

Resumen

Resumen

La energía nuclear, ha sido desde sus comienzos, un importante aporte tanto para el hombre como para la tecnología.

Su primera manifestación, a gran escala, fue la bomba atómica. Luego adquirió usos de carácter civil. Por ejemplo, como generadora de energía eléctrica. Después se le atribuyeron usos como en la medicina, etc.

Este tipo de energía, puede darse de dos formas: fisión, la cual se produce cuando el núcleo se rompe al ser bombardeado por neutrones lo que produce que se liberen dos o más neutrones y una gran liberación de energía; y fusión que se produce cuando dos o más núcleos atómicos muy livianos se unen formando un núcleo mas pesado con mayor estabilidad.

Esta energía comenzó a ser de interés para Chile a partir de 1955. El organismo que se creó fue la Corporación Chilena de Energía Nuclear (CCHEN).

La CCHEN, se encargó de que desde el comienzo, que la energía nuclear se usase con fines civiles y no bélicos.

Se crearon dos centros de estudios nucleares llamados Centro de Estudio Nucleares La Reina y el Centro de Estudios Nucleares Lo Aguirre.

Estos dieron grandes avances al país en diferentes ramas, como en la medicina donde se destaca el uso de las radiaciones y los radioisótopos en exámenes de gran escala, diagnosis y prognosis y terapia; en la alimentación donde esta ha ayudado en la conservación de alimentos, ampliación de su período de consumo, y reducción de las pérdidas causadas por insectos después de la recolección; en la hidrología para medir y buscar recursos hídricos; en la agricultura donde ayuda a hacer más eficiente el uso de insumos; y en la industria en el desarrollo de procesos productivos.

Introducción

El objetivo de este trabajo es analizar y estudiar la Energía Nuclear en Chile.

La Energía Nuclear es aquella que se libera como resultado de cualquier reacción nuclear. Esta puede obtenerse por fisión (división de los elementos pesados) o bien por fusión (unión de los núcleos livianos). En las reacciones nucleares se libera una extraordinaria cantidad de energía y ello es debido a que en dicha reacción se produce una disminución de masa que se transforma directamente en energía.

El gestor de esta fuente de energía fue Albert Einstein. Él descubrió la famosa formula $E=MC^2$, donde E es energía liberada, M la diferencia de masa o incremento, y C es la velocidad de la luz. Esta ecuación significa que la masa se puede transformar en energía y vice versa.

La primera aplicación practica fue la bomba atómica, en la cual se libero una energía de 12 kilotones (energía equivalente a 12000 toneladas de explosivos TNT) destruyendo una ciudad entera.

Desde el comienzo de su desarrollo con objetivos civiles, hacia los años 50, la energía nuclear se ha convertido en una fuente muy importante de energía eléctrica, alcanzando en 1990 alrededor del 17% de la producción mundial de electricidad. La continua evolución en el diseño de los reactores que afecta la

normalización, plazo corto de construcción y avance progresivo de la seguridad ha disminuido las preocupaciones sobre los riesgos de la energía nuclear y prepara el camino para que continúe considerándosele como una opción notable de producción de energía.

En Chile, la aparición de la energía nuclear fue en 1964, luego del planteamiento del proyecto realizados en el año 1955 por el Dr. Cruz-Coke. Su descubrimiento nos abrió las puertas a una nueva y apasionante rama de la ciencia y la tecnología que ha tenido enormes repercusiones, en todo el mundo.

Gracias a esta importante fuente energética, en los últimos decenios, se han alcanzado logros importantes en campos de la energía y el medio ambiente, la medicina, la agricultura y la industria, entre otros, en los que se aplican ampliamente las tecnologías nucleares y de las radiaciones. Su utilización nos permite, por ejemplo, detectar, localizar, representar visualmente y medir lo que nuestros ojos no pueden ver; destruir células y gérmenes cancerígenos; localizar recursos hídricos, entre otros.

Como en un principio, este tipo de energía fue utilizada con fines bélicos, en Chile se nombro a la C.CH.E.N. como encargada de atender los problemas relacionados con la producción, adquisición, transferencia, transporte y uso pacífico de la energía atómica y de los materiales fértiles, fisionables y radiactivos.

La CCHEN, cuenta con dos reactores de investigación, Centro de Estudios Nucleares de lo Aguirre y La Reina. Estos cuentan con facilidades de irradiación y numerosos laboratorios. Es en estos lugares donde se llevan a cabo todas las aplicaciones de este tipo de energía.

La Comisión Chilena de Energía Nuclear complementa todos estos trabajos, ejerciendo también una importante labor en el ámbito de la formación y educación tanto de profesionales como de estudiantes.

Breve historia de la energía nuclear

Hasta el siglo XIX, el principal combustible era la leña. Desde la Revolución Industrial, los seres humanos dependían de los combustibles fósiles como el carbón y el petróleo.

Una serie de descubrimientos importantes realizados hacia finales del siglo XIX fueron el inicio de las investigaciones que posteriormente llevarían al descubrimiento de la energía nuclear. Estos descubrimientos dejaron claro que el átomo no era una partícula sólida de materia que no pudiera ser dividida en partes más pequeñas.

