



Universidad de Buenos Aires
Facultad de Ciencias Económicas
Biblioteca "Alfredo L. Palacios"



La energía nuclear al servicio de la economía de los Estados

Laciar, Alejandro A.

1958

Cita APA:

Laciar, A. (1958). La energía nuclear al servicio de la economía de los Estados. Buenos Aires: Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Económicas

Este documento forma parte de la colección de tesis doctorales de la Biblioteca Central "Alfredo L. Palacios". Su utilización debe ser acompañada por la cita bibliográfica con reconocimiento de la fuente.

Fuente: Biblioteca Digital de la Facultad de Ciencias Económicas - Universidad de Buenos Aires

1029
H. 22216

Top. H. 22216

UNIVERSIDAD NACIONAL DE BUENOS AIRES

FACULTAD DE CIENCIAS ECONOMICAS

INSTITUTO DE ECONOMIA Y POLITICA DE LOS TRANSPORTES Y DE LA ENERGIA

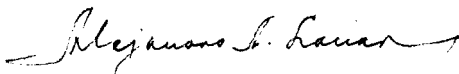
DIRECTOR: DOCTOR MANUEL M. DIEZ

TESIS DOCTORAL

TEMA:

"LA ENERGIA NUCLEAR AL SERVICIO DE LA ECONOMIA DE LOS ESTADOS"

BUENOS AIRES, 4 de diciembre de 1958.



ALEJANDRO A. LACIARI

Santa Fe 3149 - Capital

Registro No. 3621

FACULTAD DE CIENCIAS ECONOMICAS

LA ENERGIA NUCLEAR
AL SERVICIO DE LA ECONOMIA DE LOS ESTADOS

La energía nuclear, por sus características y posibilidades, tiene una incidencia preponderante en la economía de los Estados y por ende, en el progreso de la humanidad. La mera enunciación conceptual de algunos de sus aspectos, tal como se hace a continuación en forma sintética, corrobora palmariamente lo expresado.-

I.- ENERGIA NUCLEAR: GENERALIDADES.-

El concepto evolutivo de la materia llega a Demócrito (460-370 antes de J.C.), para quien el mundo estaba formado por partículas indivisibles: los átomos.

En 1899, Rutherford determina que, los cuerpos radioactivos emiten rayos alfa, beta y gamma y que, en consecuencia, el átomo es divisible y está constituido por un sistema planetario en miniatura: en el centro, como un sol, se halla el núcleo del átomo y a grandes distancias, girando como planetas a velocidades vertiginosas, se hallan los electrones.

La radioactividad permite, también, determinar que en el núcleo de los átomos reside una poderosa energía: la energía atómica o nuclear, cuya valoración se puede hacer mediante la fórmula de Einstein:

$$E = m c^2$$

En esta fórmula, representa:

E : La energía, en ergios.

m : La masa, en gramos

c : La velocidad de la luz, en centímetros por segundo (30.000 millones de cm/s).

Así se ha establecido que, un gramo de masa equivale a:

- 900 trillones de ergios,
- 22 billones de calorías,
- 25 millones de kilovatios - hora.-

II.- GENERACION DE ENERGIA NUCLEAR.-

La energía nuclear se puede obtener de dos maneras:

A) Por fisión nuclear (Desintegración de los átomos).

B) Por fusión nuclear (Síntesis de los átomos).

- A) Por fisión nuclear.- Se obtiene por el bombardeo de neutrones sobre elementos pesados, como el Uranio-235, ó el Plutonio - 239, provocando su transformación en otros elementos más ligeros, con desprendimiento de una energía considerable.

Así se logró fabricar la primera bomba atómica, llamada "Bomba A", cuya potencia pudo probarse en las explosiones en el Japón: de Hiroshima y Nagasaki (6 y 9 de agosto de 1945), que pusieron fin a la II Guerra Mundial (1939 - 1945), con un saldo de dos importantes ciudades aniquiladas, 130.000 muertos y 70.000 heridos.-

- B) Por fusión nuclear.- En este caso el bombardeo de neutrones se realiza sobre elementos muy ligeros, como el hidrógeno, el helio y el litio, que se fusionan formando un elemento más pesado, liberando una energía, aproximadamente, 2.000 veces superior, a la generada por la fisión nuclear.-

III.- ELEMENTOS NECESARIOS PARA GENERAR ENERGIA NUCLEAR.-

La generación de energía nuclear, puede ser:

- a) Controlada (Reactor)
- b) Incontrolada (Bomba atómica)

El reactor (o pila) nuclear es el dispositivo en el cual se genera energía por la fisión del uranio, plutonio u otro material fisionable, en condiciones predeterminadas.

