

C. N. E. A. Biblioteca	
ARCHIVO PUBLICACIONES	
NO 9	AÑO



**ARGENTINA
ELECTROENERGETICA**

00.73.06

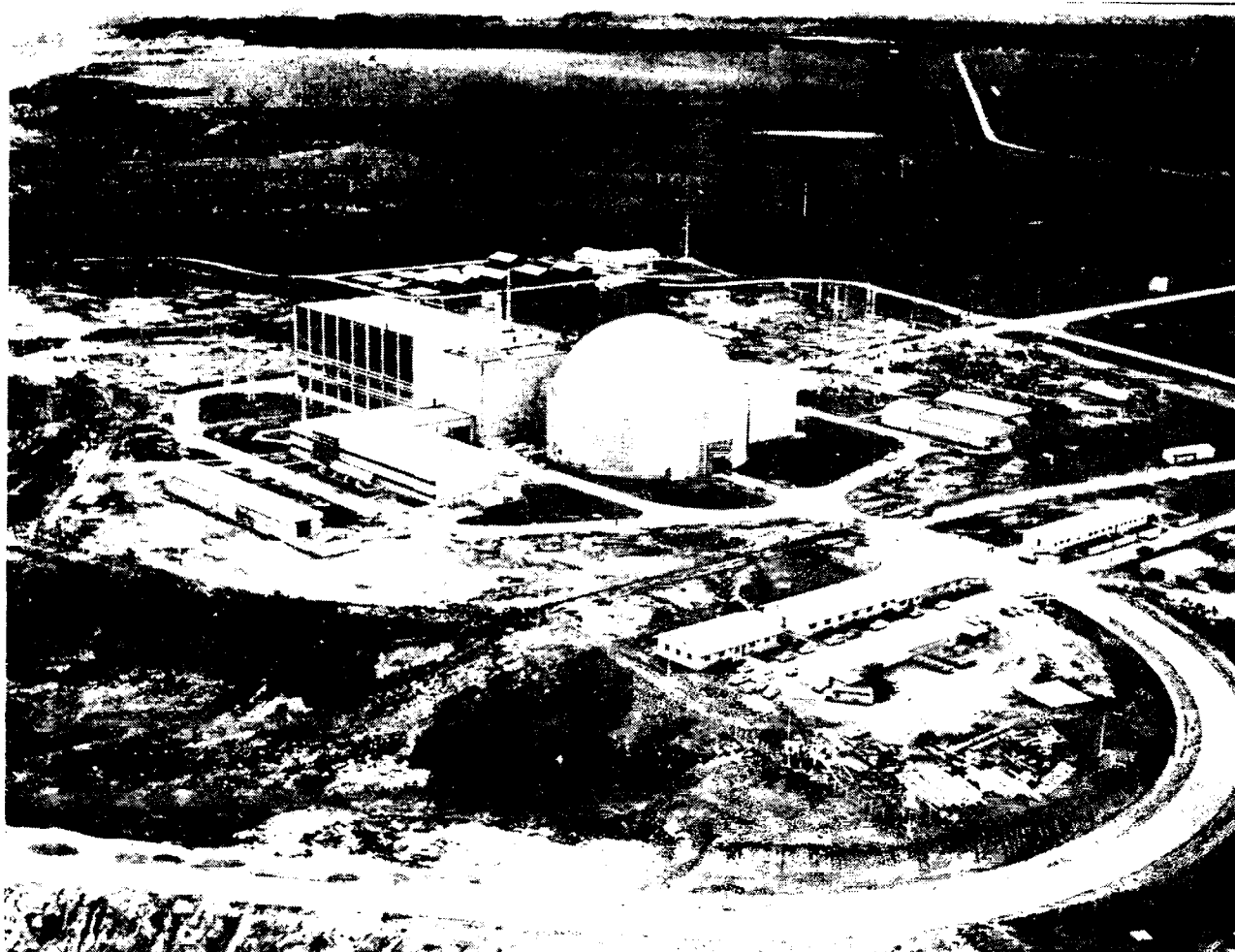
¿CUANTO CUESTA LA ENERGIA NUCLEAR?

