

ACADEMIA NACIONAL DE INGENIERÍA Y EL HÁBITAT

DISCURSOS PROFERIDOS EN EL ACTO SOLEMNE DE INCORPORACIÓN DEL DR. LASZLO SAJO BOHUS CON MOTIVO DE SU INCORPORACIÓN COMO MIEMBRO CORRESPONDIENTE POR EL ESTADO VARGAS

Caracas, Palacio de las Academias, 16 de Marzo 2017

1

DISCURSO DE INCORPORACIÓN POR EL DR. LASZLO SAJO BOHUS

Distinguidos Académicos, miembros de la Junta Directiva, Ing. Gonzalo J. Morales, Presidente, Eduardo Buroz, Vicepresidente, Franco Urbani, Secretario, Manuel Torres, Tesorero, Ing. Leancy Clemente Presidente de la Sociedad Nuclear de Venezuela.

Señoras y Señores:

Hoy se corona una etapa importante de mi vida por el honor concedido a mi persona con la elección a formar parte de la Academia Nacional de Ingeniería y el Hábitat. Agradezco este prestigioso reconocimiento a sus miembros con la intención de fortalecer por mi parte las actividades programadas y así los objetivos establecidos en los estatutos con especial referencia al estado Vargas como Miembro Correspondiente.

Por el cargo que ocupo como presidente de la Sociedad Venezolana de Protección Radiológica he considerado oportuno desglosar algunos aspectos de la energía incluyendo la nuclear en la conducta de la sociedad con referencias a la situación actual, un común denominador en el campo internacional.

Aplicar el ingenio y lograr un resultado tangible es uno de los aspectos de mayor relevancia en la creatividad humana. El motivo que nos propulsa en esta actividad, es múltiple y seguramente incluye también la esperanza de un reconocimiento por nuestros pares, colegas y conocidos. El prestigio personal y lo que conlleva para nuestra familia, refleja el compromiso y la responsabilidad con la cual nos desempeñamos en el seno de nuestra sociedad y su entorno. Pertenecer a la Academia Nacional engloba este y otros privilegios.

La ingeniería de la producción energética encuentra su fundamento no solamente en la física moderna, la química y las matemáticas, sino también en los aspectos sociales para satisfacer la demanda energética de una sociedad siempre mas exigente y en continua expansión. Podemos afirmar que es un campo multidisciplinario que requiere una integración de saberes entre principios físicos, sus aplicaciones y las realidades de la política y la economía. Sin embargo, no podemos dejar de una parte la amplia variedad de cuestiones reconducibles a las modificaciones ambientales.

Hace tiempo que se ha reconocido que el acceso a los recursos energéticos tiene un peso determinante en establecer el nivel de la calidad de vida. Los recursos energéticos en los últimos

siglos han sido caracterizados por el crecimiento exponencial. Diferentes estudios han puesto en evidencia que existe una estrecha correlación entre el consumo *per capite* de energía y el nivel de la calidad de vida. Contra-intuitivamente, no podríamos afirmar que se haya reflejado un crecimiento similar en la calidad de vida, educación, situación socio-económica, igualdad de género, y en la conservación de nuestro hábitat. Sin embargo los estudios realizados demuestran una tendencia lineal y como en todas las representaciones cartesianas, en este caso también podemos distinguir dos regiones. La mayoría de los países se ubica sobre la línea de tendencia que consideraremos como una frontera de separación entre los países avanzados y emergentes. Como era de esperarse en la región superior se ubican los países que se caracterizan por una alta eficiencia entre producción de bienes (PIB) y consumo energético.

El caso de Venezuela es uno de los mas interesantes de analizar. Cifras del Banco Mundial, del Instituto Nacional de Estadística, de la Organización Latinoamericana de Energía y la Comisión Económica para América Latina y el Caribe, resaltan que nuestro País cuenta con una generación eléctrica de 4.2 kilovatios por hora por habitante, supera por 20% a Chile; mayor del 30% de Argentina y casi el doble en relación a Brasil y México. De esta comparación podríamos deducir que nuestra calidad de vida debería ser mejor de lo que experimentamos en la actualidad, reforzado también por la capacidad instalada de energía eléctrica que es de 34.4 GW (casi la mitad del potencial nuclear 63GW instalado en Francia). Desafortunadamente, en la actualidad el servicio prestado opera solamente a la mitad de su capacidad total. La consecuencia es que no se puede cubrir con esta disponibilidad, la demanda a nivel nacional, ni mucho menos pensar en exportar energía eléctrica como se podía hacer en el pasado. En términos generales, esto claramente se refleja en una desmejora de la calidad de vida. Para modificar este *estado de cosas* las posibles soluciones a corto plazo que se pueden considerar son: importación y racionamiento de la energía a nivel nacional. En cuanto a la opción de instalar nuevas unidades, evidentemente esta no es una solución a corto plazo. Otro aspecto se relaciona con el mantenimiento preventivo; habiéndose esta clasificado de un bajo nivel entre las prioridades del programa nacional, de consecuencia la deterioración y desgaste de los equipos se ha impuesto. Así que el plan de racionamiento eléctrico fue adoptado forzosamente por cuanto traumático pudiera ser. La administración encargada de la programación del plan de racionamiento lo ejecutó con característica improvisación. El comercio y la industria paulatinamente se adaptaron a las nuevas realidades y la sociedad tuvo que modificar su programa de vida adaptándose al horario de suministro de energía eléctrica. La medida adoptada con el tiempo, indujo una sensibilización y concientización social del problema con el efecto de una desmejora en la calidad de vida. El economista Asdrúbal Oliveros ha observado que en los venezolanos hay la tendencia de utilizar cada año una cantidad creciente de energía eléctrica sin una contraparte de aumentar la productividad. La mayor preocupación por esta tendencia es que se induce un mayor requerimiento de energía en un momento de crisis y no es el sector industrial el que se beneficia. Aunado a esto, existe el problema socio-económico en la cual el consumidor informal no asume la obligación de pagar por el servicio prestado. Como consecuencia no solo hay una pérdida económica considerable del 42%, sino que actualmente todavía presenciamos una situación anómala en cuanto