IV.- APLICACIONES DE LA ENERGIA NUCLEAR.-

Se pueden considerar en dos aspectos:

- A) Para la guerra.
 - B) Para la paz.
- A) Para la guerra.- En este caso, se emplean las bombas atómicas:
- 1) Bomba A (Fisión nuclear)
 - 2) Bomba H (Fusión nuclear)
- con sus poderosos efectos, causados por las presiones, temperaturas y radiaciones que se originan.
- B) Para la paz.- Los múltiples y variados efectos que se obtienen de la energía nuclear:
- a) Acrecentando o creando actividades industriales, mediante una mayor y oportuna disponibilidad de energía eléctrica.
 - b) Posibilitando el cultivo de zonas áridas y mejorando las cultivadas.
 - c) Permitiendo a la medicina el diagnóstico de muchas enfermedades y la terapéutica de otras.

- d) Aumentando la eficacia de los alimentos y contribuyendo a su mayor conservación.
- e) Permitiendo a los transportes (terrestres, acuáticos y aéreos) mayores velocidades y autonomía, economizando ingentes cantidades de los combustibles clásicos.
- f) Etc.

todo lo cual, contribuye a que la energía nuclear, sea considerada, una panacea de los tiempos actuales, al acrecentar el desarrollo de los pueblos, contribuyendo al bienestar de la humanidad.-

V.- ECONOMIA Y POLITICA.- Las necesidades energéticas del mundo, crecen aceleradamente; mientras que, las reservas de los combustibles clásicos continúan su ritmo de agotamiento, estimándose la duración probable de:

2.500 años: Para los combustibles sólidos (carbón y lignito)

32 años: Para el petróleo.

30 años: Para el gas natural.

Por otra parte, se calcula que las reservas de combustibles nucleares (uranio y torio), pueden satisfacer las necesidades energéticas del mundo durante cuatro millones de años. En consecuencia, la contribución de la energía nuclear, en este rubro de la economía, es muy importante y debe ser motivo de una cuidadosa política nacional e internacional.-

VI.- SITUACION ENERGETICA DE LA REPUBLICA ARGENTINA.-

En comparación con otros países del mundo, la Argentina resulta de los de más bajo consumo energético unitario, en relación con su nivel de ingreso.

Por ejemplo, en 1955:

<u>País</u>	<u>Consumo por persona(kwh)</u>
Noruega	6.650
Canadá	5.420
Estados Unidos	3.800
Suecia	3.400
Argentina	300

En consecuencia la Argentina debe aumentar su producción energética, para lo cual dispone de los combustibles clásicos. Además, no debe descuidar su problema energético nuclear, para lo cual dispone, también, de los combustibles pertinentes, debiendo empezar por instalar una "planta piloto".-

VII.- CONCLUSIONES.-

En la actualidad, el mundo se encuentra dividido en dos bloques: Oriente y Occidente, con tendencias divergentes. La energía nuclear, factor importantísimo, tanto para la paz como para la guerra, es motivo de profundas investigaciones de ambas partes, para acrecentar sus posibilidades.

En esta situación, parece que la relación entre materia y energía, sobre la que se especula en la actualidad,

ya no fuera suficiente y se elucubra sobre la relación entre el tiempo y la carga electrónica, para la consecución de una cadena en reacción exponencial, con posibilidades inimaginables.-

Alejandro J. Lario

UNIVERSIDAD NACIONAL DE BUENOS AIRES
FACULTAD DE CIENCIAS ECONOMICAS

INSTITUTO DE ECONOMIA Y POLITICA DE LOS TRANSPORTES Y DE LA ENERGIA

DIRECTOR: DOCTOR MANUEL M. DIEZ

1029
H. 22216
Top. H. 22216
L1

TESIS DOCTORAL

TEMA:

"LA ENERGIA NUCLEAR AL SERVICIO DE LA ECONOMIA DE LOS ESTADOS"

BUENOS AIRES, 4 de diciembre de 1958.

Alejandro A. Laciari

ALEJANDRO A. LACIARI
Santa Fe 3149 - Capital
Registro N.º. 3621

LA ENERGIA NUCLEAR
AL SERVICIO DE LA ECONOMIA DE LOS ESTADOS

- I N D I C E -

	<u>Pág.</u>
I.- <u>ENERGIA NUCLEAR. GENERALIDADES:</u>	1
1) Orígenes de la materia.....	1
2) Orígenes del átomo	8
3) Estructura del átomo	10
4) Energía	27
5)-Fuentes de energía	29
6) Energía nuclear	31
II.- <u>GENERACION DE ENERGIA NUCLEAR:</u>	36
1) Radioactividad	36
2) Elementos radioactivos	37
3) Radioactividad inducida	41
4) Radioactividad artificial	41
5) Forma de obtener la energía nuclear	45
A) Por fisión nuclear:	45
a) Generalidades	45
b) Pilas o reactores nucleares	47
c) Moderadores	48
d) Emisión de neutrones	49
e) Reacción en cadena	50
f) Factor de reproducción	51
g) Primerabomba atómica: Bomba A	51

