremento de sus ingresos por vías como la publicidad, el patrocinio, etc.

Los consumidores aceptarían de buena gana que el avance auténtico fuese el que algún cerebro de las multinacionales que se pueden permitir invertir en investigación y desarrollo (I+D), idease un dispositivo digital que aumentase la calidad de los contenidos de las programaciones de las cadenas que normalmente recibe en casa y que ese ingenio eliminase los inconvenientes de las interrupciones de películas o programas interesantes por la inclusión necesaria de publicidad. Algo tan fuera de los intereses comerciales de las cadenas privadas, especialmente. Pero esto está hoy muy lejos de la mente del programador de contenidos.

El dispositivo ya está inventado en forma de sistemas de acceso condicional, y se debe trabajar para transmitir a la mayor parte de los ciudadanos de este país el hecho incuestionable que los productos audiovisuales - no muy diferentes en esencia a los que pueden elaborar, por ejemplo, a diario un carnicero o un zapatero - tienen unas tarifas, que se deben pagar de un modo u otro.

En estas páginas no se trata de plantear un debate de los contenidos ni de la financiación, pública o privada, de las cadenas radiodifusoras sino de reflexionar sobre las ventajas e inconvenientes que pueda traer el nuevo servicio de televisión digital.

Finalmente, constatar, que aunque las distancias entre operadores, programadores y usuarios sea considerable, es difícil no ponerse de acuerdo en una cuestión esencial: desde 1992, y con más intensidad a partir de 1996, estamos viviendo la fase embrionaria de una nueva revolución en el universo audiovisual, en puertas

de un nuevo y apasionante periodo nacido por todas las implicaciones que conlleva la digitalización de las señales de televisión y de otros servicios multimedia.

La televisión digital terrena

Antes de profundizar en las características y utilidades de la televisión digital vía satélite es conveniente exponer en las siguientes líneas las posibilidades que ofrecen las transmisiones digitales vía terrestre.

En España se puede decir que a mediados de la década de los 90 no se conocía todavía el inicio de este nuevo e interesante servicio. El gobierno del PSOE ha manifestado en 2005 su impulso a la televisión digital terrestre, adelantando el llamado "apagón analógico" a 2010, dos años antes de lo previsto. Para esas fechas todo el parque de receptores analógicos de televisión debe haber sido sustituido por receptores directamente digitales o haber establecido adaptadores para la captación de las señales de televisión digitales.

Diez días antes de terminar 1995 tres diarios españoles anunciaban la puesta en marcha en 1996 de la primera experiencia piloto y la comercialización del sistema de televisión vía terrestre un año después. Las pruebas de estas emisiones serían realizadas por el ente público de telecomunicaciones español RETEVISION, encargado del transporte de las señales de las cadenas de radio y televisión, y por la Secretaría General de Telecomunicaciones, dependiente del Ministerio de Obras Públicas, Transporte y Medio Ambiente (MOPTMA).

Los ensayos funcionarían en el casco urbano de Madrid y algunas zonas limítrofes. La televisión digital vía terrestre abre la posibilidad, cuando esté funcionando a pleno rendimiento, que cualquier espectador español reciba directamente hasta 180 canales de televisión con un solo aparato decodificador, que será innecesario cuando el usuario cambie su televisor tradicional por los nuevos receptores de televisión que en breve tiempo empezarán su fabricación masiva.

Los nuevos televisores pasarán a tener el formato normalizado de 16/9, que sustituirá al clásico de 3/4. Las ventajas son, entre otras, una mayor calidad en la recepción de las imágenes que en el caso de las emisiones de alta definición o de PAL PLUS será increíble, desaparición de interferencias debidas a circunstancias ajenas a las antenas particulares - bien individuales o colectivas - eliminación de los espacios de sombras que existen en algunas zonas muy montañosas del territorio peninsular español e incluso se evacuarán los problemas típicos que se producen en los receptores de televisión cuando se mueven de una sala a otra de la casa.

Los trabajos de 1996 permitieron probar las instalaciones y equipos emisores de RETEVISION y los programadores. Los fabricantes han podido producir

nuevos televisores teniendo como referencia estas pruebas y los prototipos que sus competidores ofertan al mercado.