al consumo eléctrico en el País. Lo anterior se complica aún mas al considerar la des-articulación entre el valor energético actual y los precios de mercado internacional con sus variaciones temporales.

Por tanto, la insuficiencia en la producción eléctrica y bajas “tarifas sociales” conducen a corto plazo a la situación que hoy en día calificamos de especulación, corrupción, inflación y la notoria insatisfacción social por la pérdida del poder adquisitivo.

De una encuesta efectuada por la empresa *Encovi* en 2015 se desprende que la alimentación del Venezolano se ha modificado, y basado en el número de calorías y composición de rubros, se ha calificado como desequilibrada por la falta de productos en el mercado. Podemos observar que la situación alcanzada es diametralmente opuesta a lo esperado por los trabajadores que viven en un País con el mayor consumo de energía eléctrica *per capite* a nivel de América Latina, (Comisión de Integración Energética Regional). Aceptar esta condición, resulta aún mas difícil a sabiendas que nuestra calidad de vida relacionada con el consumo de energía *per capite*, en principio, debería ser comparable a la de Suiza, Dinamarca o los países escandinavos. Entre las razones del porqué no hemos logrado el nivel social mencionado reportaremos la falta de continuidad en la ejecución de los programas de desarrollo; paralelamente a la amplia oferta de energía que deriva de la elevada capacidad instalada, la tarifa del servicio ofrecido debía seguir las pautas dictadas por una economía de mercado. Como una primera conclusión, podemos observar que para el pueblo en Venezuela, el nivel de la calidad de vida se aleja de la curva de tendencia a nivel mundial. Pero debido a que hay factores no ponderados en esta parcial conclusión, podríamos argumentar que esta afirmación no refleja necesariamente la realidad. Aceptando este caso hipotético, podríamos emplear otro indicador, por ejemplo, el *índice de progreso social* relacionado con resultados sociales y medioambientales.

El valor numérico de este indicador varia entre 1 y 100 y corresponde a una medida de cuanto se satisfacen las necesidades sociales y ambientales de los ciudadanos. Consta de cincuenta y cuatro indicadores relacionadas con: necesidades humanas básicas, fundamentos de bienestar y oportunidad de progreso, entre otros. Estos indicadores cuantificados permiten establecer una lista de la cual obtener una visión del desempeño relativo entre las naciones.

Para Venezuela el resultado es que nos ubicamos entre Rusia (con un índice social de 71) y Bolivia (73), mientras Cuba (84) que consideramos nuestro modelo socio-político se encuentra 12 puntos por debajo de nosotros y cosa notable es que Cuba ocupe el puesto después de Guatemala (79). La situación se acentúa aún más al considerar otros indicadores de *necesidades básicas humanas* como por ejemplo, nutrición y cuidados médicos básicos, el agua y su saneamiento, la vivienda y la seguridad personal, bienestar fundamental, y oportunidades de progreso. En este rubro, Venezuela se ubica en la posición 269, a unos 79 puntos por encima de Cuba.

No obstante esta actuación, estamos de nuevo observando una anomalía también para este caso, Venezuela se caracteriza por un índice de progreso social más bajo al compararse con otros países

que disponen de ingresos económicos similares. Es decir, nuestro nivel de progreso social logrado en la última década es inferior al valor esperado.

De nuevo el resultado indica que definitivamente nos apartamos por debajo de la tendencia Latinoamericana. Las razones podríamos englobarlas en un cascaron de nueces, reconducibles a las decisiones de orientación netamente política en oposición a la conveniencia económica. El insigne Ing. Nelson Hernández menciona que la anomalía la debemos buscar también en la crisis de Hidrocarburos relacionada a: la ausencia de mantenimiento industrial oportuno, disminución de los recursos humanos especializados y económicos, predominio de la política sobre las conveniencias dictadas por una economía industrial de la producción, endeudamiento no planificado (dominado por la improvisación), incumplimiento de los planes a largo plazo y lo mencionado anteriormente, la falta de continuidad de los compromisos adquiridos. Estos y otros puntos influyen todavía en la dinámica de la sociedad con las consecuencias a corto plazo que son: desnutrición, vulnerabilidad a las enfermedades como diabetes, anemia e hipertensión para mencionar algunos ejemplos. Interesante notar que el 40% de la población reporta que se alimenta a base de maíz, arroz, pastas y grasas; además manifiesta que sufre de graves deficiencias económicas, el 87% de las personas no disponen de suficientes ingresos para cubrir los costos (crecientes) de los insumos. El individuo bajo las presiones de insuficiencia e incomodidad se orienta hacia un comportamiento desequilibrado dominado por la complacencia, corrupción, delincuencia y emigración (fuga de talentos). Difícil de creer que estos fueran los objetivos de las revoluciones socialistas.