En 1895, el científico alemán Wilhelm Conrad Roentgen (1845–1923) anunció el descubrimiento de los rayos X, que podían atravesar láminas finas de plomo. En 1897, el físico inglés J. J. Thomson (1856–1940) descubrió el electrón, una partícula con una masa muy inferior al de cualquier átomo. Y, en 1896 Antoine Henri Becquerel (1852–1908), descubrió por accidente el fenómeno de la radiactividad en el transcurso de su investigación sobre la fluorescencia. Tras colocar sales de uranio en una placa fotográfica en una zona oscura, Becquerel comprobó que la placa se había ennegrecido. Esto demuestra que el uranio debe emitir su propia energía, rayos penetrantes de origen misterioso, a lo que posteriormente se denominó radiactividad.

También el matrimonio de científicos franceses formado por Marie y Pierre Curie aportó una contribución a la comprensión de esas sustancias radiactivas. Como resultado de las investigaciones de Ernest Rutherford (1871–1937) realizadas poco después del descubrimiento de la radiactividad, identificó los tres componentes principales de la radiación y los denominó rayos alfa, beta y gamma. Su estudio de la radiación le llevó a formular una teoría de la estructura atómica que fue la primera en describir el átomo como un núcleo denso alrededor del cual giran los electrones. Rutherford y el físico británico Frederick Soddy (1877–1956) desarrollaron la explicación de la radiactividad que todavía aceptan los científicos actuales.

El paso entre la determinación de la estructura de la materia y la teoría para la obtención de la energía nuclear

por fisión lo dio Albert Einstein. Los experimentos sobre esta teoría demostraron que al bombardear un átomo pesado con otra partícula, las diversas partes en que se separaba el núcleo tenían en conjunto masas menores que la del núcleo original, liberándose por tanto una cantidad de energía. Si se aplicaba la fórmula de Einstein sobre la diferencia de masas ($E=MC^2$), donde E es la Energía, M la diferencia de masa, y C es la velocidad de la luz. Esta ecuación significa que la masa se puede transformar en Energía y la energía en masa. Según esta fórmula, cuando en un proceso se pierde masa, esta no desaparece, se transforma en energía, según la fórmula anterior. Según dicha fórmula, una pequeña cantidad de masa, libera gran cantidad de energía, se observaba que los resultados eran coincidentes con los de la energía liberada.

Con el éxito en la ejecución de la teoría de Einstein se había encontrado una fuente de energía de enormes posibilidades, sin embargo en la práctica aún era inviable, el motivo era que experimentalmente siempre se consumía mayor energía que la que se producía. Estas limitaciones quedaron atrás en 1939, cuando Lise Meitner (1878–1968) y Otto Hahn (1879–1968) descubrieron la facilidad con que podía ser partido el núcleo del uranio mediante un neutrón, el cual producía además otros tres neutrones que podían dividir a su vez otros núcleos, acelerando la propia radiactividad natural del uranio.

En diciembre de 1942, en la Universidad de Chicago, Enrico Fermi (1901–1954) obtuvo la primera reacción controlada de fisión nuclear en cadena, y hasta el fin de la II Guerra Mundial (1939–1945) trabajó en el desarrollo de la bomba atómica en Los Álamos, Nuevo México.

Los primeros reactores nucleares a gran escala se construyeron en 1944 en Hanford, en el estado de Washington (EEUU), para la producción de material para armas nucleares. El combustible era uranio natural. Estas plantas producían plutonio mediante la absorción de neutrones por parte del uranio.

A finales de 1950 comenzaría una utilización práctica de esta energía para producir electricidad, con las primeras centrales nucleares de fisión.

La energía nuclear mediante la fisión de uranio supuso un paso tecnológico importante para la humanidad, pero con elevados costes ecológicos debido a los residuos radiactivos que produce, los cuales deben ser manejados con extremo cuidado, además de ser de complicado almacenamiento por el largo periodo de degradación que precisa.

En sólo 30 años, la energía nuclear aumentó su participación en la producción total de energía eléctrica a partir de un valor extremadamente pequeño, 0.1%, hasta un valor sustancial de 17%. Se observa que la energía hidroeléctrica, cuya tecnología se emplea por casi un siglo, participa del balance eléctrico mundial con cerca del 18%, y las perspectivas de aumento de este valor, a nivel mundial, son limitadas, lo que no es el caso de la energía nuclear.

Durante los próximos diez años el desenvolvimiento de la energía nuclear en el mundo no se igualará al grande crecimiento de las dos últimas décadas. Los motivos son variados y complejos. Se menciona inicialmente la baja en la tasa de crecimiento de la energía eléctrica en los países industrializados en la última década como consecuencia de la disminución del crecimiento económico. Cabe mencionar que más de 80% de la capacidad instalada en plantas nucleares en el mundo está concentrada en los países de la OECD (organización para la cooperación y desarrollo económico), y son estos países que seguirán dictando el ritmo de crecimiento de la energía nuclear a nivel mundial.

También cabe comentar que aumentaron las preocupaciones del público cuanto a la energía nuclear, lo que llevó a cancelamientos o retardaciones en los cronogramas de plantas nucleares, así como revisiones de programas de expansión. Sin embargo, existen fuertes indicaciones de que se empieza en la actualidad una mejor aceptación de la energía nuclear por parte del público, después de varias reuniones internacionales

especializadas en el tema medio ambiente. Esto también se debe a la constatación de un posible calentamiento del planeta, que en parte es causado por fuentes térmicas convencionales de generación de energía eléctrica.

Historia del CCHEN

En 1955, el gobierno de Estados Unidos publicó información científica sobre materias nucleares.