Por el Ing.
BELA JOSE CSIK

Es cara; es barata; no se sabe; requiere grandes inversiones; el combustible prácticamente es gratis; sólo es rentable en unidades que superen los 300 MW, los 600 MW, los 1.000 MW; es

cara si se utiliza uranio natural y barata con el enriquecido (o bien a la inversa); es competitiva con cualquier otra fuente energética; es competitiva sólo con centrales a fuel, no así con las hidráulicas; no es competitiva; el kWh cuesta 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12... milésimos de dólar; la inversión específica es de 100, 200, 300, 400, 500... dólares/KW; etc., etc.

Opiniones diferentes que cubren un amplísimo espectro y son capaces de confundir a cualquiera. Se refieren a un tema de indudable



Vista general de la Central Nuclear de Atucha, ubicada en Zárate, Pcia de Buenos Aires (R. A.).

interés y actualidad, en particular en nuestro país y ahora. El proyecto de la Central Nuclear Córdoba ha desatado una verdadera tormenta de discusiones —más alrededor del combustible a utilizar, uranio natural vs. enriquecido que la competitividad económica de la central— en las que opinaron militares, periodistas, técnicos, expertos, pseudo-expertos, políticos, mi almacenero, representantes de las empresas interesadas, diplomáticos, organismos, universidades, etc., etc. La opinión pública tomó conciencia del tema y parece oportuno tratar de aclarar algunas cosas, por lo menos en lo referente a costos. Que me perdone el paciente lector si le agrego una opinión más y si no encuentra aquí una simple y terminante respuesta a la pregunta: “¿Cuánto cuesta la energía nuclear?”.

Ante todo aclaremos que existen dos aspectos del costo que interesan: la inversión requerida o costo inicial y el costo de generación, o sea el costo del KWh producido en una central nuclear. Ambos aspectos tienen su importancia relativa y el nombrado en primer término (la

inversión inicial) influye en el nombrado en segundo término, ya que uno de los componentes del costo de generación corresponde a las cargas de capital (el otro componente corresponde a los gastos de explotación, que reúne operación y mantenimiento y costo de combustible).

A la empresa eléctrica, cuya obligación es la prestación de un servicio público y cuya capacidad de inversión no es ilimitada, le deben interesar ambos aspectos.

En la práctica, cuando no existe competencia para la venta del producto (energía eléctrica), cuyo mercado consumidor es asegurado y cuando no sobra capital a invertir, la inversión inicial en una planta de generación suele adquirir primordial importancia. Tal es el caso de la Argentina, donde —exceptuando la empresa CIAE— el servicio público de electricidad es monopolio estatal (nacional o provincial) y por lo tanto sin competencia, y donde tradicionalmente no sobra dinero. Una política empresarial de inversiones mínimas lleva a mayores costos de generación, ya que, por desgracia, los tipos de central que menos cuestan inicialmente

te, requieren relativamente mayores costos de explotación y por lo tanto, al final, el KWh sale más caro.

Se producen distorsiones en el parque de generación, que consisten en una proporción excesiva de centrales térmicas convencionales, postergación de obras hidroeléctricas, gran cantidad de turbinas de gas, el mantenimiento en operación de unidades técnica y económicamente obsoletas y una capacidad de reserva subdimensionada.

El efecto conjunto es energía cara y servicio deficiente. Sólo puede modificarse la situación con una acertada política a nivel nacional, que incluye tarifas sanas o la provisión de fondos al sector eléctrico por otras fuentes, en caso de insistirse en el mantenimiento de tarifas "políticas".

El interés del consumidor y siendo el conjunto de consumidores el país entero, el interés del país es obtener un servicio público eficiente al menor costo posible. Una política de mínimas inversiones es un ejemplo clásico de: "lo barato cuesta caro".

Lo que antecede suena bien, sin embargo, existe de hecho una cierta limitación de la capacidad de inversión y capacidad de endeudamiento del país, lo que lleva a la necesidad de encontrar un correcto equilibrio en la política de inversiones, siendo los extremos, como siempre, perniciosos.

Valga esto como introducción general al tema: costos de inversión y generación en centrales nucleares. El lector ya habrá formado su imagen —acertadamente— que el autor es entusiasta de la generación nucleoelectrónica, sin embargo, permítaseme asegurarle que el tema será tratado con absoluta imparcialidad y de acuerdo con mi leal saber y entender.

¿Cuánto cuesta una Central Nuclear?

Lamentablemente, no es posible responder con una cifra así nomás, sin antes determinar ciertas condiciones y definir conceptos para que luego, la cifra que se dé, tenga sentido.