La elección de Madrid como ciudad para realizar los primeros experimentos de la televisión digital terrestre no es gratuita; se debe a un conjunto de factores tan variados como pueden ser la configuración como urbe, los altos edificios, la potente recepción de la señal procedente de Torrespaña y la proximidad geográfica de varios centros emisores que con la televisión digital se ampliarán.

Los encargados de la programación y la planificación de contenidos (todas las cadenas de televisión públicas y privadas) son un eje básico del proyecto experimental porque colaboran estrechamente con los organismos públicos de telecomunicaciones que ponen a punto todo el operativo técnico.

El proceso de digitalización deja obsoletos los sistemas analógicos por el incremento de las vías de acceso a la información o al entretenimiento. El sistema digital permite la compresión de señales de imagen y sonido, de forma que por el canal en que viaja una señal de televisión muy pronto podrán circular entre seis y ocho, dependiendo del movimiento de las imágenes (nótese que, por ejemplo, un partido de fútbol o cualquier otra transmisión deportiva necesita más espacio que una foto fija).

Las ventajas de la nueva tecnología se pueden resumir en la multiprogramación, la explotación y aprovechamiento flexible del canal radioeléctrico, la mejor definición en la calidad de imagen, la optimización en el uso del espectro radioeléctrico y la posibilidad de incorporación de servicios de valor agregado o añadido que sirven para satisfacer los intereses de los usuarios.

La televisión digital vía satélite

Normativas y acuerdos técnicos

El ámbito geográfico donde más se ha impulsado la elaboración de una reglamentación técnica para la puesta en marcha de la tecnología digital ha sido en el marco de la Unión Europea.

No obstante, los trabajos previos de los organismos internacionales no deben ser ignorados ni mucho menos infravalorados.

El proyecto regulador del grupo MPEG (Motion Pictures Experts Group) de la Organización Internacional para la Estandarización (ISO), ha cerrado un ciclo que empezó en el año 1990 con la definición del procedimiento de codificación de las señales de imagen y sonido, así como de los mecanismos que posibilitan la configuración de un paquete de servicios, como el codificador MPEG-2.

El servicio principal que se quiso impulsar es la difusión de imágenes de televisión vía satélite con compresión

digital. El funcionamiento se puede resumir en los siguientes pasos:

a. El radiodifusor - cualquier cadena de televisión pública o privada - envía su señal (varios programas) al centro técnico del operador. Desde este lugar las señales analógicas se dirigen al centro donde se ubican las instalaciones para las comunicaciones vía satélite.

b. En el último sitio se realiza el procesado digital de las señales previo a su envío al satélite.

Las señales se codifican (módulo de sistemas MPEG-2) y al mismo tiempo se comprimen con un aparato llamado "multiplexor" que facilita su transmisión digital por un único transpondedor de satélite. Por donde se transmitía un único programa con la actual tecnología, ahora se pueden enviar de seis a ocho paquetes de contenido distintos.

c. El paso intermedio del procesamiento digital se realiza de forma independiente para cada una de las señales con las que se trabaja, que después se integrarán en un único manantial digital.

d. Tratamiento de la señal en un modulador digital (Modulador QPSK) para su ulterior lanzamiento al satélite.

e. El paso final se da cuando se produce la amplificación de la señal por el satélite, que la manda a todo el territorio de cobertura, donde un decodificador separa los canales y los recupera en su antiguo y original formato analógico.

Una vez expuestos los pasos necesarios para el buen funcionamiento de las transmisiones digitales vía satélite, pasamos a la explicación de los esfuerzos de fabricantes, organismos e instituciones públicas, operadores y programadores para una feliz convivencia con la nueva tecnología.

Los fabricantes de circuitos integrados y componentes electrónicos ofrecen ya desde hace un tiempo los codificadores y decodificadores que son el núcleo tecnológico del sistema sobre el que estamos debatiendo.

Los anhelos del grupo europeo DVB (Digital Video Broadcasting) han terminado con la planificación y elaboración de reglamentos europeos, como el ETS (European Telecommunication Standards) que definen las características que las señales de televisión digital deberán tener para ser transmitidas por cualquiera de las vías hoy existentes: terrestre, cable y satélite.

El grupo DVB ha captado el espíritu por el cual las normas escritas se deben adaptar a las necesidades

comerciales y de marketing percibidas por los potenciales consumidores y los operadores del sistema.