	<u>Pág.</u>
B) Por fusión nuclear:	52
a) Generalidades	52
b) Energía que se libera	54
c) Experiencias realizadas	56
d) Utilización de las explosiones termonucleares.....	57
e) Nuevos procedimientos de fusión atómica....	59
6) Fisión contra fusión - Uranio contra hidrógeno:..	66
a) Comparación de la Bomba A con la Bomba H...	66
b) Efectos de la explosión atómica	68
c) Ventajas de la energía termonuclear	70
III.- <u>ELEMENTOS NECESARIOS PARA GENERAR ENERGIA NUCLEAR:..</u>	<u>73</u>
1) Generalidades	73
2) Reactores nucleares:	74
a) Definición	74
b) Constitución	75
c) Clasificación	76
d) Aplicaciones	83
3) Materiales e instalaciones para reactores nucleares:.....	85
a) Combustible	85
b) Moderador	88
c) Reflector	89
d) Materiales de protección	89
e) Portador de calor	90
f) Materiales de construcción	90

	<u>Página</u>
g) Equipos de control de la potencia del reactor.	91
h) Aparatos dosimétricos	92
IV.- <u>APLICACIONES DE LA ENERGIA NUCLEAR:</u>	94
A) Para la guerra:	95
1) Bomba atómica	95
2) Bomba de hidrógeno	97
3) Armas de la guerra radiológica	97
B) Para la paz;.....	99
1) Industria	100
2) Agriculturae.....	101
3) Medicina:	103
a) Diagnóstico de enfermedades	103
b) Aplicaciones terapéuticas	104
4) Biología	105
5) Química:.....	108
a) Polimerización	108
b) Halogenización	109
c) Oxidación	110
6) Metalurgia	110
7) Electricidad	112
8) Alimentación	116
9) Conservación de los alimentos:	118
a) Pasteurización	118
b) Esterilización.....	118
10) Transportes:	119
A) Transportes terrestres:	120

	<u>Pág.</u>
a) Por ferrocarril	120
b) Por carretera	122
B) Transportes acuáticos:	122
a) Barcos de superficie	123
b) Submarinos	124
C) Transportes aéreos	125.
V.- <u>ECONOMIA Y POLITICA:</u>	127
<u>ECONOMIA:</u>	127
1) Generalidades	127
2) Necesidades energéticas	129
3) Recursos energéticos	132
4) Costo de la nucleoelectricidad:.....	136
A) Sistemas de producción:	136
a) Uranio enriquecido y agua natural	137
b) Uranio natural y grafito	137
c) Uranio natural y agua pesada	137
B) Factores de la producción:.....	138
a) Cargas fijas	138
b) Combustible	139
c) Explotación y conservación	139
C) Costo de las centrales	140
D) Costo del kilovatio-hora (kwh).....	141
5) Comparación entre centrales nucleoelectricas y termoelectricas, y conclusiones	142
<u>POLITICA</u>	144

	<u>Pág.</u>
VI.- <u>SITUACION ENERGETICA DE LA REPUBLICA ARGENTINA:</u>.....	147
A) Fuentes clásicas:.....	147
1) Reservas hidráulicas	148
2) Petróleo y gas natural	148
3) Combustibles sólidos (Minerales y vegetales).	149
B) Consumo:	150
1) Distribución del consumo	150
2) Energía eléctrica instalada y producida	151
3) Déficit de energía eléctrica	152
4) Previsiones	153
C) Energía nuclear:	155
1) Instalaciones	157
2) Combustibles	159
3) Previsiones	159
4) Legislación:.....	160
a) Importancia del problema.....	160
b) La cuestión Institucional	161
c) El Código Nacional de la Energía	161 ²
d) La Dirección Nacional de la Energía	161 ¹
e) Reorganización del Ministerio de Comercio e Industria	164
f) Legislación sobre energía nuclear	165
VII.- <u>CONCLUSIONES:</u> /.....	166
A) Estado actual de la técnica nuclear	167
B) La Economía y la energía nuclear:	170

	<u>Pág.</u>
a) Situación universal	170
b) Situaciones nacionales:.....	172
1) Países desarrollados	172
2) Países subdesarrollados	173
c) Futuro de la energía nuclear	174
VIII. <u>BIBLIOGRAFIA</u>	180

LA ENERGIA NUCLEAR AL SERVICIO
DE LA ECONOMIA DE LOS ESTADOS.