Si el futuro depende de las personas de amplia cultura, competencia profesional, responsabilidad laboral y estabilidad social, entonces tendremos que prepararnos para enfrentar un periodo de tiempo difíciles. Los talentos formados a lo largo de pasadas décadas están emigrando, mermando así ese grupo humano de profesionales que con tanto sacrificio nuestra sociedad ha financiado y preparado para la “generación relevo”. Simplemente, para la reconstrucción económica e industrial no tendremos expertos y técnicos calificados sobre quienes apoyarnos. Presenciamos una migración de talento capacitado, de una tal magnitud que hasta ahora nuestra sociedad no ha experimentado. De hecho, por más de medio siglo acogimos talentos en las áreas más diferentes de las profesiones con orientaciones técnicas, ingenieriles y científicas. Hoy observamos una emigración masiva de los profesionales que deberían formar el pilar de nuestras industrias, instituciones universitarias, politécnicos y centros de investigaciones básicas y aplicadas. Víctor Márquez, presidente de la Asociación de Profesores de la UCV reporta que unos 1.000 investigadores de alta calificación emigraron en 2015 y un número mayor en 2016; dadas las condiciones del entorno, seguramente la emigración de personal calificado se incrementará este año también. A título de ejemplo de la magnitud de la situación, mencionamos que de acuerdo a la Superintendencia Nacional de Migraciones del Perú, casi el 5% de los ingresos de extranjeros provenía de Venezuela. Según el ex-diputado venezolano Óscar Pérez, unos 15 mil venezolanos decidieron residenciarse en Perú. Se estima que la tasa sea más de 500 personas por mes. Vale la pena notar que venezolanos residenciados en Perú superan la cantidad de 25.000 personas, según registros en Facebook. Este ejemplo ilustra también la insatisfacción masiva generada en Venezuela al sobreponer las decisiones políticas a las que impulsan estabilidad social, economía y los intereses en el campo de la producción ganadera e industrial. Los resultados del análisis del problema, según estadísticas oficiales, debería favorecer la formulación de posibles vías alternas para recuperar la calidad de vida a la cual

aspiramos y que nos corresponde en base a la tendencia del continente americano. Podríamos garantizar una mejor calidad de vida en el futuro habiendo en el País grandes yacimientos de recursos naturales y las mayores reservas de petróleo en el mundo. Disponemos de una reserva petrolera de cerca de 300.000 millones de barriles. Es más que las reservas de Arabia Saudita, Rusia o Irán y ocho veces más que las de Estados Unidos, una razón mas que hace bien difícil el aceptar la crisis económica y social. Considerada esta la más grave de los últimos años recalcada además por la falta de una planificación de desarrollo. El deterioro existente en todos los niveles de la sociedad requiere acciones tales que puedan subsanar la situación. El académico Claudio Bifano sostiene que esto es posible solamente si logramos desligar la orientación política imperante de la gerencia de la ciencia, la tecnología y la educación. Una *conditio sine qua non* entonces para modificar nuestra imagen que proyectamos al mundo es cambiar nuestros valores, niveles de responsabilidad y relación humana. Nosotros los venezolanos no estamos seguros de nuestras necesidades y como consecuencia en nuestras decisiones domina el actuar con ligereza y despotismo. Es recurrente que en el exterior nos consideren personas que carecen de claros objetivos de vida, metas y la perseverancia de conseguirlos. Al no tener una definición clara de los roles familiares, maritales, organizativos y sociales nos encaminamos hacia una disposición en la vida dominada por los bajos niveles de compromiso social. Hay evidencia que hemos perdido la capacidad de identificar los graves problemas de fondo que nos afecta y la falta de conciencia de la realidad de nuestro entorno.