La definición de qué se entiende por la inversión en una Central eléctrica (cualquiera que sea, nuclear, térmica convencional o bien hidráulica) no es sencilla ni universal, contrariamente a lo que uno puede pensar.

Existe por lo pronto, el concepto de la inversión económica y el de la inversión financiera; en el primero no entran gastos derivados de la eventual financiación (intereses y gastos financieros complementarios tales como comisiones de compromiso, avales, etc.). La inversión expresada en moneda firme y fija no es lo mismo que la incrementada con reajustes derivados del aumento de los costos en función de la inflación, que puede llegar al orden de 20-25 % o más, del costo básico en moneda definida como

"fuerte", por ejemplo dólares. La incidencia de impuestos, tasas y gravámenes puede llegar a ser muy importante y modificar sustancialmente la inversión, en especial cuando existen (o no) desgravaciones impositivas, subvenciones o leyes preferenciales de excepción de tasas aduaneras.

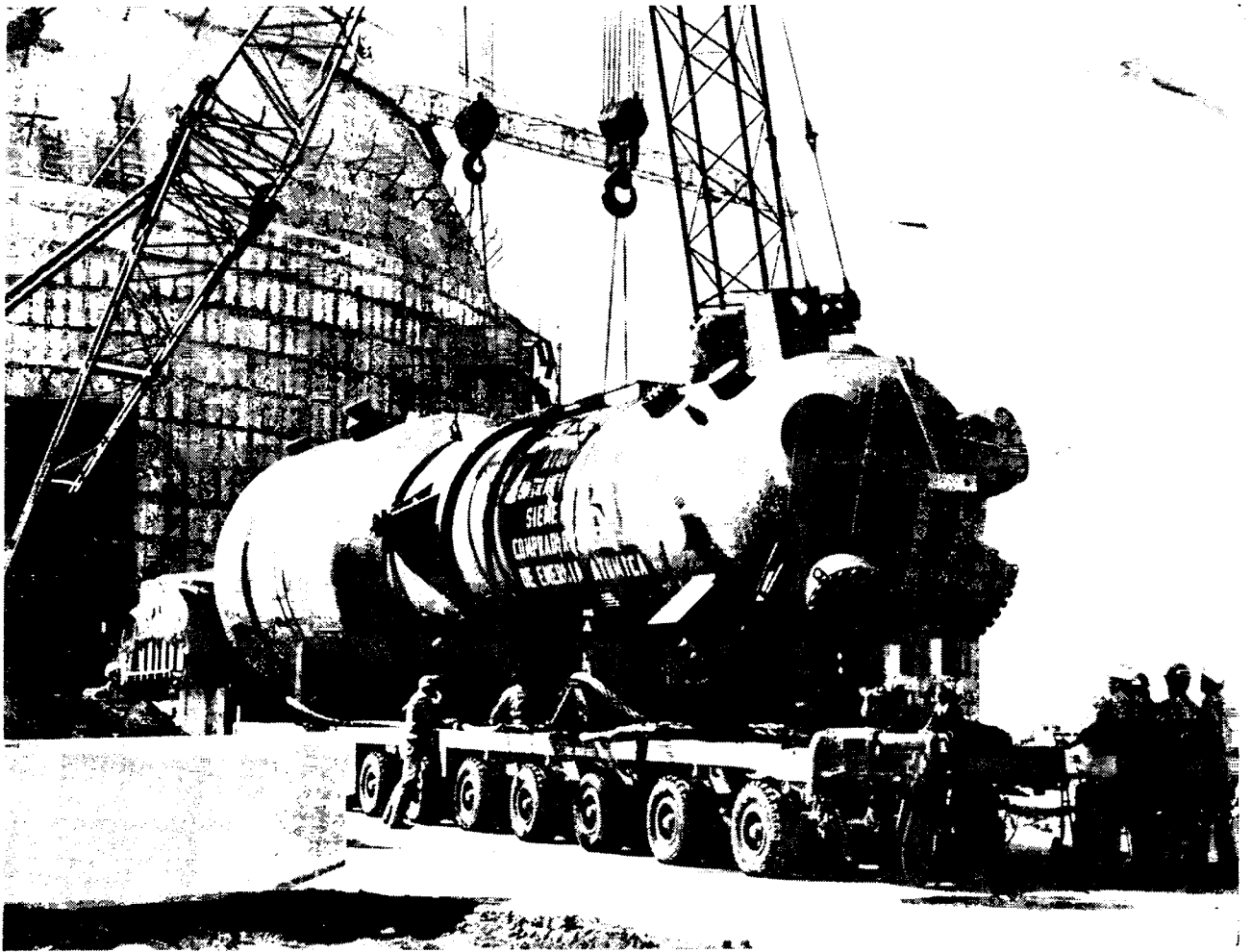
Existe correspondencia entre inversión y volumen de suministros y prestaciones. La inversión que se relaciona con lo provisto por el o los proveedores de la central (costo de contrato), no incluye a los gastos del adquirente de la central, que corresponden a la provisión de ciertos suministros y prestaciones propios y que pueden variar entre límites muy amplios según sea el caso. Ampliar una central existente no es lo mismo que instalar una nueva. Costo "todo incluido", generalmente no incluye todo. Inversión calculada "a priori", nunca coincide con la inversión real "a posteriori".