I.- ENERGIA NUCLEAR: GENERALIDADES

- 1) ORIGENES DE LA MATERIA.- A través del decurso de los siglos, las civilizaciones han venido elaborando sus creencias, ideas y conocimientos sobre la constitución de la materia. Se llega, en este estado de cosas, al siglo VI antes de la Era Cristiana, época en la que los pensadores griegos se proponen someter a examen racional el conjunto de creencias, ideas y conocimientos imperantes hasta ese momento.-

Así pues, surgió el interrogante fundamental:
¿De qué está hecho el mundo?

Las poderosas mentes griegas se movilizan para estudiar esta inquietante pregunta y estructurar la correspondiente respuesta. En tal concepto, se formulan las siguientes teorías:

- a) Tales de Mileto (624 a 546 antes de J.C.). Este filósofo griego fué uno de "Los Siete Sabios de Grecia" (Solón, Bías, Quilón, Cleóbulo, Pitaco, Perianδρο y Tales) y según Aristóteles, el "Fundador de la Filosofía Griega".-

Tales al observar que el principal sustento de los animales y plantas era la humedad, pensó que era el agua el elemento o materia primaria de que

están hechas las cosas, o mejor dicho, lo húmedo, del cual las cosas son alteraciones, condensaciones o dilataciones.-

- b) Anaxímenes de Mileto (588 a 524 antes de J.C.). Fué el último filósofo de la ciudad de Mileto (ciudad de Jonia, fundada en 1155 antes de J.C. y caída el año 494 antes de J.C. en manos de los persas), vuelve a identificar el principio inagotable del mundo a una materia determinada, al aire. El aire recubre todo el orden del universo al modo como lo ilimitado contiene lo limitado, pero este recubrimiento no se efectúa, según Anaxímenes, como los estático cubre lo dinámico. Por el contrario, el aire es el elemento vivo y dinámico; es, como el alma humana, un aliento o un hálito, que se opone a la pasividad de la materia y que, al mismo tiempo, la informa.-
- c) Heráclito de Efeso (535 a 475 antes de J.C.). Efeso: Ciudad del Asia Menor, célebre por su templo de Diana.-

Este filósofo, fué llamado "El oscuro" a causa de la difícil concisión de su estilo.-

Siguiendo la tradición de la filosofía jónica, Heráclito busca un "principio" y lo encuentra en el fuego, pero el fuego no es tanto para él un elemento material que se halla en el substrato de las cosas como una norma y una regla; el fuego es, efectivamente, algo que existe, que se transforma, al con

densarse, en agua y en tierra y que, al enrarecerse la tierra, hace que se convierta nuevamente en agua y fuego, pero más allá de su materialidad hay en el fuego un fundamento que es, por así decirlo, el principio del cambio y el cambio mismo. Todo fluye y cambia perpetuamente; no hay un ser rígido, único e inmutable, sino una perpetua fluencia, un eterno devenir y movimiento.-

- d) Pitágoras de Samos (560 a 470 antes de J.C.). Samos: Isla del mar Egeo.-

Pitágoras era partidario de la metempsicosis; es decir, de la doctrina religiosa y filosófica según la cual transmigran las almas después de la muerte a otros cuerpos más o menos perfectos, conforme a los merecimientos alcanzados en la existencia anterior.-

Pitágoras, abandonando la idea de un único elemento generador de la materia, sostuvo que los elementos eran cuatro: tierra, agua, aire y fuego, derivados de la combinación de cuatro cualidades, a saber: sequedad, humedad, frío y calor. El criterio precitado, fué desarrollado, un siglo más tarde, por Empédocles de Agrigento (490 a 430 antes de J.C.) y aceptado, posteriormente, por Aristóteles (384 a 322 antes de J.C.), llamado el Estagirita (por haber nacido en Estagira, Macedonia), discípulo de Platón y preceptor de Alejandro Magno. Este criterio fué el que cristalizó y perduró has-

ta el Renacimiento (siglos XV y XVI), o sea durante dieciocho siglos.-

- e) Los alquimistas.-- Alquimia: Ciencia quimérica que trata de las investigaciones que tienen por objeto hallar la piedra filosofal o arte de transmutar en oro otros metales por medio de operaciones químicas.