Al realizar mi incorporación a esta ilustre Academia, como miembro correspondiente por el estado Vargas considero mi deber participar, por cuanto sea posible, en la revitalización y recuperación de la más alta condición social a la cual aspiramos. Los puntos cardinales contienen también las posibles contribuciones de la tecnología nuclear de las cuales mencionamos algunos aspectos para el desarrollo del País. El problema mas grave que podría comprometer de manera irreversible la vida misma en el planeta Tierra es *el crecimiento del calentamiento global*. La disponibilidad de las fuentes de energía en el tiempo es limitada; aunque dispongamos de reservas de crudo cuantiosas garantizando abastecimiento energético para los próximos siglos, es evidente que la demanda no podrá ser satisfecha a largo plazo únicamente por el petróleo y las represas hidroeléctricas como el Guri (de casi 18 GWe). Aunque las predicciones indican que la demanda de petróleo nacional así como la mundial seguirá una tendencia creciente por una generación o más, es evidente la falta de fuentes alternativas que tengan la misma facilidad del petróleo y disponibilidad de sus derivados ofrecida por la petroquímica (WEO-2016). En el caso de los automóviles de pasajeros para citar un ejemplo ilustrativo, se prevé una duplicación en su número seguramente alimentados por biocombustibles y baterías eléctricas de alta eficiencia, por lo tanto, con una contribución limitada al calentamiento global. Sin embargo, para Venezuela las previsiones son diferentes; el parque automotor en 2014 era de unos 4 millones de unidades. Si bien existe la tecnología para comercializar carros alimentados con energía eléctrica y con capacidad de 6 a 8 horas de trabajo diario por períodos de hasta 6 años, no hay planes de producirlos intensivamente para el próximo decenio. Para el hábitat humano, la emisión de gases tóxico-contaminantes al aire generados por las instalaciones que se basan en el consumo de carbón y petróleo seguirán prácticamente con la misma tasa actual; al mismo tiempo, el mercado del gas podrá expandirse a más del 50%. Por lo tanto, el efecto invernadero como la espada de Damocles, nos tendrá en suspenso.

Para reducir el impacto de la producción de energía sobre el ambiente, las naciones se organizaron para establecer cuales procedimientos serían más efectivos. El llamado *Convenio de París (COP22)*, que entró en vigor el 4 de Noviembre, constituye un importante paso adelante para contener dentro de los límites sustentables el deterioro de la capa atmosférica. Cumplir los objetivos climáticos del mencionado acuerdo es el reto de mayor importancia de este siglo; se requerirá una intervención importante para la reducción en el ritmo de descarbonización atmosférica además de instituir nuevas tecnologías con eficiencia superior a las actuales.

Para el año 2040 hay escenarios que predicen un decrecimiento de las emisiones de carbono de un factor 4 con respecto al año 2000 que pero es insuficiente para evitar que para finales de este siglo alcance los 2,7 °C . Las simulaciones con diferentes escenarios de consumo energético-emisión de gases de efecto invernadero no dejan espacio para dudar que nuestro planeta sufrirá para finales de este siglo una modificación no indiferente en sus límites geográficos: el nivel de los océanos se elevará de casi dos metros s.n.m., con la consecuencia de perder grandes territorios y no solamente de la costa, por inundación. Lograr las metas de París, tan importantes para nuestra sobrevivencia, se dificulta aún más si se toma en consideración el actual nivel de crecimiento de los países llamados emergentes como China, Corea e India. Ahora, si añadimos que la población mundial superará el límite de los 9.000 millones de habitantes para 2040, en un Planeta diseñado para sustentar la mitad de ese número, tendremos suficientes argumentos para preocuparnos por el futuro inmediato.

Es evidente que las fuentes de energía alternativas actualmente promocionadas podrán jugar un rol muy limitado dada la densidad de energía intrínseca por unidad de masa, espacios que se sustraen a la agricultura, material en equipos (explotación minera) y su impacto ambiental. El otro aspecto a considerar es que las mismas, comparándolas con la energía nuclear, evidencian una desventaja inconmensurable por contener una densidad de energía un millón de veces menor.

Algunas críticas a las fuentes no consideradas en la cesta de energías convencionales, se relacionan estrechamente con la condición de privilegio energético de nuestro País. La lista mundial que implica también una tímida referencia a conservar, en vez de consumir las reservas de crudo y gas disponibles. Con la idea de prepararnos para un futuro cuando dispondremos de tecnología más avanzada y así aprovechar aún más la riqueza química contenida en las moléculas formadas a lo largo de miles de siglos. Ello justificaría lanzarnos en un programa de utilización de otras fuentes ofrecidas por la actual tecnología. Veamos algunas en específico que podríamos emplear para mejorar la calidad de vida en Venezuela. Por ejemplo, la *energía solar*. La cantidad de energía disponible en la superficie durante el día a lo largo de un año es verdaderamente asombroso ya que en algunas regiones de nuestro País alcanza $2500 \text{ kWh}\cdot\text{m}^{-2}$.

En Venezuela se instalaron paneles solares fotovoltaicos de la empresa China *Yingli Green Energy* que suministra cerca de 1 MW en el archipiélago de Los Roques. Hasta el presente es la mayor instalación tecnológica del país. Esto marca un cambio importante en el paisaje de la energía solar con sistemas fuera de la red de distribución. Los planes de desarrollo se orientan por la mayor parte a suplir energía en zonas de baja densidad de población y por lo tanto no se espera su inclusión en el Mix energético de un programa a largo plazo. No obstante el fabricante de baterías Duncan ofrezca

una gama completa de unidades llamadas de *ciclo profundo* por su alta capacidad de alimentación para vehículos eléctricos, su aplicación para medios de transporte masivo no ha despertado el interés en la industria automotriz nacional. Por otra parte la *energía eólica y su potencial* en el mix energético ha recibido un fuerte impulso con la iniciativa de la instalación de tres campos entre estos se destaca el de la Península de Paraguaná y la Guajira con potencial considerable para generación de energía eólica. Las autoridades venezolanas dedicadas a las aplicaciones de la tecnología de generación de energía, en colaboración con la Asociación Venezolana de Energía Eólica (AVEOL), han incluido 523 mega vatios (MW) en el *Plan de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional 2013-2019* supuestamente con una infraestructura a ser realizada en los próximos quince años. El proyecto tendrá una relevancia en el Sistema Eléctrico Nacional, suministrando energía limpia sin emisión GEI (Gases de Efecto Invernadero). Es ciertamente un proyecto ambicioso y factible en términos de la tecnología nacional disponible, experiencia y competencia de los ingenieros en esta área. Resaltamos que la capacidad esperada de esta infraestructura es equivalente a la instalación de una planta nuclear de media potencia.