Características de la norma europea

La reglamentación de emisión para sistemas de satélite incluye cuatro características básicas para que la nueva tecnología no caiga en arbitrariedades de todo tipo. Serían las siguientes:

a. Codificación de canal externa basada en el uso de un codificador Reed Solomon, capaz de la mejora del índice de errores. Este sistema está precedido de un "pseudoaleatorizador" que garantiza la dispersión de energía de la señal.

b. Con el objetivo de diseminar los fallos cuando ocurren en ráfagas, como es el caso en sistemas de codificación convolucional, se incluye un sistema de entrelazado (interleaving), que redistribuye la información emitida consecutivamente.

c. Codificación de canal interno convolucional. Esta operación presenta una lista de alternativas que permiten la adecuación con exactitud de las características del servicio a la capacidad disponible en el transpondedor en cuanto a potencia y ancho de banda. Mediante una variación en la tasa de codificación entre 7/8 y 1/2 es posible la introducción de una cantidad de redundancia que varía de forma discreta entre el 14 y el 100 por ciento.

d. Modulación QPSK convencional con demodulación coherente.

Toda esta reglamentación de las transmisiones digitales asocian una serie de técnicas consistentes y probadas en el mundo de las comunicaciones por satélite, con suficiente flexibilidad como para poder ofrecer servicios sobre satélites de diferentes operadores y con características entre ellos muy dispares.

Baste un ejemplo para ilustrar esta situación: Un transpondedor con una frecuencia de 36 MHz, con una PIRE alrededor de 51 dBW, podría transmitir una tasa binaria útil de 26 Mbit/segundo con máxima protección (FEC 1/2). Se necesitarían antenas de 40 centímetros de diámetro para contar con una disponibilidad razonable. Si se asume que la difusión de un canal de televisión digital exige de 5 a 6 Mbit/segundo este transpondedor podrá ser usado para la difusión de 4-5 canales de televisión con calidad equivalente a la disponible actualmente en los sistemas de conversión de televisión PAL/SECAM.

Todas estas observaciones concluyen en una clara y manifiesta realidad: la digitalización va a traer un fenómeno de competitividad mucho mayor que el introducido en su tiempo por los sistemas analógicos. Se produce inexorablemente un nuevo planteamiento en las estrategias de un mercado todavía muy novel. Se multiplica considerablemente el número de canales aumentando la capacidad que un determinado satélite

puede ofrecer y se disminuyen los costes de transmisión de forma proporcional.

Número de canales y calidad de recepción

En estudios realizados por expertos e ingenieros del grupo HISPASAT se confirma que un sistema de satélites como el español puede ofertar al potencial cliente y consumidor la siguiente capacidad:

- 5 DBS (Sistemas de difusión directa) a 4 canales.....20
- 8 FSS (Sistema de servicio fijo) de 36 MHz a 6 canales.48
- 2 FSS de 46 MHz a 7 canales.....14
- 2 FSS de 54 MHz a 8 canales.....16
- 4 FSS de 72 MHz a 12 canales.....48

El total de los canales de la oferta asciende a 146 sobre la cobertura territorial europea de los que unos 20 podrían tener su origen en el continente americano. Los dos transpondedores de TVA permitirían la distribución de 12 canales a toda América. Esta posibilidad se incluye dentro de la hipótesis que el sistema de satélite se dedique sólo a la difusión de servicio de televisión y que toda la tecnología empleada fuese digital.

En el terreno de los consumidores hay que subrayar el hecho que apenas un par de meses desde que el semáforo se puso en verde con las normas DVB, aparecieron receptores digitales en el mercado, no como prototipos que se muestran en las ferias de telecomunicaciones y nuevas tecnologías, sino como productos de primera calidad.

En España los primeros receptores digitales puestos en el mercado corresponden a equipos individuales. Sin embargo, un país como el español en el que el 70% de las casas reciben la televisión mediante sistemas comunitarios ha exigido una atención específica en el apartado de la recepción de señales digitales. Esta realidad unida a la de otros países socios de la Unión Europea ha sido proyectada dentro del programa de la Europa comunitaria DIGISMATV en el que participan RETEVISION y la compañía HISPASAT.

El resultado de los trabajos de los países de la Unión Europea ha sido la elaboración de una reglamentación que ya es una ETS (European Telecommunication Standard), y que alinea un grupo de alternativas para la distribución de la televisión digital por diferentes sistemas.