Y por si fuera poco, la inversión en un determinado tipo de central depende de la ubicación (transporte, fundación, construcciones, sismicidad, distancia a centros de consumo...), el tamaño de la unidad, el grado de participación local, el método de contratación (llave en mano o por administración propia), la competencia entre proveedores y su interés en obtener la adjudicación, etc.

Sólo definiendo claramente las condiciones de contorno, puede tener sentido una cifra que se dé como costo de una central eléctrica nuclear, o de otro tipo (térmica convencional o hidráulica), cuando se trate de realizar comparaciones. De otra forma se corre el riesgo de comparar peras con manzanas.

El costo unitario de una central nuclear actualmente es del orden de 450 U\$S/kW. Esta cifra corresponde a las siguientes condiciones de contorno: reactor a uranio natural, moderado y refrigerado por agua pesada, diseño a tubos de presión, módulo del orden de 600 MW; ubicado en la Argentina, provincia de Córdoba; sistema de refrigeración por circuito directo; tiempo de construcción, montaje y puesta en marcha de casi 6 años; contrato global llave en mano; inversión económica sin gastos financieros; valor de moneda, dólares de abril 1973 sin reajuste por inflación futura; sin gravámenes de importación e impuestos nacionales; con un 50 % de participación nacional; incluyendo todos los suministros y prestaciones tanto de los proveedores como propios, que se requieren hasta la iniciación de la operación comercial de la central.

La cifra de 450 U\$S/kW por supuesto variaría, modificándose cualquiera de las condiciones que la definen. Una central con reactor a uranio enriquecido y moderado y refrigerado por agua natural cuesta aproximadamente un 20 % menos; al costo de un módulo de 1.000 MW podrá ser un 5 % menor, ubicando la central