*En relacion las instalaciones generadoras de energía de mayor importancia en Venezuela, el Sistema Eléctrico Nacional dispone de una capacidad instalada de 24.000 mega vatios (MW) equivalentes a 20 reactores de potencia del tipo VVER de Rosatom, Rusia mencionada en el acuerdo de cooperación de 2010. La experiencia de la cual disponemos en generación eléctrica se basa en los proyectos de ingeniería admirable, inclusive a nivel internacional. Por ejemplo, nuestra Central Hidroeléctrica Simón Bolívar (Guri) en el estado Bolívar, abastece la demanda del 62% y es la cuarta de mayor erogación de energía en el mundo (después de las instalaciones que operan en China y Brasil). El restante 35% lo deberían suplir las plantas termoeléctricas y en un porcentaje menor (3%) grupos electrógenos. Con el objetivo de reducir el consumo de petróleo algunas plantas fueron modificadas para ser alimentadas a gas, participando a la red con 1.390 MW. Aunque adicionalmente fueran incorporados 2.935 MW a la red eléctrica en los años (2013-2015) el ingeniero y consultor Nelson Hernández considera que el parque termoeléctrico requiere una intervención inmediata para evitar que los racionamientos en el 2017 sean de mayor magnitud. No obstante esa riqueza de energía, parece inevitable que tengamos que explorar a corto plazo otras fuentes de las cuales disponer para satisfacer la demanda nacional. Por ejemplo la *Fuente geotérmica*. El interés que en los últimos años han despertado, tiene dos orígenes: el ambiental y el económico, en este último caso se debe a la previsión del agotamiento de los combustibles hasta ahora explotados y su consecuencia que nos llevaría a una mayor crisis energética. *Cogeneración eléctrica en la optimización del consumo energético*. Es una de las opciones más factibles por referirse a la producción simultánea de energía eléctrica y térmica; donde ambas son utilizadas a partir de una única fuente de energía. Entre los parámetros tecnológicos que garantizan un ahorro, debemos mencionar lo relativo a la eficiencia de los métodos de generación de energía. Es bien conocido que los procesos térmicos empleados en generación eléctrica, la mayoría de las veces presentan una baja eficiencia; esta se debe a que no superan el 35% de eficiencia, es decir, el 65% de la energía todavía disponible teóricamente, viene desperdiciada.*

Sistemas combinados de generación de energía, de los estudios mas recientes, demuestran sin lugar a duda que la eficiencia puede superar el 55%, sin incluir las perdidas que se producen por la transmisión y la distribución de electricidad. La técnica de utilizar cogeneración, permite una reducción considerable de perdidas optimizando los parámetros operacionales (ver los principios dominantes en termodinámica); la gran ventaja que ofrece su aplicación se torna en provecho para calefacción o refrigeración. Por lo tanto, para la industria, el comercio y las viviendas se abre un abanico de posibilidades para utilizar energía relativamente de bajo costo por una parte y por la otra el disponer de un proceso de generación de energía con niveles de eficiencia de hasta un 80%.

Cambio esperado en el mix energético no es inmediato. La dificultad inherente a la producción de energía hidroeléctrica en época de sequía ha obligado a instalar grupos electrógenos alimentados con combustible diésel para reducir el déficit de energía eléctrica en el País. Parece ser que la decisión no fue la mas acertada por cuanto los responsable del suministro están en la fase de retomar las condiciones originales y volver así al gas natural para alimentar la plantas turbo-generadoras. La mayor ventaja se debe a la conveniencia del mantenimiento preventivo de bajo costo y el alto rendimiento; se estima que se conectarían a la red 202 MW adicionales. *La generación nucleoeléctrica: la opción de menor costo y daño ambiental. Será el próximo paso?* Entre los objetivos que debería garantizar a largo plazo nuestra independencia energética, favorecer la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y al mismo tiempo, sostener el consumo con el ritmo actual es imperativo incluir un plan *Mix* energético nacional. Existen alternativas ofrecidas por las nuevas tecnologías de producción y utilización de la energía nuclear con inclusión de las ventajas ambientales. El requerimiento de disponer con urgencia de una energía que pueda abastecer las necesidades en condiciones auténticamente *eco-friendly* se basa en las proyecciones de los diferentes escenarios que predicen un deterioro del ambiente por gases de efecto invernadero a niveles preocupantes. Independientemente de cualquier oposición política o social, la fuente nuclear estará incluida como una de las principales opciones; su aceptación o rechazo por parte de la sociedad es consecuencia del juego político y económico. Venezuela ha manifestado en el pasado su interés en la tecnología nuclear y su aplicación en salud, industria y ambiente. El primer paso fue realizado con la instalación y operación por décadas, del reactor RV-1, que sin embargo esta inoperativo desde 1991. En el programa nuclear se incluyó la formación de ingenieros nucleares que ha sufrido interrupciones pero que actualmente tiene un tímido repunte con la formación de un grupo que en un futuro debería formar parte de la generación de relevo. Una iniciativa impulsada por el convenio entre Venezuela y la Federación de Rusia pensado en frenar la crisis energética en la cual nos deslizamos. Contrariamente a lo que se piensa, la construcción de una planta nuclear de potencia, por ejemplo de 400MWe, requiere de 5 a 8 años, sin incluir la fase relacionada con las licencias y aprobaciones de la cual nosotros por ahora disponemos de una competencia limitada. Hasta ahora los varios gobiernos nacionales interesados en la generación nucleoeléctrica, después de un inicial entusiasmo, han rápidamente desistido probablemente por los requerimientos de tiempo e inversión monetaria. La razón de congelar el programa nuclear venezolano, fue justificado principalmente por el accidente de Fukushima, dicho sea de paso que no fue un accidente nuclear como manifestaron los medios de comunicación. Este desastre aunado al largo tiempo de recuperación del capital