La denominada norma europea SMATV ofrece como una de las soluciones más ilusionantes el dispositivo TDT (Transmodulador Digital Transparente) que se basa en un aparato ubicado en la cabecera de la instalación colectiva con capacidad para recibir y demodular el flujo binario de un multiplexor MPEG-2, normalmente transmitido por un transpondedor, en otro flujo binario con la misma información pero usando las técnicas de

modulación adaptadas a la distribución en canales de 8 MHz sobre sistemas de cable. Con ello, se consigue la optimización de la capacidad de distribución del sistema manteniendo como equipos receptores prácticamente los mismos utilizados en las redes de cable.

Finalmente, señalar un paquete de tres objetivos aparejados a la implantación de la normativa europea DIGISMATV (también conocida como SMATV):

- a. Coexistencia de la distribución híbrida de los nuevos canales digitales con los analógicos ya existentes.
- b. Los equipos de los usuarios (IRD) deben ser objeto de las economías de escala alcanzables tanto en la recepción por cable como en la directa.
- c. La norma debe permitir la suficiente flexibilidad de la configuración de la cabecera como para poder escoger diversas opciones en función de la naturaleza y características de los servicios afectados y de los costes que la comunidad está dispuesta a afrontar.

La televisión digital en América

Antecedentes

La tecnología digital ha realizado un recorrido mayor por el Norte y Sur de América que por nuestro viejo continente europeo. Conocemos que en Europa los procesos de digitalización llevan años siendo empleados en enlaces para el transporte y distribución de señales de televisión pero su desarrollo no está tan arraigado como en países de América con una dilatada trayectoria en la aplicación de nuevas tecnologías.

Como ejemplo, sirva el de los Estados Unidos, con aproximadamente cien millones de casas donde existen cerca de 14.000 sistemas de cable con una penetración del 62%, y prácticamente nada de televisión directa o convencional.

Esta situación general cambió de forma radical el 17 de diciembre de 1993, fecha en la que se lanzaba el primer satélite dedicado exclusivamente a la difusión de televisión digital. Este satélite, junto a su compañero de viajes, lanzado el 3 de Agosto de 1994, configuran el denominado sistema "Hughes Direct TV", que difunde y distribuye desde 1995 una oferta atractiva de 150 programas sobre todo el territorio continental de los Estados Unidos.

La tecnología que emplea el sistema Hughes Direct TV es MPEG-1 y es incompatible con la norma europea DVB. Cuestión que no parece haber soliviantado mucho ni a los operadores de las redes ni a los consumidores de los contenidos.

Desde la puesta en marcha de la comercialización de sus servicios, el sistema Hughes Direct TV ha logrado la cifra de un millón de suscriptores a alguna de las

modalidades que ofrece el consorcio. Es oportuna la apreciación que el paquete de programas más contratado por el público sea el llamado "TOTAL CHOICE" - paquete total - con un precio de 30 dólares estadounidenses mensuales.

La empresa, junto al negocio de la venta de los servicios que ofrece, obtiene también beneficios por la comercialización de los equipos receptores de televisión digital. Los equipos incluyen una antena de 45 cm LNB, y un receptor-decodificador integrado.

Solamente la multinacional Thompson tiene la exclusiva de la venta de estos receptores durante un año y medio, pero otros proveedores como la propia firma Hughes y los japoneses de Sony podrán ofrecer sus propias versiones del equipo receptor en breve periodo de tiempo.

A nadie, con un mínimo de conocimiento del mundo de las telecomunicaciones, se le escapa la idea que los norteamericanos lo que proyectan es la creación de un sistema estándar para que los que vengan después se construyan a su imagen y semejanza.

Uno de los más grandes inconvenientes es que al menos otros tres sistemas de difusión directa ofrecen o intentaban ofrecer entre principios y mediados del año 1996 un tipo de servicios alternativos (USSB, Echostar, Tempo).

Otra reflexión importante es que el hecho de haber sido tan impacientes a la confirmación de la norma MPEG-2 condena a los actuales consumidores a una calidad inferior limitando al tiempo la compatibilidad con productos audiovisuales en el futuro.

El consorcio panamericano de satélites PANAMSAT lleva usando tecnología MPEG-1 desde 1992-93 en casi el 50 por ciento de su capacidad. Las señales que genera son captadas en las cabeceras de cable y distribuidas a los varios millones de redes de cable instaladas por toda América Latina.