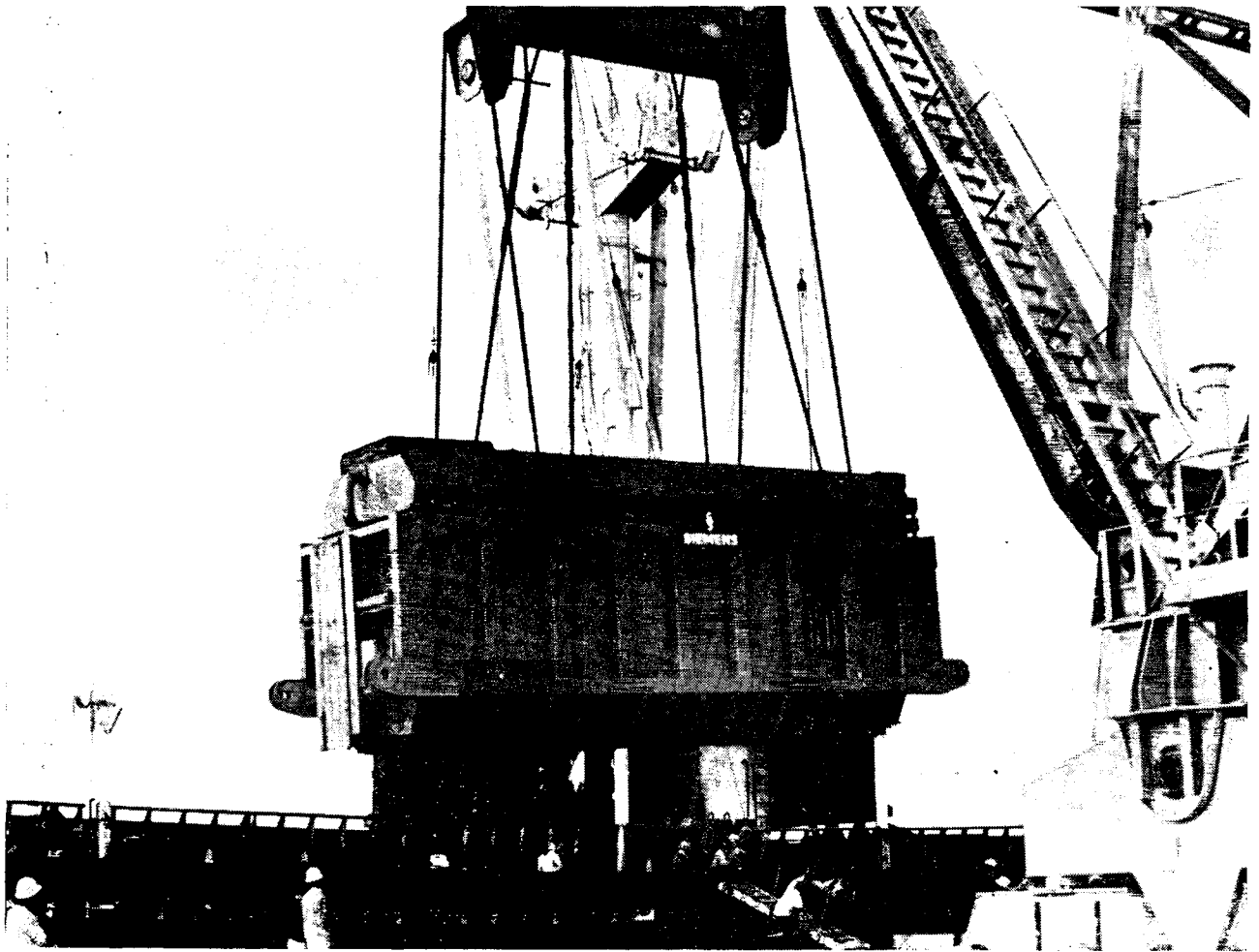


en el litoral, el costo se podría reducir en el orden de 3 %; la consideración de intereses intercalares incrementaría el costo en un 20 % aproximadamente; los reajustes derivados de la inflación de las monedas "fuertes" (p. ej. dólar) aumentarán el costo en el orden de 20 % (para estimar el efecto de la inflación en pesos en el costo final, se debería contar con una bola de cristal); la aplicación de gravámenes aduaneros o impuestos como así también un eventual incremento en la participación nacional incrementaría la inversión, sin poder precisar el efecto desconociendo la magnitud de la causa; la modificación de la definición de "todo incluido", por supuesto puede causar importantes reducciones de costo, pero éstas serían virtuales y no reales (provisiones propias, la primera carga de combustible y el inventario de agua pesada en una central de 600 MW a uranio natural-agua pesada, significa del orden de 50-60 millones de dólares.

Un dato interesante es el costo de la Central en Atucha. Aun cuando los datos finales no se conocen exactamente (la central todavía no ha

entrado en operación), el costo puede ser estimado con bastante precisión, dado que se trata de una obra contratada "llave en mano" a precio firme global, sólo reajutable mediante fórmulas que contemplen mayores costos derivados de la inflación tanto en el exterior como en el país.

El precio original de la central (1968) era de 280 millones de marcos alemanes, equivalente en aquel entonces a unos 70 millones de U\$. Este precio comprende la construcción, instalación y entrega como obra completa terminada, funcionando en explotación garantizada de la central, incluyendo además los gastos de financiación hasta la recepción (intereses intercalares). No incluye la provisión de la primera carga de combustible, el agua pesada y una serie de suministros y servicios provistos en forma directa por el comprador. Estos ítems no incluidos, en su conjunto representan un gasto adicional del orden de los 35-40 millones de U\$. Desde el año 1968 ha habido inflación tanto en Alemania como en nuestro país, asimismo las equivalencias entre peso, dólar y marco ale-



mán han sufrido importantes modificaciones (el dólar se ha devaluado varias veces respecto al marco alemán). El costo total unitario estimado de esta central (319 MW) a principios de 1973 y expresado en dólares, sería del orden de 440 U\$S/kW, sin incluir gastos financieros. Este costo no necesariamente refleja lo que podría ser el precio de adquisición actual de una central idéntica. Todo indica que el precio de la Central en Atucha fue muy favorable para el país y que los costos actuales de una central similar serían mayores.