involucrado en los proyectos de generación nucleoelectrónica han favorecido la implementación de las plantas de gas natural y de petróleo. En cuanto a nivel internacional, el programa nuclear venezolano hubiera creado suspicacia. Hacemos notar que una instalación nucleoelectrónica de 1.2 GWe de potencia como previsto en el convenio con Rusia ya mencionado, produciría el primer año de funcionamiento suficiente plutonio-239 para manufacturar un dispositivo nuclear. En caso de su manufactura, esto garantizaría el reconocimiento de Venezuela como la próxima potencia nuclear junto a su membresía *de facto* en el respectivo *club*. Es menester mencionar que no obstante fuera firmatario del protocolo de Tleteloco de no proliferación nuclear, los ambientes internacionales que no hubieran simpatizado con la política venezolana, hubieran despertado las sospechas sobre las ambiciones nucleares del País.

La energía nuclear de cuarta generación GEN-IV esta a nuestro alcance. Por cuanto expresado anteriormente existe una conveniencia en apoyar la iniciativa gubernamental en la realización del programa nuclear a largo plazo. En el caso que venga incluido en el plan energético nacional un posible reactor nuclear de potencia, este debería ser de la generación GEN-IV. Estas centrales que se basan en el ciclo de combustible del torio-uranio son tecnológicamente muy diferentes al reactor manufacturado por Rosatom, que operan en el ciclo uranio-plutonio. El sistema de ingeniería GEN-IV contempla un conjunto de seis conceptos de reactores nucleares que ofrecen avances significativos en términos de generación núcleo-eléctrica con aspectos relevantes de elevada seguridad y aceptación por los ambientalistas. Entre estos, ha despertado particular interés el concepto de reactor a sal fundida o MSR de la cual se dispone de experiencia obtenida de la operación de los prototipos construidos. Este utiliza un combustible nuclear disuelto en una sal, por ejemplo el FLiBe con tetrafluoruro de uranio (UF₄) y de torio (ThF₄), que a temperatura operacional del reactor es un líquido transparente. Algunos diseños contemplan un núcleo de grafito en la cual fluye la sal fundida. Entre las ventajas del MSR mencionamos: i.- Elevada seguridad operacional, accidentes similares al de Chernobyl son prácticamente imposible por diseño, ii.- la presión operacional es muy baja y no requiere refrigeración por agua, se excluye una posible explosión como sucedió en Fukushima, iii.- Uso de combustible fluido permite que el sistema puede operar sin necesidad de parar la reacción en cadena por el tiempo de la vida útil de la planta; iv.- Reducción en los desechos nucleares debido a la posibilidad de dejar en el núcleo del reactor los fragmentos de fisión. Este último aspecto es el más importante para el ambiente en cuanto los residuos de la fisión –la llamada ceniza nuclear--- requiere un almacenamiento de algunos siglos en vez de los miles de años de los reactores a uranio-plutonio actualmente operativos. Algunos proyectos de MSR, fueron diseñados para reducir la radio-toxicidad de los combustible agotados de los actuales reactores comerciales. Estudios recientes, sugieren la introducción masiva de los reactores GEN-IV para asegurarnos una mejor calidad de vida sin la espada de Damocles del calentamiento global.

Riesgos asociados a producción de energía eléctrica es un factor no contemplado en su justa importancia. Las actividades humanas siempre se asocian a un nivel de riesgo. La producción de energía no es una excepción. La cantidad de energía que consumimos nos beneficia en la calidad de vida pero al mismo tiempo representa para la sociedad un riesgo asociado a los trabajadores

involucrados. Existe un riesgo distinto para cada tipo de fuente de energía, el criterio de selección para un plan energético debe incluir también aspectos como la: i.- Tecnología disponible, ii.- Fuente de energía local primaria y iii.- Modelos de riesgo, carga social y retorno financiero.