La relación de HISPASAT y América

El satélite español de comunicaciones HISPASAT se concibió con la idea clara de estrechar lazos culturales y sociales con las gentes del Norte de América y de especial modo con los hispanohablantes de toda América Latina. El satélite español puede ser fundamental para ver los problemas a los que se enfrentan el idioma y la cultura hispanas.

HISPASAT en colaboración con el ente público RETEVISION ha realizado algunas pruebas técnicas de transporte de señal a 34 Mbits/segundo. El satélite español suele ser requerido frecuentemente para contribuciones digitales a la velocidad de 8.448 Kbits/segundo por varios de los operadores que trabajan en Europa.

En su doble relación con los países del Norte y Sur de

América, HISPASAT ha conseguido la transferencia de su servicio previamente traído por INTELSAT K. Se trata de un conjunto de cuatro canales que forma parte de la oferta de la compañía Taurus Programming Services, el cual es transmitido desde la capital de Florida, Miami, y tiene como puntos de destino más de 112 cabeceras de cable, alcanzando las 300 cabeceras en un breve periodo de tiempo.

Aunque se use una específica tecnología (DIGICIPHER I) incompatible con el modelo patrón de difusión antes citado, es fácil comprender que este servicio está orientado a la distribución de esos cuatro canales a cabeceras de cable donde en el año 1996 eran convertidos al sistema PAL europeo.

El organismo público que tiene asignadas las funciones de gestión y explotación de los dos transpondedores de cobertura americana es el Ente Público Radio y Televisión Española (RTVE). La empresa audiovisual española ha iniciado un conjunto de procesos con vistas a la utilización de tecnología digital en el segmento espacial que gestiona.

Los transpondedores encomendados a dar servicio al continente americano son los números 6 y 15 del sistema, poseen una frecuencia de 36 MHz de ancho de banda y una potencia de 110 W, con una cobertura que va desde Canadá hasta Tierra del Fuego en el Cono Sur de América. El número de espectadores potenciales a las que va dirigida la programación del ente público RTVE alcanza a unos 350 millones de hispanohablantes. Los dos canales puestos en marcha por RTVE hacia el continente americano son TVE Internacional e HISPAVISIÓN.

Conclusiones

El cambio de la tecnología analógica a la digital supondrá, al menos, transmitir 6 canales de televisión en cada transpondedor permitiendo lanzar el globo sonda de unas señas de identidad europeas, y primordialmente españolas a una audiencia que seguramente tiene muy en cuenta su calidad.

Finalmente, constatar que la proyección de la cultura y la tecnología españolas a Hispanoamérica permite hablar de dos posibilidades bien diferenciadas, y que han sido cuestiones debatidas durante muchas horas en los foros nacionales e internacionales de telecomunicaciones:

- a. Contemplar sólo la distribución a cabeceras de cable, lo que minimiza la gestión necesaria para la comercialización del producto, y por ende, elimina en una proporción adecuada el factor coste del equipo receptor de satélite.
- b. Servicios de difusión directa (DBS). Aunque técnicamente es posible emitir señales sobre la mayoría de los países de Hispanoamérica con antenas de tamaño

inferior a 1,2-1,5 metros, las implicaciones del proyecto desde el punto de vista de gestión de la suscripción y distribución de los equipos receptores son mucho más complejas y requerirán una inversión de capital mucho mayor que en el caso anterior.

Referencias

FERNÁNDEZ CALVO, Rafael (1995): "El Web y las estrategias empresariales" en revista WEB, Ed. MUNDO REVISTAS, S. A., Barcelona.

REGUERA, Francisco Javier (2000): "UOC: tecnología al servicio de la enseñanza" en revista NET CONEXION, Ed. ZINCO MULTIMEDIA, Barcelona.

SALDAÑA, José (2000): "La televisión interactiva" en revista NET CONEXION, Ed. ZINCO MULTIMEDIA, Barcelona.

Instrucciones para la presentación de artículos

El presente instructivo reúne las condiciones generales de presentación y formato e información general para todos los interesados en remitir sus contribuciones.