La idea de que todas las substancias estaban constituidas por los cuatro elementos antes citados (tierra, agua, aire y fuego), tomó arraigo en el mundo antiguo hasta el punto de dar pie a que se creyera posible la transformación de unos materiales en otros.-

La variabilidad de los metales era para los alquimistas, por decirlo así, lo primero que la experiencia enseñaba. En la época de los alquimistas todavía no se conocía el concepto actual de "elemento químico" (Elementos: Substancias que no pueden ser desdobladas en otras diferentes por ninguno de los métodos físicos o químicos que están a nuestra disposición), existiendo sobre el particular gran confusión, ya que de una parte dominaba todavía la teoría de Aristóteles, según la cual todas las substancias estaban compuestas de: tierra, agua, aire y fuego; mientras que de otra parte predominaba ya la de Paracelso (célebre médico y químico suizo, 1494-1541), según la cual, los elementos eran: el mercurio, el azufre, la sal, la tierra y el agua. Para obtener oro bastaría, por consiguiente, quitar

de los metales inmóviles algunas propiedades y comunicarles otras. Como substancia fundamental de los metales consideraban los alquimistas al mercurio; según ellos para obtener de este metal el oro, bastaría hacerla resistente a las altas temperaturas y teñirlo de amarillo. Sin embargo, muchos alquimistas estaban convencidos de que para realizar lo que ellos denominaban la "gran obra" se necesitaba el concurso de un poder superior.-

- f) Teorías posteriores.- En 1661, sometió Roberto Boyle (Filósofo, físico y químico inglés, 1627-1691. Discípulo de Bacon; propagó el método experimental) a una crítica aguda y sagaz las opiniones entonces predominantes sobre el concepto de elemento, llegando a la conclusión de que ni los elementos aristotélicos ni los de los alquimistas podían ser considerados como verdaderos elementos. No obstante, tampoco llegó el autor a encontrar la solución exacta.

Sólo cien años más tarde, en 1789, dió Antonio Lorenzo Lavoisier (débile químico francés, 1743-1794), no sólo la definición actual de elemento sino también el medio decisivo para reconocer si una substancia era o no elemental.-

Las investigaciones hasta ahora descriptas han permitido dar un gran paso en la resolución de un problema planteado durante tantos siglos como es el de la unidad de la materia.-

Ya en la Filosofía griega se encuentra expresada la hipótesis de que todas las sustancias derivan de una sustancia única, la "sustancia fundamental", y que la diversidad que se observa en el mundo material es debida a la diferente disposición y forma de las partículas mínimas de dicha sustancia fundamental.-

Sin embargo, la investigación científica experimental del siglo XVII y una gran parte del XIX no adujo ninguna prueba a dicha hipótesis, trayendo consigo, en cambio, la diferenciación de la materia en un número cada vez mayor de elementos, si bien nunca dejó de admitirse que los elementos que la Química enseñaba a reconocer como tales pudieren ser a su vez descomponibles en otros componentes desiguales, posibilidad que se realizó a veces.-

La primera sospecha en favor de la existencia de una materia fundamental la produjo el descubrimiento del sistema periódico de los elementos en el año 1870. Los que más contribuyeron al desarrollo de la clasificación periódica fueron Lotario Meyer, alemán, y sobre todo Demetrio Mendaleeff, ruso, quien hace a las cualidades químicas de los elementos, funciones periódicas de los pesos atómicos.-

La notable periodicidad de las propiedades de los elementos en relación con sus pesos atómicos, tal como se pone de manifiesto en dicho sistema, condujo a la admisión de una sustancia fundamental,

de la cual serían polímeros (un cuerpo se dice polímero de otro, cuando la fórmula de éste está incluída varias veces en la de aquél) los denominados elementos, que eran indescomponibles por los medios a nuestra disposición.-

Las investigaciones de Moseley trajeron consigo, en los últimos años, una variación en el principio que sirve de base a la ordenación, pues se ha visto que es preciso ordenar los elementos según su carga nuclear, en lugar de hacerlo según su peso atómico, como lo hicieron Meyer y Mendeleeff. Prácticamente se llega de este modo casi al mismo resultado, ya que la carga nuclear y el peso atómico crecen, casi siempre, paralelamente.-

En realidad, la concepción científica de la materia tiende a alejarse cada vez más de la noción de materia como lo indeterminado puro; la materia es concebida en ella como algo que se presenta ya indefectiblemente con propiedades, sean éstas de caracter estático, dinámico o energético.-

La materia es entonces, como substrato universal de todos los seres reales, aquello que posee por sí mismo una existencia absoluta y que, consiguientemente, puede determinarse en las múltiples formas que adopta, desde los cuerpos hasta los espíritus, desde la substancia inorgánica hasta la vida psíquica. La materia no es entonces lo que se opone a la forma, sino lo que lleva en su seno todas las formas posibles.-

2) ORIGENES DEL ATOMO.- La inquietud constante de Físicos y Químicos (La Física se ocupa de los cambios o transformaciones temporales de las sustancias, y la Química de los permanentes. Se denominan sustancias los objetos accesibles a nuestra observación, cuando se precinde de su tamaño y forma. Si además, se fijan el tamaño y la forma, entonces se trata de cuerpos), desde la más remota antigüedad puesta de manifiesto en los innumerables estudios y continuas investigaciones, ha permitido establecer dos orientaciones, en cuanto se refiere a la estructura de la materia (sustancia de las cosas):