En la tabla siguiente reportamos algunos valores para ilustrar los riesgos asociados a cada fuente de energía disponible o que se podría emplear en Venezuela.

Tabla 1 Tasa de mortalidad relacionado con las diferentes fuentes de energía. Tomado de Wilson 1996

Tipo de fuente primaria de energía	Tasa de muertes asociada por peta watt-h 10^{15} Wh
Petróleo	36000
Biomasa	24000
Carbón	13000
Gas natural	4000
Hidroeléctrica	1400
Solar (fotovoltaico)	440
Eólica	150
Nuclear	90

Entre los sistemas de generación eléctrica los que se basan en petróleo representan el mayor riesgo seguido por los de biomasa y carbón. Un aspecto interesante es que la industria nuclear es la de menor riesgo y esta particularidad no se menciona como un punto en favor.

Por lo general, prevalecen factores relacionados a la inversión monetaria, costos de fabricación, mantenimiento y el beneficios económicos para los inversionistas dejando de un lado los aspectos al riesgo inherentes para la sociedad. Interesante notar que aspectos de ingeniería industrial, tecnología disponible, reservas energéticas y condiciones físicas de explotación son cuantificados en números

para una visión global del costo del proyecto que de nuevo no incluye el riesgo humano asociado. Cabe mencionar que también existen normativas de conservación ambiental e impacto sobre la salud humana, estas imponen obligaciones estrictas, que de cumplirse, pueden influir considerablemente sobre el costo unitario de producción. Un aspecto que no se menciona cuando se comparan las plantas de generación eléctrica es el aspecto de contaminación ambiental. Es un aspecto relevante es que la generación eléctrica a carbón viene asociada una mayor contaminación nuclear. El carbón natural contiene material radioactivo de las familias del uranio y torio principalmente. Estas difunden al ambiente con los gases de descarga depositándose en las zonas limítrofes. Por lo tanto el riesgo de contraer cáncer por exposición a las radiaciones nucleares por vivir cerca de una planta alimentado con carbón es mayor que vivir en la cercanía de una planta nuclear. Wilson reporta algunos valores comparativos entre riesgo y potencia, resaltamos que la probabilidad de contraer cáncer de pulmón para trabajadores en una mina de carbón y cáncer para una persona que vive cerca de una planta nucleoelectrónica es 3000 a 1. Sin embargo, existen todavía quienes exigen que las emisiones radiactivas sean menores para las centrales nucleares. Es bien conocido que el costo relativo a la reducción por cuanto pequeña, induce costos prohibitivos. Al mismo tiempo no hay ninguna crítica o preocupación por la contaminación radioactiva del ambiente por parte de las plantas convencionales.

Algunas conclusiones se relacionan al convenio de París; esta no se podrá honrar sin la aplicación de nuevas tecnologías y aumentando las eficiencias de los sistemas existentes; esta previsto que el efecto invernadero tendrá un incremento por las próximas décadas.

Dada la influencia política en los varios aspectos de la sociedad, Venezuela en la actualidad no esta en la condición de eliminar los problemas inherentes a la crisis energética.

Las tecnologías existentes para aprovechar las nuevas fuentes *en pro* de la producción de energía y así abastecer los requerimientos nacionales a futuro, no son adecuadas y su implementación requiere de investigaciones que se puede extender por un largo tiempo. Ciertamente el campo nuclear, a este y otros aspectos no se substraen, pero contiene algunas ventajas sobre las fuentes convencionales, por ejemplo:

- Es la única fuente con una densidad de energía incomparablemente superior a la energía química.
- Las nuevas tecnologías nucleares GEN-IV favorecen la producción de energía que satisface los requerimientos más estrictos de los ambientalistas, incluyendo los económicos. Por otra parte, solamente empleando la fisión o la fusión en el futuro, tendremos la posibilidad de evitar las consecuencias dramáticas del calentamiento global. Aunque hoy por hoy introduzcamos intensivamente las centrales nucleares de GEN-IV el efecto invernadero podría no mantenerse a su nivel actual.
- El riesgo o la tasa de mortalidad por unidad de energía producida es la mas baja entre todas las fuentes disponibles. Un resultado nada despreciable en la toma de decisión energética.
- La independencia energética de Venezuela en los próximos siglos (para no decir milenios), depende de las decisiones que se tomen ahora; esta sería garantizada únicamente con la implementación de reactores nucleares de fisión con combustible torio-uranio. Debemos resaltar este aspecto en cuanto disponemos de reservas que nos posiciona en el 12-avo lugar en la lista mundial de los países que disponen de una reserva de torio.

Una cosa es segura, que al entrar en el comercio las plantas nucleares de fusión, una nueva era se abrirá para la humanidad.