Presentación de los textos

Los trabajos, en versión impresa (original y copia), podrán ser remitidos a los miembros del Comité Editorial:
Lic. Miguel Languasco
Dr. Isaac Marcos Cohen

Facultad Regional Buenos Aires
Secretaría Académica
Medrano 951
(C1179AAQ) Buenos Aires, República Argentina

Recomendaciones generales

Proyecciones es una publicación destinada a un público amplio, con formación específica en diferentes campos del conocimiento, que se distribuye en diversos países de habla castellana. Por tal razón, se recomienda a los autores preservar la pureza y la claridad idiomática de sus textos y evitar el uso de vocablos de uso corriente en disciplinas particulares, pero no conocidos (o con significado distinto) en otros ámbitos. Asimismo, no deberán emplearse palabras derivadas de traducciones incorrectas (por ejemplo, *asumir* en lugar de *suponer*, o *librería* por *biblioteca*) o pertenecientes a otros idiomas, salvo cuando no existan en castellano equivalencias válidas, o cuando se refieran a técnicas o procesos conocidos por su denominación en la lengua original.

Se recomienda también evitar el uso indiscriminado de mayúsculas cuando se haga mención a sustantivos comunes, como por ejemplo elementos químicos o técnicas particulares.

Es conveniente, en todos los casos, efectuar una adecuada revisión ortográfica y de sintaxis de los textos antes de su envío.

Pautas específicas

Se deberán contemplar las siguientes pautas:

La presentación corresponderá a un formato adecuado para hojas tamaño A4 (21 cm x 29,7 cm) escritas con interlineado simple, conservando los siguientes márgenes: superior e inferior, 2,5 cm; derecho e izquierdo, 3 cm; encabezado y pie de página, 1,2 cm. La fuente escogida es Tahoma, tamaño 12. Se recomienda muy especialmente a los autores respetar esta pauta, pues las conversiones posteriores desde otras fuentes, diferentes a la mencionada, pueden representar la distorsión o la pérdida de caracteres especiales, como las letras griegas. Se deberá emplear sangría en primera línea de 1 cm y alineación justificada en el texto.

En la página inicial se indicará el título en negrita, centrado y con mayúscula sólo en la primera letra de la palabra inicial; en otro renglón, también en negrita, iniciales y apellido del (de los) autor(es) y, finalmente, en itálica, el nombre y la dirección postal de la(s) institución(es) a la(s) que pertenece(n), junto con la dirección de correo electrónico del autor principal.

A continuación, dejando tres espacios libres, el texto, en espacio simple, comenzando con un resumen de 50 a 100 palabras, en castellano e inglés, también en negrita y con tamaño de fuente 10. Luego del resumen, deberán consignarse las palabras clave que orienten acerca de la temática del trabajo, hasta un máximo de cinco. Asociaciones válidas de palabras (por ejemplo, contaminación ambiental, fluorescencia de rayos X) se considerarán como una palabra individual.

Se aconseja ordenar el trabajo de acuerdo con los siguientes ítems: Introducción, Parte Experimental, Resultados y Discusión, Conclusiones, Agradecimientos (si existen) y Referencias. Cada uno de ellos tendrá categoría de título y deberá ser presentado en forma equivalente al título original del trabajo, en negrita y centrado, mientras que los subtítulos se consignarán en el margen izquierdo y en negrita. Ninguno de estos ítems deberá ser numerado. La extensión del trabajo no podrá ser mayor que 20 páginas.

En hoja aparte se indicará el tipo de procesador de texto utilizado y la versión correspondiente.

Los autores deberán entregar un disquete conteniendo su trabajo y diagramado en la forma propuesta para la versión final impresa.

Tablas y figuras

Las figuras deberán ser ubicadas en el texto, en el lugar más cercano a su referencia, con números arábigos y leyendas explicativas al pie. Las imágenes fotográficas deberán estar al tamaño 1.1 a 300 ppi, en formato tif, jpg o eps. Los gráficos o dibujos se presentarán, preferentemente, en vectores (formato .cdr o .ai); en el caso de estar presentados en forma de mapa de bits su resolución en 1.1 deberá ser mayor a 800 ppi. No podrán reproducirse figuras en color.

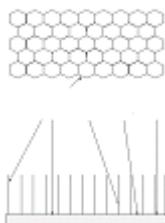


Figura 1. Ejemplo de ubicación de la figura y su leyenda explicativa (centrada, en negrita y fuente 10)

Las tablas se incluirán en el lugar más cercano a su referencia, con números arábigos y acompañadas con un título auto-explicativo en el encabezado.