El Dr. Eduardo Cruz-Coke Lassabe presentó ante el senado la idea de crear una institución responsable de esos asuntos, lo que se concretó 10 años después, con la creación de la Comisión Nacional de Energía Nuclear (CNEN).

Su visión era que el uso pacífico de la energía nuclear sería un aporte importante para la sociedad chilena. La visión de Cruz-Coke lo llevó a presentar importantes proyectos, entre ellos se encuentra la construcción de la Primera Central Nucleoeléctrica a cargo de la CCHEN y Endesa. Aquellos proyectos surgieron con mucho entusiasmo, pero, frente a contingencias políticas y económicas no se pudieron realizar. Postuló también que habría un gran desfase entre el ciclo nuclear y el ciclo político el problema es que el costo de un proyecto es tan alto y los resultados se aprecian a tan largo plazo que los gobiernos no se pueden aventurar en un programa nuclear que implique grandes inversiones.

Lo que si ha existido es una regulación del tema nuclear a través de la legislación nacional, que no constituiría una política de estado.

En Chile se distinguen 3 etapas en el desarrollo nuclear:

- La exploración tecnológica entre 1955 y 1964.
- Investigación tecnológica entre 1964 y 1974
- El nivel experimental desde 1983 en adelante.

Científicos de Universidades chilenas y oficiales del Ejército se fueron a estudiar al extranjero atraídos por el desarrollo que la ciencia nuclear había logrado. Por otra parte Chile en el año 1959 pasó a formar parte de la Comisión Interamericana de Energía Nuclear (CIEN), creada para la cooperación entre los estados miembros en materias relacionadas con el uso pacífico de la energía nuclear. El mismo año Chile firmó otro acuerdo con EE.UU para prestar apoyo con lo referente de la investigación nuclear.

Se debe destacar que Chile también en el mismo año firmó el tratado Antártico que en uno de sus artículos se refiere a la prohibición de explosiones nucleares y eliminación de desechos radioactivos en este territorio.

En 1960 Chile se integró como miembro del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA).

En el año 1962 se inició la realización de un programa de entrenamiento en el uso clínico de radioisótopos.

En 1963 se firmó el tratado de prohibición parcial de ensayos en la atmósfera. Ese mismo año Chile fue elegido estado de la OIEA en representación de América Latina.

El 16 de abril de 1964 se creó la Comisión Nacional de Energía Nuclear (CNEN). Su primer presidente fue el Dr. Eduardo Cruz-Coke.

Con la creación de esta comisión termina la primera fase exploratoria de la energía nuclear en Chile.

La segunda etapa, la de exploración tecnológica, se inició con la creación de la CCHEN. Etapa que se caracterizó con la formación de planes, creación de infraestructura, firma de acuerdos de asistencia técnica, se crearon comités asesores en diversas áreas. Se promovió la capacitación en el país y en el extranjero de

profesionales para dedicarse a la aplicación de las técnicas nucleares.

Así los hechos más importantes de esta etapa fueron:

En el año 1965 fue creada la Comisión Chilena de Energía Nuclear continuadora de la comisión anterior. La comisión fue creada como un organismo de administración autónoma del estado. Esta comisión tuvo los siguientes objetivos: atender los problemas relacionados con la producción, adquisición, transferencia, transporte y uso pacífico de la energía atómica y de los materiales fisionables y radiactivos.

La misión más importante del CCHEN fue proponer el proyecto de ley para la Comisión de Energía Nuclear. La respectiva ley fue puesta en práctica el 23 de octubre de 1965.

En 1966 la universidad de Chile recibió un ciclotrón donado por la universidad de California. Esta donación significó un importante aporte para la investigación y formación de físicos nacionales en el área nuclear.

La CCHEN también patrocinaba proyectos de las universidades chilenas en temas como medicina, agricultura, química entre otros.

Una de las tareas más importantes que se emprendió a partir de 1966 fue una creación de un centro de estudios nucleares Central la Reina

En el año 1966 habían 29 grupos de docentes investigadores que trabajaban en aspectos nucleares de la medicina, física, bioquímica, fisiología, farmacología, veterinaria, ciencia puras, etc. En total eran alrededor de 120 profesionales.

El Departamento de Física de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile, realizó ese año las primeras mediciones de la radiactividad del aire, en las islas de Pascua y Juan Fernández.

En mayo de 1966, la CCHEN determinó un programa nacional de medición de la radiactividad ambiental con la ayuda del Servicio Nacional de Salud, la Universidad de

Chile, la Fuerza Aérea de Chile y la Universidad Técnica Federico Santa María.

Cuando se hicieron las primeras explosiones nucleares en Mururoa, en Julio de 1966 Chile disponía de tecnología suficiente para realizar un programa de muestreo y análisis de agua, polvo atmosférico y alimentos. Durante los 3 años siguientes se estableció una red de estaciones de muestreo que se sumó a la ya construida por el Servicio Nacional de Salud.

También ese mismo año Chile firmó con diferentes países y Organismos Internacionales. Con Israel firmó un acuerdo sobre usos pacíficos de la energía nuclear

A fines de 1968 se creó el Centro de Estudios Nucleares La Reina. A partir de 1968 se hacía control radiológico de leche y pasto. En julio de 1969 el laboratorio de radiactividad ambiental se trasladó al CEN La Reina.