- a) Los filósofos Empédocles (490 - 430 antes de J.C.), y Anaxágoras (499 - 428 antes de J.C.) admitían que la materia puede imaginarse divisible hasta lo infinito, y la partícula más pequeña que pueda obtenerse siempre será para nuestra imaginación divisible todavía en infinito número de partes.-

- b) En cambio, los filósofos llamados "Atomistas", Leucipo (Fundador de la Escuela de Abdera) y Demócrito (460 - 370 antes de J.C., también de Abdera y discípulo de Leucipo) consideraban al mundo como formado por partículas que ya no pueden dividirse más, los átomos (indivisibles), los cuales están formados por la misma sustancia fundamental, y difieren, por tanto, no en su esencia, sino en el tamaño y la forma.-

Frente a la explicación teleológica (Teleología: Doctrina de la finalidad, de las causas finales y, particularmente, la explicación de la realidad natural a partir de estas causas) de la Naturaleza, de Anaxágoras, se encuentra la concepción mecanicista del universo de Demócrito, el representante del atomismo en sentido moderno.-

Demócrito establece como "principios" lo lleno y lo vacío, es decir, el ser y el no ser. El "ser" son los átomos, cuyo número es infinito, diferenciándose se entre sí no por las cualidades sensibles, sino por su orden, figura y posición. Los átomos son elementos cuyas determinaciones generales son geométricas y, por ende, cuantitativas; su movimiento se efectúa en el vacío, que es, por así decirlo, el lugar de los cambios y no la simple nada, pues el vacío existe de un modo efectivo, aunque en forma distinta del ser sólido y lleno que son los átomos.-

Ahora bien, el movimiento que tiene lugar en el vacío no es impulsado por una fuerza externa, que junta o disgrega las cosas; los átomos son eternos e incausados porque son lo primero a partir de lo cual las cosas llegan a la existencia, pero su eternidad pertenece también a su movimiento, que se efectúa así de un modo enteramente mecánico, con un riguroso encajamiento causal que no es un simple azar, pues "todo acontece por razón y necesidad". Los átomos constituyen el ser de "las cosas que son". La solución dada por De

mócrito es con ello una de las grandes soluciones clásicas al problema del ser y en particular al problema del movimiento, solución tanto más aguda cuanto que conserva por partes iguales la necesidad racional de un ser inmóvil y la comprobación empírica de un mundo que se mueve.-

La importancia de Demócrito se manifiesta en el hecho de que su doctrina pasa muy pronto de ser una teoría sobre la realidad a ser una total concepción del mundo.-

La filosofía atómica marca la culminación del primer gran período de la ciencia griega y aunque es cierto que Epicuro y Lucrecio la retomaron, hay que esperar muchas siglos hasta que sabios como Galileo y Newton vuelvan a considerarla seriamente.-

La primera teoría atómica realmente científica la propuso Juan Dalton (célebre químico inglés, 1766 - 1844), hacia 1808. Según ella, los átomos de cada elemento eran idénticos, pero su peso era distinto del de los átomos de otros elementos; al combinarse átomos de distintos elementos, se formaban sustancias llamadas compuestos. Complementada por estudios posteriores de muchos sabios, como Gay-Lussac, Avogadro, etc. la teoría daltoniana sigue siendo base de la química general hasta nuestros días, aunque naturalmente no lo es de la moderna física nuclear.-

3) ESTRUCTURA DEL ATOMO.- Entre 1905 y 1908, Einstein y

Minkowski introducen cambios fundamentales en las ideas sobre el tiempo y el espacio. En 1911, Rutherford introdujo, a su vez, una modificación total en las ideas sobre la materia, la más grande que se ha conocido desde los tiempos de Demócrito.-

La teoría nuclear del átomo, de Rutherford, no es generalmente considerada una de las grandes revoluciones científicas del siglo presente. Es un descubrimiento de gran trascendencia, pero que, en rigor, cae dentro del marco clásico de la física. La naturaleza y el significado del descubrimiento pueden ser establecidas en términos corrientes, es decir, en términos de conceptos científicos ya conocidos. El epíteto "revolucionario" se reserva, por lo general, a dos grandes teorías modernas:

- a) La teoría de la Relatividad;
- b) La teoría de los Cuantos.