Tabla 1. Ejemplo de formato para tabla y título (centrada, en negrita y fuente 10)

Magnitud	Condición A	Condición B
Magnitud A	1a	1b
Magnitud B	2a	2b

Agradecimientos

Los agradecimientos deberán ser escuetos y específicos, vinculados al trabajo presentado. Serán suprimidos los de naturaleza general o no aplicables a la contribución.

Referencias

Las referencias se consignarán en el texto indicando el apellido del autor (o primer autor, en trabajos de autoría múltiple) y el año de la publicación. Ejemplos: Gould (1958); Sah y Brown (1997); Probst y colaboradores (1997). Cuando la referencia se coloque a continuación de una oración completa en el

texto, la forma indicada se convertirá en: (Gould, 1958). Las referencias múltiples se indicarán bajo un único par de paréntesis; ejemplo: (Sah y Brown, 1997; Probst y colaboradores, 1997). El ítem Referencias contendrá todas las citas consignadas en el texto, ordenadas alfabéticamente, tomando el apellido del primer autor. Los artículos incluidos en publicaciones colectivas deberán figurar en el orden: apellido e iniciales de todos los autores; entre paréntesis, año de publicación; abreviatura internacionalmente aceptada de la publicación; volumen; primera página del artículo. Las referencias a libros consignarán iniciales y apellido de todos los autores; título; página (si corresponde); editorial:

Ejemplos:

GOULD, E. S. (1958) *Curso de Química Inorgánica*. Selecciones Científicas, Madrid, España.

PROBST, T.; BERRYMAN, N.; LARSSON, B. (1997) Anal. Atom. Spectrom. 12, 1115.

SAH, R.; BROWN, P. (1997) Microchem. J., 56, 285.

No deberán incluirse, bajo el ítem **Referencias**, citas bibliográficas no mencionadas específicamente en el texto del trabajo.

Mecanismos de aceptación y normativa general

Los trabajos serán revisados por reconocidos especialistas, designados por el Comité Editorial. El dictamen será, en cada caso: a) aprobado en su versión original; b) aprobado con pequeñas modificaciones; c) revisado, con necesidad de modificaciones significativas; d) rechazado. En los casos diferentes a su aprobación directa, los trabajos serán enviados a los autores. Cuando se trate de cumplir con modificaciones sugeridas por los árbitros, los trabajos serán sometidos a una nueva evaluación.

El envío de una contribución para *Proyecciones* supone que ésta no ha sido publicada previamente y, adicionalmente, la cesión de los derechos de publicación por parte de los autores. Cuando el trabajo ha sido ya presentado en una reunión científica (sin publicación de actas) o inspirado en una presentación de esta naturaleza, se aconseja citar la correspondiente fuente.



Facultad Regional Buenos Aires

Doctorado, Maestrías y Carreras de Especialización

Doctorado en Ingeniería
Mención en Procesamiento de Señales e Imágenes

Maestría en Ingeniería Ambiental

Maestría en Ingeniería en Calidad

Maestría en Ingeniería en Sistemas de Información

Maestría en Administración de Negocios

Maestría en Tecnología de los Alimentos

Maestría en Docencia Universitaria

Maestría en Radioquímica

Maestría en Reactores Nucleares

Maestría en Gestión de la Educación Superior

Especialización en Higiene y Seguridad en el Trabajo

Especialización en Ingeniería Clínica

Especialización en Ergonomía

Especialización en Preparación y Evaluación de Proyectos

Cursos de Posgrado

Dirección de Empresas

Automación Industrial

Higiene y Seguridad en el Trabajo

Gestión en Ingeniería Clínica

Generación de Empresas Innovadoras



Facultad Regional Buenos Aires

Carreras de Grado

Ingeniería Civil

Ingeniería Eléctrica

Ingeniería Electrónica

Ingeniería Industrial

Ingeniería Mecánica

Ingeniería Naval

Ingeniería en Sistemas de la Información

Ingeniería Química

Ingeniería Textil

Ciclos de Licenciatura

Licenciatura en Ciencias Aplicadas

Licenciatura en Tecnología Educativa

Licenciatura en Gestión de la Producción Gráfica

**PROYECCIONES se terminó de imprimir en los talleres gráficos
Forma Color Impresores S.R.L. Camarones 1768 (C1416ECH),
Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina,
Abril de 2007**