En 1970 cuando se terminó la construcción del primer edificio del CEN La Reina se habilitaron los laboratorios de aplicaciones de la energía nuclear en la industria, agricultura e hidrología y dosimetría del personal.

Los primeros trabajos de investigación en el CEN La Reina fueron los de dosimetría personal.

Después de 4 años se creó un laboratorio propio del CCHEN en esa especialidad.

En 1972 Chile y España firmaron un acuerdo complementario de energía atómica para fines pacíficos. El mismo año se iniciaron los trabajos del Centro de Estudios Nucleares de Lo Aguirre con la participación de la Junta de Energía Nuclear de España.

En 1973, la comisión realizó numerosas investigaciones y proyectos:

Estos son:

- Estudio de factibilidad de instalación de una central nuclear en Antofagasta
- Prospección de uranio en la zona de Carrizal Alto
- Estudio del origen de las aguas subterráneas de la Pampa del Tamarugal
- Estudio sedimentológico en el río Calle Calle.

El 27 de diciembre de 1973 la CCHEN creó el instituto de medicina nuclear (IMN).

El 29 de mayo de 1973 se creó el Centro de Estudios Nucleares del Ejército (CENE)

En 1974 se puso en marcha el servicio de radiomedicina del CCHEN.

En 1975 Su Excelencia El Presidente de la República establece que la incorporación de una central nuclear de potencia al sistema de electrificación constituye un objetivo nacional de importancia para el mejor desarrollo y aprovechamiento de los recursos naturales actualmente en explotación.

A partir de este año se desarrollaron las técnicas de radiotoxicología y dosimetría citogenética y cromosómica. También se inició la producción de radioisótopos en el país y el desarrollo de la radiofarmacia.

El 21 de Junio de 1966 la CCHEN recibió en como dato las instalaciones y proyectos del centro de estudios nucleares del ejército, con el objetivo de juntar en un solo organismo el desarrollo de todo lo que tenga que ver con lo nuclear nacionalmente hablando.

En 1980 el consejo directivo le dio a la CCHEN una nueva orientación. Los objetivos eran:

- Desarrollo nacional
- Seguridad nuclear y radioprotección
- Objetivos operativos

En ese mismo año se desarrollaron radiofarmacos los que pasaron a producción rutinaria. Se inició también el desarrollo del sistema para análisis de uranio por neutrones retardados.

En 1982 continúa la tramitación iniciada en el año 1980 de la ley de seguridad nacional.

En 1983 se contaba con laboratorios de análisis por activación, análisis de uranio por conteo de neutrones retardados, difracción de neutrones, y difracción de rayos-x, fluorescencia por rayos-x, etc.

Se elabora el plan de desarrollo nuclear que contaba con las siguientes metas:

- Formular la legislación, reglamentación y normativa técnica de seguridad nuclear y radioprotección.
- Desarrollar una política activa de relaciones internacionales.
- Poner instalaciones a nivel piloto con el fin de desarrollar un futuro programa de centrales nucleares de potencia.

El 2 de mayo de 1984 se promulga la ley de seguridad nuclear.

En 1988 la ley traspasa la función de control de las instalaciones radioactivas de primera categoría a la CCHEN.

Se instaló una sala dedicada a la exposición permanente de las materias propias de la CCHEN, en el museo de ciencia y tecnología.

El 17 de marzo de 1989 se firmó el importante protocolo para la cooperación de los usos pacíficos de la energía nuclear con la corporación Nuclear China.

En la década de los noventa hubo grandes avances que se pueden destacar.

El año 1994 Chile suscribió en Viena la convención sobre la seguridad nuclear, dicha convención fue aprobada por el Congreso Nacional el 30 de noviembre de 1996.

El año 1995 Chile paso a ser parte del tratado de no Proliferación Nuclear TNP.

Reactores en Chile

En Chile la *CCHEN*, (Comisión Chilena de Energía Nuclear), cuenta con dos Reactores Nucleares de investigación multipropósito tipo *MRT*, cuyas características permiten desarrollar, en torno a ellos y con la ayuda de especialistas de diversas disciplinas, variadas actividades que encuentran aplicaciones en biología, medicina, agricultura, radioquímica, física del estado sólido, producción de radio isótopos, metalurgia, ciencia de los materiales, etc.

Los centros de estudios que hay en Chile son: Centro de Estudios Nucleares La Reina y Centro de Estudios Nucleares Lo Aguirre.

Centro de Estudios Nucleares La Reina:

Se ubica en Av. Nueva Bilbao #12.501, comuna de Las Condes. En este centro se desarrollan las siguientes actividades:

Aplicaciones nucleares:

Contribuye al mejoramiento de varias áreas, tales como la salud, alimentos, agricultura, industria, minería y medio ambiente, mediante el desarrollo, innovación y transferencia de los isótopos, radiaciones y técnicas nucleares.

Seguridad nuclear y radiológica:

Se encarga de las materias, seguridad nuclear y radiológica tanto de las propias instalaciones de la comisión, como aquellas instalaciones externas que están en el ámbito de su jurisdicción. Su propósito general es proteger a las personas (trabajadores), bienes y medio ambiente, asegurando el bienestar de la comunidad.

Investigación y desarrollo:

Se desarrolla en el ámbito de las ciencias básicas e investigación de acuerdo con las necesidades de la comisión y del país. Promueve el trabajo en conjunto y la colaboración con otras instituciones de su mismo ámbito en el plano nacional e internacional.