La experiencia argentina en cuanto a los costos de centrales nucleares, es un reflejo bastante fiel de la experiencia internacional en la materia. Tanto para la central en Atucha como para la Central Nuclear Córdoba, hubo compulsión internacional de precios, en la que compitieron las principales firmas proveedoras de centrales del mercado mundial. Ajustándose los valores en función de las diferencias que se deben al costo de transporte, el nivel de costos de la industria nacional y a otros factores que puedan influir, los datos que aparecen en la

literatura especializada en la materia conforman la validez del valor citado. Eso, siempre y cuando se apliquen similares condiciones de contorno (tipo de reactor, volumen de suministros, inversión económica, fecha correspondiente al valor de la moneda, criterio de reajustes eventuales, etc.).

Veamos cuál fue la evolución de los costos de centrales nucleares en el pasado y qué se puede prever para el futuro.

Aun cuando la primera central nuclear en tamaño industrial entró en operación en 1956, las primeras unidades comerciales recién aparecen a principios de la década pasada. Los precios de los primeros prototipos no pueden considerarse como representativos, ni tampoco los precios de venta promocionales de las primeras unidades, las que como posteriormente se comprobó, no alcanzaron a cubrir los costos verdaderos. Después de las primeras ventas comerciales exitosas, los proveedores ajustan sus precios a sus costos, lo que indica un aparente encarecimiento de las centrales nucleares, aun realizándose una compensación por los efectos de la inflación. Esto explica la incongruencia entre un incremento de precios, que no

condice con una reducción de costos, que se obtiene como resultado de mejoras técnicas, estandarización, experiencia y aumento de módulos.

Hoy día, no hay razones para suponer que los precios de las centrales nucleares sean promocionales; la industria nuclear trabaja a plena capacidad y con un razonable margen de ganancia.

Subsisten los factores que tienden a reducir los costos reales y por lo tanto, es previsible que la evolución futura de las inversiones requeridas en las centrales nucleares sea decreciente en un mercado mundial competitivo. Eso, por supuesto, en moneda de valor constante, sin contar los efectos negativos de la inflación.

¿Cuánto cuesta el kWh nuclear?

Tampoco esta pregunta puede contestarse con una cifra en forma terminante y simple, sin aclarar el alcance y significado de la respuesta, la que no trato de evitar.

Cada consumidor, cuando paga su factura de electricidad, sabe a cuánto se le cobra el kWh. Sabe también, qué parte de lo que paga corresponde al costo de generación y por lo tanto, su interés en que este costo sea mínimo, es obvio. Cuando pregunta por el costo de generación de la energía eléctrica, su pregunta es lógica y plenamente justificada; lo menos que merece es una respuesta honesta y lo más clara posible.

Aun cuando no se debería contestar una pregunta con otras, en este caso me parece adecuado proceder así, a los efectos de tratar de ilustrar la complejidad del problema.

¿Cuál de los costos de generación quiere saber? ¿El costo económico o el financiero? El costo promedio anual o el de valor presente y en este último caso, ¿con qué tasa de actualización? ¿Quiere el costo a nivel del país o a nivel de empresa? ¿Con impuesto incluidos o sin ellos? ¿Considerando una rentabilidad del capital propio invertido, un fondo de depreciación o fondo de renovación? ¿Se refiere a la energía generada en bornes, en barras o puesta en el centro de consumo? ¿Quiere la cifra en moneda de valor constante o bien incluyendo reajustes? ¿Debo considerar el costo de combustible o el precio del mismo? ¿El costo de la implementación de la participación nacional y las tareas de investigación de desarrollo complementario se deben imputar al costo de producción del kWh? ¿A qué central en particular se refiere? ¿Se operaría el sistema eléctrico con despacho de carga unificado? ¿Qué tipo de despacho?