Estos, no sólo son nuevos descubrimientos en lo que atañe al contenido del mundo, sino que implican cambios en la manera de concebir el mundo. Resulta imposible definirlos en términos de comprensión inmediata, porque primero es necesario adueñarse de nuevos conceptos que, no podían preverse en el marco de la física clásica.-

La idea general que le sirve de base a la expresión "física clásica", es que el marco de las leyes naturales establecidas por Newton en su "Principia" cons

tituía algo así como un modelo al cual podían adaptarse los descubrimientos ulteriores. Dentro de este marco era posible llevar a cabo grandes cambios en el modo de considerar los fenómenos. Así, por ejemplo:

- a) La teoría ondulatoria de la luz suplantó a la teoría corpuscular.
- b) Dejó de considerarse el calor como substancia (fluido calórico) para concebirse como energía de movimiento.-
- c) La representación de la electricidad como "centros" de tensiones en el éter substituyó al antiguo concepto de fluido continuo.-

Todos los ejemplos expuestos cabían dentro del perímetro elástico del marco original. El que los mismos conceptos pudieran aplicarse para explicar categorías más amplias de fenómenos, patentiza la generalidad de la concepción de Newton.-

Ahora bien, antes del descubrimiento del radio, se consideraba al átomo indestructible e inmutable. Fué la radioactividad la que permitió el estudio de la estructura atómica.-

Radio.- Fué descubierto por Mme. Curie en 1898, lo extrajo de la pechblenda de Joachimstal (Bohemia), mineral baritífero, donde hay 2 ó 3 mgr. por tonelada.

Radioactividad.- Este nombre fué dado por Enrique Becquerel al descubrirla en 1896, en ciertas sales de uranio por su acción sobre una placa fotográfica: en el mismo año demostraba que la radioactividad del uranio es una propiedad atómica, no molecular; por lo mismo se tiene a los cuerpos radioactivos como elementos, no como compuestos.-

El Profesor Rutherford sometió en 1899 la radiación de los cuerpos activos a un estudio minucioso. Al pasar la radiación por hojas metálicas de diferentes espesores se separaron tres categorías de rayos, denominados por Rutherford: Rayos alfa, beta y gamma; el orden correspondía a sus poderes de penetración. Todas las sustancias activas emiten una o varias de estas radiaciones.-

Rayos alfa.- Se comportan como proyectiles animados de gran velocidad (aproximadamente $1/20$ de la de la luz. Velocidad de la luz: 300.000 km/s) y cargados de electricidad positiva. Rutherford ha demostrado que dichos rayos son de hecho átomos de helio con dos cargas positivas o, dicho de otro modo, que han perdido dos electrones. Esto explica por qué en los minerales radioactivos se encuentra siempre helio. Los rayos alfa son poco penetrantes y poco desviados por un campo magnético.-

Rayos beta.- Son fuertemente desviados en el campo magnético y poseen un poder penetrante muy diverso, pero siempre más elevado que el de los rayos alfa. Determinadas especies de rayos beta pueden atravesar una chapa de aluminio de 1 cm. de espesor.

Los rayos beta son electrones, es decir corpúsculos de electricidad negativa.-

Rayos gamma.- No son absolutamente desviados por el campo magnético, poseyendo en cambio un poder de penetración muy elevado, ya que no son absorbidos ni por una placa de plomo de varios centímetros de espesor; dichos rayos forman una parte muy pequeña de la radiación total.-

Rayos Millikan.- El Dr. R.A. Millikan anunció, en 1925, el hallazgo de unos nuevos rayos que él llamó "penetrantes", sospechados ya por Rutherford (1903). La frecuencia de estas radiaciones electromagnéticas es 100 veces mayor que la de los rayos gamma. Su poder penetrante es enorme, pues llegan a atravesar una plancha de plomo de 2 m. de espesor, mientras que el alcance de los rayos gamma se limita a 15 ó 20 cm.

Estos rayos tan duros son causa de otras radiaciones más blandas al herir los objetos materiales, nos llegan igualmente de todas partes y en todos los instantes; y por lo mismo supone Millikan que son de origen cósmico y producidos tal vez, en la transformación del helio en hidrógeno. Para Nernst su origen está en la vía láctea.-

Los fenómenos radioactivos habían revelado, entonces, que el átomo, lejos de ser una partícula indivisible del universo, era todo un complejo sistema de donde podían salir:

Rayos alfa (Partículas alfa)

Rayos beta (Electrones)

Rayos gamma.

Pero, ese complejo sistema que constituía el átomo ¿Cómo estaba estructurado? Para investigar sobre el particular, Rutherford, en 1911, tuvo la idea de bombardear un trozo de materia (o sea un conjunto de átomos) con los proyectiles alfa lanzados por un cuerpo radioactivo, a fin de que estos proyectiles obraran como verdaderas sondas para explorar el seno mismo de los átomos.-

La fructífera experiencia permitió determinar que:

- a) El átomo no es una esfera hueca, con los electrones dentro, como imaginaba Thomson (sistema estático).
- b) El átomo, tampoco, es una esfera compacta.
- c) El átomo es, más bien, un sistema planetario en miniatura: en el centro, como un Sol, se halla el núcleo del átomo, partícula que tiene casi todo el peso del átomo; a grandes distancias, girando como planetas a velocidades vertiginosas, se hallan los electrones (sistema dinámico de Rutherford).