Ingeniería y sistemas:

Desarrolla y aplica tecnologías que contribuyen al que hacer de la institución tanto en la modernización así como también en el área científico-técnica, gestión y administración.

Centro de estudios nucleares Lo Aguirre

Está ubicado en el Km.28 del camino a Valparaíso. En este centro de estudios se radican los siguientes departamentos y unidades:

Planta de elementos combustibles:

Investiga y desarrolla en las áreas de la metalurgia, física y materiales de interés nuclear.

Gestión de deshechos:

Se asegura que todos los deshechos radioactivos que se producen en el país no perjudiquen al hombre y al medio ambiente.

Laboratorio de análisis químico:

Apoya los proyectos desarrollados dentro de la comisión en algunas áreas tales como materiales de interés nuclear, medio ambiente, agricultura y ciencia de los materiales, así como también desarrolla metodologías para que los procedimientos estén siempre actualizados en el plano internacional.

Planta de irradiación multipropósito:

Aplica las radiaciones ionizantes provenientes de una fuente de cobalto radioactivo para la conservación de alimentos, esterilización de material médico-quirúrgico, componentes sanguíneos, así como materias primas para la industria farmacéutica y cosmetológica.

Contribución de la energía nuclear al desarrollo del país

La incorporación de la energía nuclear en el país, trajo consigo muchos adelantos en diversos campos.

Su utilización nos ha permitido, por ejemplo, detectar, localizar, representar visualmente y medir lo que nuestros ojos no pueden ver; destruir células y gérmenes cancerígenos; localizar recursos hídricos, entre otros.

Entre las aplicaciones se pueden destacar la utilización de la energía en la medicina, hidrología, alimentación, agricultura, industria y medio ambiente.

En Chile, el principal organismo que promueve el desarrollo de la energía nuclear, es la Corporación Chilena de Energía Nuclear, CCHEN.

A continuación nos referiremos a cada uno de estos temas.

En la medicina

Quizás el uso de las técnicas nucleares en los campos del diagnóstico, la obtención de imágenes y el tratamiento del cáncer sea el más conocido y ampliamente aceptado. De hecho, la medicina moderna no podría concebirse sin la radiología con fines de diagnóstico y la radioterapia.

En el mundo industrializado occidental, estas técnicas se han vuelto corrientes, tan fiables y tan precisas que aproximadamente uno de cada tres pacientes es sometido a alguna forma de procedimiento radiológico

terapéutico o de diagnóstico.

La medicina chilena se ha beneficiado considerablemente con el uso de las radiaciones y de los radioisótopos en exámenes de gran escala, diagnosis y prognosis y terapia.

Esta especialidad médica utiliza las radiaciones ionizantes que emiten los radionucleidos con fines fundamentales de diagnostico.

En la medicina nuclear existen dos técnicas de exploración, la primera realiza las pruebas sobre los pacientes a los cuales se les administran sustancias radiactivas que son detectadas y seguidas desde el exterior del organismo por medio de equipos adecuados. La segunda técnica se realiza sobre muestra biológicas del paciente, generalmente sangre, a la que se agrega la sustancia radiactiva, sin que el paciente reciba radiación alguna.

algunas especialidades son:



Radioterapia: esta especialidad médica utiliza la administración de radiaciones ionizantes para el tratamiento de tejidos malignos o tumores.

Este tratamiento se conoce y es aplicado desde comienzos del siglo, no obstante sus técnicas de aplicación se han perfeccionado enormemente, en la actualidad los efectos secundarios se han reducido al mínimo, y su efectividad ha aumentado notablemente.

La radioterapia utiliza tanto las radiaciones del elemento radiactivas naturales y la radiación generada en equipos de rayos X

Braquiterapia: esta técnica de radiación incorpora fuentes radiactivas sólidas en zonas tumorales de fácil acceso y se mantienen el tiempo necesario para la irradiación del tumor siendo después retiradas.

Es importante destacar que además, el CCHEN aporta los servicios de seguridad nuclear y seguridad radiológica. Además capacita personal en la correcta manipulación de sustancias y fuentes radiactivas.

En la alimentación

La CCHEN en su Laboratorio de Irradiación y en la Planta de Irradiación Multipropósito, ha desarrollado la técnica del empleo de las radiaciones ionizantes para la conservación de alimentos, ampliación de su período de consumo, y reducción de las pérdidas causadas por insectos después de la recolección.

La técnica del tratamiento de alimentos con energía ionizante consiste en exponer los alimentos a una dosis de radiación gamma predeterminada y controlada. Esta técnica consume menos energía que los métodos convencionales y puede reemplazar o reducir radicalmente el uso de aditivos y fumigantes en los alimentos.

El proceso es frío, en consecuencia, los alimentos tratados conservan la frescura (pescado, frutas, verduras) y su estado físico (comestibles congelados o secos). La técnica elimina del alimento envasado los agentes causantes de su deterioro, como bacterias, hongos, insectos, etc., evitando la recontaminación.

La irradiación impide los brotes en tubérculos y raíces comestibles; impide la reproducción de insectos y parásitos; inactiva bacterias, esporas y mohos; y retrasa la maduración de frutas. Esta técnica es aceptada y recomendada por la FAO, OMS y el OIEA.