Referencias

<http://www.monografias.com/trabajos97/realidad-critica-fuga-talentos-venezolanos/realidad-critica-fuga-talentos-venezolanos.shtml#ixzz4ZpeMlr1F>

Global Energy Policy and Security. Available from:

https://www.researchgate.net/publication/255717569_Global_Energy_Policy_and_Security

<http://www.iea.org/newsroom/news/2016/november/world-energy-outlook-2016.html>

Eugene A. Rosa, Gary E. Machlis, Kenneth M. Keating, (1988). Energy and Society Annual Review of Sociology 14, 149-172. DOI: 10.1146/annurev.so.14.080188.001053

<http://geologiavenezolana.blogspot.com/2012/02/energia-eolica-en-venezuela.html>

<http://www.evwind.com/2012/12/14/eolica-en-venezuela-parque-eolico-con-aerogeneradores-de-impasa-genero-por-primera-vez-energia-al-sin/>

<http://elestimulo.com/elinteres/el-parque-eolico-no-prende-ni-un-bombillo-en-la-guajira/>

2

Academia Nacional de la Ingeniería y el Hábitat

PALABRAS DE RESPUESTAS AL DISCURSO DE INCORPORACIÓN DEL DR. LASZLO SAJO-BOHUS PRONUNCIADAS POR EL ACADÉMICO MANUEL TORRES.

El profesor Sajo-Bohus nació en Hungría 1947 se graduó de Técnico Superior en Energía Nuclear en la Universidad de Milán, en 1973 y se doctoró en la misma Universidad en 1975.

Posteriormente en 1985 obtuvo el título de PhD en Ciencia Nuclear Aplicada.

Trabaja en la Universidad Simón Bolívar desde 1975 y desde 1977 ha sido Jefe de la sección de Física Nuclear.

Tiene más de 121 publicaciones, 62 de ellas en los últimos 10 años y 4 artículos de libros especializados en el tema nuclear.

El trabajo de incorporación de Sajo-Bohus consiste en mostrar los resultados de experimentos que justifican realizar una propuesta de un reactor nuclear de investigación con sal fundida, el cual corresponde a la cuarta generación y q ha sido mencionado en un acuerdo de cooperación entre en Venezuela y Rusia.

Este prototipo propuesto de instalación nuclear (sub-crítico) utiliza combustible líquido Th-U, con boro natural, lo cual, en régimen estacionario, no dispone de un número suficiente de neutrones para mantener la reacción en cadena.

El trabajo de investigación incluye la prueba de una posible composición del combustible para el caso de un reactor prototipo sub-crítico alimentado por una fuente externa de neutrones.

También se estudiaron algunas de estas fuentes: radio isotópica y foto neutrónica para lograr un incremento en la economía neutrónica. Se encontró que el boro fue un conversor de neutrones conveniente, finalmente se logró parcialmente un prototipo de reactor sub-crítico utilizando boro más uranio natural.

Toda actividad humana presenta cierto riesgo a la salud humana, bien por enfermedad o por accidente. Los materiales radiactivos y las radiaciones ionizantes representan un riesgo aun mayor, pues además de afectar la salud del expuesto, pueden traer consecuencias a sus descendientes. Toda la actividad relacionada con el ciclo de combustible nuclear representa un alto riesgo: minería, refinamiento y enriquecimiento del mineral, fabricación del combustible, el reactor nuclear, el

almacenamiento y tratamiento del combustible usado, el reciclaje y la disposición definitiva de desechos radiactivos.

Si no hemos resuelto el problema de los residuos domésticos nos preguntamos, ¿Cómo vamos a resolver el de los nucleares?

Mientras la población crece en menos de 2% anual, el consumo de energía supera esta cifra. Para el 2050 alcanzará los 9.5 millones de pobladores y el consumo se estima que aumentará en un 70%.

La energía nuclear representa el 6% de la consumida mundialmente. Existen 435 plantas nucleares comerciales en funcionamiento en 31 países con capacidad instalada de 352GW equivalente al 11% de la capacidad de generación a nivel mundial.

Los accidentes de Chernóbil (1986) y Fukushima (2011) constituyeron los accidentes nucleares de nivel 7 siendo uno de los mayores desastres medioambientales y que han influido en el estancamiento mundial de la construcción de nuevas centrales y hasta la clausura de algunas existentes.

Con motivo de la expectativa de daño del riesgo de accidente en una planta eléctrica termonuclear varios países europeos han tomado decisiones políticas de dejar de usar la energía nuclear para la generación de electricidad. Suecia dio el inicio en 1980, Italia (1987), Bélgica (1999), Alemania (2000) u Suiza (2011).

Todos estos países plantean la reducción de los combustibles fósiles y pretenden aumentar también el consumo de fuentes de energías renovables.

Según las estimaciones del gobierno alemán con base a la probabilidad del daño al núcleo en un periodo de 40 años, era de 16% para Europa y de un 40% a nivel mundial. Para los diseños nuevos de reactores la probabilidad se ha logrado reducir a 0,3% para Europa y de 0,9% para el mundo en 40 años.

En nuestro país aún tenemos un largo recorrido para desarrollar más energía hidráulica, solar y eólica antes de encausarnos en la nuclear, sin embargo desde el punto de vista académico, no podemos dejarla a un lado, pues a pesar del alto riesgo en su operación, posee ventaja comparativa con otras energías que podrían justificar, en un futuro, su utilización en la generación eléctrica.

Sin embargo, la investigación y la docencia exigen mayores esfuerzos en áreas complejas como la nuclear y como nación no debemos quedarnos retrasados.