Todas estas preguntas y otras que se me han escapado, por cierto, pueden y tienen que ser respondidas, estableciéndose las condiciones, los criterios y las hipótesis de cálculo, en el marco de los cuales el costo del kWh generado adquiere sentido y realidad.

Ahora sí, se puede aventurar una cifra para el costo de la energía nuclear 0,094 pesos ley-kWh. Este valor es estimado y debe entender-

se en las siguientes condiciones principales: una central nuclear de 600.000 kW; reactor a uranio natural, moderado y refrigerado por agua pesada; puesta en marcha en 1979; costo financiero actualizado con una tasa del 8 % anual; sin impuestos nacionales, provinciales o municipales ni recargos aduaneros; incluyendo la amortización de la inversión total; vida útil de 30 años; energía generada en barras; con el dólar 1973 a 10 pesos ley; incluyendo los reajustes durante la construcción derivados de la inflación de la moneda extranjera (mayores costos); con un costo de ciclo de combustible basado en la provisión nacional del mismo; con una participación nacional en la instalación de la central del orden del 50 %; incluido un gasto representativo en concepto de transferencia de la tecnología nuclear; con operación de la central integrada al sistema eléctrico interconectado nacional bajo el régimen de despacho de carga unificado; con un volumen de suministros total que incluye todo lo necesario para poner en marcha la central; al uranio remanente y plutonio producido no se le asigna ningún valor.

No es mi intención causar, aburrir ni impresionar al lector; sólo quise ilustrar la complejidad del problema. La lista de condiciones de contorno no es completa, en realidad la única manera de agregar los elementos faltantes sería acompañar el cálculo completo del costo del kWh con todos los datos, parámetros, hipótesis y restricciones. Variando cualquiera de los elementos de la metodología de cálculo, el resultado —por supuesto, es otro.

El costo de la energía producida en centrales nucleares, al igual que la obtenida en cualquier otro tipo de central térmica convencional o hidráulica, sólo se conoce con exactitud a posteriori, vale decir, después de haberlo producido y aun así, subsisten posibles incertidumbres, como por ejemplo una eventual subvención del combustible. A priori, siempre se trata de una estimación, que es una mezcla de datos, suposiciones, hipótesis, condicionamientos, extrapolaciones y una fuerte dosis de criterio profesional (en lenguaje técnico: "dedo calificado").

Si es así, ¿qué valor tiene el dato del costo del kWh nuclear antes citado? Evidentemente, es un valor relativo. Define un orden de magnitud y posibilita una comparación, que se requiere al evaluar proyectos alternativos. Permite además, prever y programar los gastos y desembolsos a realizar. En una palabra, es algo que es necesario determinar lo mejor que se puede, pero que no debe ser considerado palabra santa.

¿Es competitiva la energía nuclear?

Esta es la pregunta clave. Al consumidor — que paga la factura de electricidad — en realidad le interesa que la cuenta sea menor. Y si

esto se puede lograr con centrales nucleares, pues en buena hora. El servicio público de electricidad, cuyo objetivo es estar al servicio del público produciendo y entregando electricidad (cosa que algunos empleados públicos algunas veces olvidan), debe rendir este servicio eficientemente y al menor costo posible. Si esto se logra con centrales nucleares, pues en buena hora.

Tengo la tentación de contestar la pregunta de competitividad con un SI rotundo y terminante y poner punto final a este artículo; sin embargo, no puedo hacerlo.

En realidad, la energía nuclear es competitiva en ciertos casos, pero no en todos. De manera que, cada caso particular debe ser analizado con imparcialidad, a los efectos de encontrar la óptima solución. El incremento de la demanda de electricidad determina la necesidad de ampliar el equipamiento de generación; la óptima solución surge de un estudio de factibilidad técnico-económico-financiero, que complementado con la consideración de objetivos políticos, aporta los elementos de juicio necesarios para la adopción de una decisión correcta.

Todas las empresas o entes de electricidad en todos los países del mundo, se encuentran en la situación de tener que adoptar decisiones continuamente respecto al tipo de central a instalar: nuclear, térmica convencional o hidráulica. Cada caso es diferente, no hay dos situaciones idénticas.