En la hidrología

El mundo tiene agua suficiente, pero no siempre donde más se necesita. La escasez de agua se ha agravado cada vez más y las técnicas isotópicas suelen ser de gran ayuda para localizar y medir el volumen de los recursos hídricos subterráneos. Las técnicas isotópicas constituyen importantes instrumentos analíticos para el ordenamiento y la utilización racional de los suministros de agua existentes y para la determinación de nuevas fuentes de agua renovables y aprovechables. Los resultados permiten formular recomendaciones documentadas para la planificación del uso sostenible de estos recursos hídricos.

Isótopos ambientales

La CCHEN en su Laboratorio de Isótopos Ambientales dispone de técnicas para la determinación de las concentraciones de Deuterio ($2H$) y Oxígeno-18 ($18O$) en muestras de aguas.

La determinación de estos isótopos naturales permite diferenciar aguas en cuanto a su origen debido a que las moléculas de agua que contienen D y $18O$ son más pesadas, existiendo un fraccionamiento de las moléculas a través del ciclo hidrológico desde que salieron del océano.

La determinación de las composiciones isotópicas del agua es necesaria y complementaria para:

- Estudios de recursos hídricos en zonas áridas y semiáridas
- Estudios de interconexiones entre cuerpos de agua
- Diagnóstico de filtraciones en lagos y embalses
- Estudios de evaporación de salares
- Estudios en ecosistemas agua-suelo-planta

Trazadores radiactivos

La CCHEN, en su unidad de Aplicación de Trazadores ha desarrollado técnicas que complementan diversos estudios hidrológicos mediante el marcado de aguas y sedimentos con el fin de detectar su movimiento en el sistema en estudio. Las técnicas de trazadores desarrolladas permiten utilizar colorantes como Rodamina WT, soluciones salinas o radioisótopos de acuerdo al tipo de problema que se requiere estudiar o solucionar.

En el caso por pérdidas de filtración, se adiciona un elemento radiactivo líquido al sistema; éste viaja preferencialmente hacia la rotura logrando adherirse a ella, identificando de esta forma el punto exacto de la filtración. La radiación gamma emitida por el trazador tiene la propiedad de atravesar espesores significativos de tierra, hormigón, fierro u otros materiales. Esta propiedad permite su ubicación mediante instrumental apropiado.

Estas técnicas son utilizadas en los siguientes estudios:

- Determinación de lugares de filtración en embalses y estanque naturales

- Determinación de interconexiones entre cuerpos de aguas
- Determinación de caudales en corrientes naturales
- Contaminación de aguas por procesos mineros

En la agricultura

El uso de técnicas nucleares en los estudios del área agrícola, es de gran importancia para obtener resultados que complementados con metodologías de análisis convencional dan solución a los problemas en la agricultura, con el fin de lograr una agricultura sustentable y eficiente en el uso de los recursos e insumos, manteniendo un equilibrio con el medio ambiente.

Inducir mutaciones en las plantas para obtener las variedades de cultivos agrícolas deseadas;

Determinar las condiciones para optimizar el uso de los fertilizantes aplicados a los cultivos y el uso del agua. Estas técnicas constituyen una herramienta esencial en las investigaciones de fertilidad de suelos, fuentes de fertilizantes, uso óptimo de los nutrientes, racionalización del uso de los fertilizantes, economía en el uso del agua, en un corto plazo.

Erradicar o luchar contra las plagas de insectos. Esta técnica consiste en la esterilización de insectos machos criados en instalaciones, mediante la irradiación antes de incubación, y la posterior suelta de millones de insectos estériles en zonas infectadas. Al aparearse con los insectos hembras, no se produce descendencia, lo que va reduciendo gradualmente, y acaba por erradicar, la población de insectos. Consciente de la importancia de esta técnica para el país, la CCHEN ha impulsado el empleo de los irradiadores para la esterilización y ha apoyado técnicamente a sus usuarios. El SAG (Servicio Agrícola y Ganadero) actualmente cuenta con uno instalado en la ciudad de Arica.

Mediante la utilización de técnicas isotópicas con nitrógeno 15, se puede cuantificar la fijación de nitrógeno (N) atmosférico por especies de leguminosas. Así como también, trazar la absorción de N por los cultivos, ya sea del fertilizante aplicado como el N proveniente del suelo.

Reducir las pérdidas posteriores a la cosecha eliminando la germinación y la contaminación y prolongando el período de conservación de los productos alimenticios. El uso de la tecnología de las radiaciones para conservar los alimentos aumenta cada día en el mundo. En 37 países, las autoridades sanitarias y de seguridad de los alimentos han aprobado la irradiación de más de 40 clases de productos alimenticios, que van desde especias y granos hasta pollo deshuesado, frutas y vegetales.

Ayudar a determinar las rutas de los plaguicidas y los productos agroquímicos en el medio ambiente y en la cadena alimentaria.

Se puede seleccionar diferentes genotipos de especies con diferentes respuestas a la aplicación del fertilizante nitrogenado o fosfatado.

Conocer el comportamiento cinético de los suelos con respecto al elemento fósforo.

En la industria

La utilización de los radioisótopos y radiaciones en la industria moderna es de gran importancia para el desarrollo y mejoramiento de los procesos, para las mediciones y la automatización y para el Control de Calidad.

En la actualidad, casi todas las ramas de la industria utilizan radioisótopos y radiaciones en diversas formas en

dispositivos llamados medidores nucleares. Estos instrumentos han tenido una gran repercusión en la industria debido a la propiedad de las radiaciones ionizantes de penetrar la materia, por tanto las mediciones pueden realizarse sin contacto físico directo del sensor con el material medido.

Las mediciones pueden realizarse en línea con material en movimiento, en procesos de alta temperatura o bajo propiedades químicas nocivas; la medición es no destructiva. Pueden alcanzarse excelentes tasas costo/beneficio.

En general, los sistemas miden la radiación emitida por una fuente radiactiva después de que esta ha interactuado con el material en estudio, cambios en las dosis recibidas por el detector implican cambios en alguna propiedad del material como el espesor o la densidad.

Por otra parte, los trasadores brindan valiosa información técnica sobre la fluidodinámica de los procesos industriales mediante la incorporación de un radioisótopo al sistema que luego de mezclarse con el fluido es factible controlarlo y medirlo en diferentes puntos de control.

Las principales áreas en que pueden usarse los radioisótopos son las siguientes:

Investigación de procesos: Determinación de tiempos de residencia, velocidades, caudales, modelos de flujo;

Mezcla: Tiempos de mezcla, optimización de mezcladores, rendimiento del mezclador;

Mantenimiento: Determinación de lugares de fugas, investigación de desperfectos, transporte de materiales;

Desgaste y corrosión: Desgaste de motores, corrosión de equipos procesadores, estudios de lubricación.

Automatización: Espesores, densidades, niveles.

Entre las aplicaciones cabe destacar la radiografía X o gamma.

En el medio ambiente

Los isótopos radiactivos y estables son ideales para determinar en forma exacta las cantidades de sustancias contaminantes y los lugares donde se presentan, de igual forma permiten conocer las causas de la contaminación.

Las posibilidades de detectar contaminantes en cantidades muy pequeñas y observar su movimiento, hace que los isótopos sean un medio ideal para estudiar el desplazamiento de las sustancias contaminantes, tanto en el aire como en el suelo.

Asimismo las tecnologías de irradiación permiten abatir contaminantes tales como la carga microbiana desde aguas servidas y Iodos, así como permite la remoción de óxidos de azufre y nitrógeno desde los efluentes de centrales termoeléctricas o desde otros efluentes de procesos industriales.

La infraestructura en laboratorios y personal especializado permite realizar:

- Estudios de contaminación de aguas superficiales, aguas subterráneas, ríos, lagos y mar.
- Estudios de desplazamiento y transporte de contaminantes sólidos, líquidos, y gaseosos.
- Determinación de contaminantes en aerosoles atmosféricos a nivel trazas (ppm).
- Preparación de materiales de referencia para muestras ambientales en diferentes matrices.
- Estudios de factibilidad para descontaminación de efluentes gaseosos, aguas servidas y Iodos mediante irradiación.

Energía

La Energía es un concepto esencial de las ciencias. Esta corresponde a la capacidad de un sistema físico para realizar un trabajo. Esto quiere decir que la energía que poseen los cuerpos mide el trabajo que son capaces de realizar.

Existen varios tipos de energía. Algunas de ellas son: energía mecánica, propia de los cuerpos en movimiento; energía electromagnética, de los cuerpos que generan campos magnéticos; energía térmica, que se expresa en forma de calor, etc.

La energía se puede dividir según las fuentes que las producen en renovables o no renovables.

Son energías no renovables aquellas que son limitadas en nuestro planeta y que se agotan a medida que se consumen, por ejemplo la energía eólica, solar, etc.

Son fuentes de energía no renovables aquellas que se encuentran en forma limitada en nuestro planeta y se agotan a medida que se utilizan, por ejemplo la energía generada por el carbón, el petróleo y la energía nuclear.

A continuación nos vamos a referir a la Energía Nuclear. Específicamente su generación y aplicación en Chile.

Energía nuclear

La energía nuclear es aquella que se libera como resultado de una reacción nuclear. Esta se puede obtener por fisión por fusión de núcleos atómicos.

En las reacciones nucleares se libera una gran cantidad de energía, debido a que parte de la masa de las partículas involucradas en el proceso, se transforma directamente en energía.

Fisión

Es una reacción nuclear que tiene lugar por la rotura de un núcleo pesado al ser bombardeado por neutrones de cierta velocidad. A raíz de esta división el núcleo se separa en dos fragmentos acompañado de una emisión de radiación, liberación de 2 ó 3 nuevos neutrones y de una gran cantidad de energía (200 MeV) que se transforma finalmente en calor.

Los neutrones que escapan de la fisión, al bajar su energía cinética, se encuentran en condiciones de fisionar otros núcleos pesados, produciendo una Reacción nuclear en cadena. Cabe señalar, que los núcleos atómicos utilizados son de Uranio – 235.

El proceso de la fisión permite el funcionamiento de los reactores nucleares que actualmente operan en el mundo.

Ventajas de la energía nuclear de fisión:

- Es fiable. Las centrales nucleares se han encontrado con algunas dificultades en sus inicios, pero en la actualidad ya están corregidas. La energía de origen nuclear vio frenado su incremento a mediados de la década de los ochenta, debido a las grandes inversiones que necesita y a la sensibilización de la opinión pública mundial respecto su peligro y contaminación, a la vez que se producía una desaceleración de las expectativas de consumo de energía.