Hay algunas reglas generales que ayudan. Las centrales nucleares son atractivas cuando existen sistemas eléctricos que admiten módulos relativamente grandes, cuando se requieren centrales de base y cuando el combustible convencional resulta relativamente caro; centrales

térmicas convencionales a vapor son interesantes para centros de consumo relativamente reducidos y donde el carbón, fuel oil o gas es abundante y barato; turbinas de gas son aptas para abastecer una demanda de punta; las centrales hidráulicas, en principio, siempre interesantes, en especial cuando se trata de aprovechamientos, de uso múltiple.

Observando y analizando la evolución de la energía nuclear en el orden mundial, se llega a la conclusión que este tipo de generación se está imponiendo cada vez más, en competencia con las centrales convencionales fósiles. Esto equivale a afirmar que los casos de competitividad de las centrales nucleares son cada vez más frecuentes y generales.

Es de notar que en 1972 se encontraban en funcionamiento más de 100 reactores de potencia comerciales, con un total de 34.000 MW instalados. En 1973, la potencia nuclear total instalada se elevará a 53.000 MW y para 1975 a 100.000 MW. En 1980 se estima que habrá 300.000 MW nucleares, cifra que aumentará en un orden de magnitud (3.000.000 MW para fines de siglo.

En los EE.UU. por ejemplo, durante la presente década, el 44 % de la potencia eléctrica total a instalar será nuclear. Durante la década del ochenta, el porcentaje correspondiente sería del orden del 72 % y durante la década del noventa, superior al 80 %. En el orden mundial, se prevé que para fines del siglo el 60 % de la potencia eléctrica total instalada será nuclear.

Estas cifras son elocuentes. Sería difícil prever tal desarrollo, si las centrales nucleares no fuesen competitivas.



Béla José Csik

Ingeniero - Gerente de Centrales Nucleares en la Comisión Nacional de Energía Atómica. Nació en Budapest, Hungría, en 1930. Es argentino naturalizado, inmigró al país en 1948. Se recibió de ingeniero electricista en la UNBA en 1957. Se especializó en reactores nucleares en la Argentina y posteriormente en Inglaterra. Trabaja en la CNEA desde 1958, ocupando diversos cargos; Ingeniero Reactorista, Jefe de la División Economía de Reactores, Jefe del Departamento Estudio de Factibilidad de un Reactor de Potencia, Jefe del Departamento Estudio de Factibilidad de Centrales Nucleares, Miembro del Comité Centrales Nucleares, Gerente de Centrales Nucleares. Autor de numerosos trabajos presentados en conferencias y simposios nacionales e internacionales. Fue ayudante, Jefe de Trabajos Prácticos y profesor de cursos para post-graduados en la Facultad de Ingeniería (UNBA), profesor en la Escuela Mecánica de la Armada y profesor en la Escuela Superior Técnica del Ejército.

LA REGIONALIZACION

Y LOS PLANES

REGIONALES

Por el Ing.
HECTOR M. PALOPOLI

La República Argentina tiene institucionalizada la Regionalización, habiéndose colocado dentro de los países que han adoptado la Planificación Regional como método para llevar adelante el desarrollo económico y social de su territorio, aunque es poco lo que se ha avanzado en tal sentido.

Las regiones en que se ha dividido el territorio corresponden a: Patagonia, Comahue, Cuyo, Centro, Noroeste, Pampeana y Metropolitana.

Dentro del sistema vigente de planeamiento fueron constituidas Juntas de Gobernadores con la misión de establecer objetivos, políticas y estrategias del desarrollo regional y se establecieron Delegaciones Regionales dependientes del Consejo Nacional de Desarrollo (CONADE).

El consejo Federal de Inversiones (CFI) fue creado en 1958 por las provincias argentinas, como organismo permanente de investigación, coordinación y asesoramiento, y en su Carta Orgánica prevé realizar "programas regionales", encaminados a orientar inversiones en el país con sentido de integración económica.

A su vez las provincias han constituido Asesorías de Desarrollo o sectores equivalentes, que se han ocupado de los problemas del desarrollo económico y social en los niveles locales.

Anteriormente durante el período comprendido entre 1946 y 1955, los planes quinquenales fueron la iniciación de una tarea de ordenamiento y coordinación de obras con vistas al cumplimiento de objetivos, que requerían una acción de conjunto y coordinada.

Todo esto ha funcionado en cierta medida, realizándose gran cantidad de estudios y trabajos que han contribuido a crear una mentalidad proclive a la planificación y a la práctica de trabajar en forma interdisciplinaria, mientras muchos técnicos argentinos han hecho experiencia