- El precio del kwh es competitivo. Si el precio de construcción de las centrales nucleares es superior al de las centrales clásicas, por el contrario, el coste de energía producida expresado en combustible es de menos de la mitad: la economía del combustible compensa ampliamente el coste de producción de las centrales nucleares.
- Permite una seguridad de provisión. El uranio contiene gran cantidad de energía en poco volumen. Una tonelada de combustible nuclear para reactores de agua ordinaria corresponde a 80000t de hulla de buena calidad. Sin embargo la utilización de la energía nuclear, según sus detractores, presenta riesgos importantes.

Desventajas de la energía nuclear por fisión:

- Agrava, en relación a las centrales térmicas, el problema de evacuación del calor no transformado en electricidad. El agua de los ríos utilizada con este fin en algunas centrales sufre un aumento de la temperatura que destruye el equilibrio ecológico.
- Produce grandes cantidades de residuos radiactivos, algunos de los cuales son de larga vida. De este modo, el almacenamiento durante siglos de estos radioelementos plantea unos problemas que siguen sin resolverse. Algunos temen fugas de consecuencias genéticas dramáticas.
- Finalmente, utilizando plutonio, elemento muy peligroso empleado también en las armas nucleares, para los sobregeneradores, se crea la necesidad de tomar medidas de seguridad muy severas, hecho que acentúa el carácter centralizador de este sistema de producción de energía.

Fusión

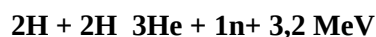
La fusión nuclear ocurre cuando dos núcleos atómicos muy livianos se unen, formando un núcleo atómico más pesado con mayor estabilidad. Estas reacciones liberan energías tan elevadas que en la actualidad se estudian formas adecuadas para mantener la estabilidad y confinamiento de las reacciones.

La energía necesaria para lograr la unión de los núcleos se puede obtener utilizando energía térmica o bien utilizando aceleradores de partículas. Ambos métodos buscan que la velocidad de las partículas aumente para así vencer las fuerzas de repulsión electrostáticas generadas al momento de la colisión necesaria para la fusión.

Para obtener núcleos de átomos aislados, es decir, separados de su envoltura de electrones, se utilizan gases sobrecalentados que constituyen el denominado Plasma Físico. Este proceso es propio del Sol y las estrellas, pues se tratan de gigantescas estructuras de mezclas de gases calientes atrapadas por las fuerzas de gravedad estelar.

El confinamiento de las partículas se logra utilizando un "Confinamiento Magnético", o bien un "Confinamiento Inercial". El Confinamiento Magnético aprovecha el hecho que el plasma está compuesto por partículas (núcleos) con carga eléctrica. Se sabe que si una de estas partículas interactúa con un Campo Magnético su trayectoria y velocidad cambian, quedando atrapadas por dicho Campo. El Confinamiento Inercial permite comprimir el plasma hasta obtener densidades de 200 a 1000 veces mayor que la de sólidos y líquidos. Cuando se logra la compresión deseada se eleva la temperatura del elemento, lo que facilita aún más el proceso de la fusión.

La fusión nuclear se puede representar por el siguiente esquema y relación de equilibrio:



Ventajas de la energía nuclear por fusión:

La energía de fusión ofrece las siguientes ventajas:

- Una fuente ilimitada de combustible, el deuterio procedente de los océanos.
- Imposibilidad de un accidente en el reactor, ya que la cantidad de combustible en el sistema es muy pequeña.
- Residuos mucho menos radiactivos y más sencillos de manejar que los procedentes del sistema de fisión.

Bibliografía

- Enciclopedia Encarta 97, 98.
- Folletos de la CCHEN.
- Anuario de 1998 de la CCHEN.
- Anuario de 1989 de la CCHEN, edición de 25 años.

Páginas de Internet:

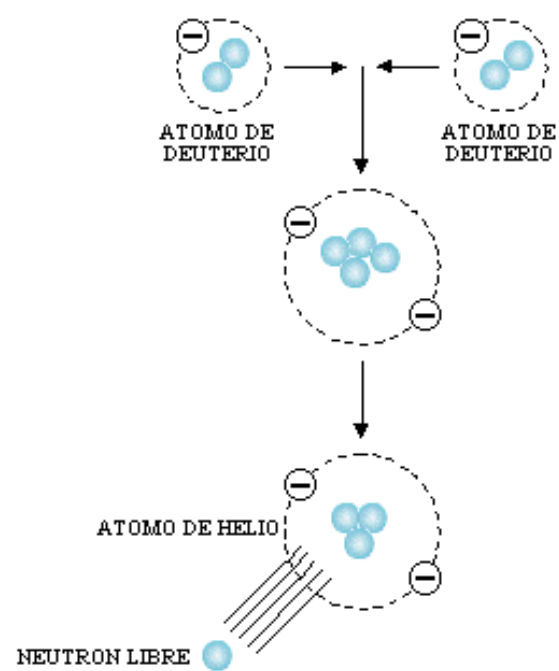
- <http://www.angelfire.com/sc/energianuclear/>
- <http://argo.urv.es/~siiq20/principal.html>
- <http://www.arrakis.es/~lallave/nuclear/index.htm>
- <http://www.cchen.cl/>
- http://members.es.tripod.de/ecoweb/energ_nuclear_historia.htm
- http://www.cchen.cl/faq/irradiacion_alimentos.html

- <http://www.energia.gob.mx/energia/termener.htm>

1

31





•