Además de las conclusiones precisadas, Rutherford

pudo determinar que, las partículas que atraviesan la materia (proyectiles alfa) sin alterar su dirección revelan que los átomos son sistemas en los cuales el vacío predomina muchas veces sobre los espacios ocupados por partículas masivas. Por otra parte, la atracción de los electrones intraatómicos no podría modificar la trayectoria de un proyectil alfa dotado de elevada velocidad (20.000 km/s) y más de 7.000 veces tan pesado como uno de ellos. Ahora bien las partículas desviadas, ponen de manifiesto, la presencia en el átomo de un pequeño núcleo masivo, cargado positivamente que actuaría como centro de repulsión sobre las partículas alfa, portadoras de cargas igualmente positivas. Estas experiencias le permitieron a Rutherford llegar a un notable resultado: Considerando como unidad la carga del electrón, comprobó que el número de las cargas elementales del núcleo era igual al número atómico; es decir, al número que asigna al elemento su lugar en la clasificación periódica (Tabla de Mendelejeff), siendo 1 para el más liviano, el hidrógeno, y 92 para el uranio, el más pesado de los elementos naturales.-

Por otra parte, siendo el átomo normal eléctricamente neutro, su región extranuclear debe poseer tantas cargas negativas (electrones) como cargas positivas tiene el núcleo. El átomo de hierro, por ejemplo, cuyo núcleo posee 26 cargas positivas, tiene 26 electrones que las neutralizan.-

Rutherford concebía el núcleo de hidrógeno

formado por un protón y admitía que los núcleos de todos los elementos constan de un apretado grupo de protones, cuyo número varía de acuerdo con los pesos atómicos de los elementos. El protón posee una carga eléctrica positiva, de igual magnitud pero de signo opuesto a la carga del electrón; su masa, empero, es mucho más elevada que la de éste: un protón equivale a 1840 electrones.-

En 1932, el físico inglés Chadwick, estableció que el núcleo atómico contenía, además de protones, una partícula pesada, dotada de una masa casi igual a la del protón y desprovista de carga eléctrica, por cuya razón denominó a esta partícula: neutrón.-

En tal estado de cosas, el físico alemán Heisenberg consideró, en 1932, que el núcleo estaba constituido por protones, en número igual al número atómico, con la responsabilidad de la carga del núcleo; y por neutrones, que son los que completan la masa nuclear; de acuerdo con el peso atómico del elemento.-

Dentro de un mismo número atómico, cabe un número menor o mayor de neutrones, cuyo único efecto será hacer menor o mayor el peso del núcleo y por tanto resultarán otros tantos isótopos de un mismo elemento, cuyas propiedades químicas todas y muchas físicas serán las mismas. La denominación de isótopos se debe al químico Frederick Soddy, a los elementos dotados de igual número de electrones (lo que determina la identidad de sus propiedades químicas), y caracterizados por

distintos pesos atómicos (lo que revela la distinta composición de sus núcleos).

En cuanto al peso del átomo, se puede decir que es sensiblemente igual al peso del núcleo, o sea, al peso de los protones más el de los neutrones del núcleo, por cuanto no se considera el peso de los electrones, que apenas tienen peso.-

El núcleo atómico representa materia extraordinariamente condensada; su diámetro, en efecto, es del orden $1/10^{12}$ mm., siendo el del átomo de $1/10^8$ mm.: por lo mismo la densidad del núcleo viene a ser prácticamente de: $(1/10^8 : 1/10^{12})^3 = 10^{12}$ o sea un billón de veces la del átomo. Dicha densidad es millares de millares de veces mayor que la de los cuerpos más densos conocidos.-

En el sistema planetario atómico de Rutherford, se considera que los electrones (corpúsculos negativos) giran alrededor del núcleo, del cual están separados por grandes distancias, a velocidades vertiginosas. Según investigaciones hechas por Uhlenbeck, y Goudsmit, los electrones no sólo giran alrededor del núcleo, sino también de sí mismos, movimiento análogo al de la rotación diaria de la tierra, al periódico del sol, de los planetas, etc.: en ambos giros se comportan como si fueran corrientes eléctricas circulares, a modo también de pequeños imanes: los cuales poseen su momento magnético respectivo, el orbital y el llamado "spin" del electrón. De aquí la serie de fenómenos (atraccio-

nes y repulsiones), entre unos y otros corpúsculos, com
plicándose por la disimetría de los mismos núcleos.-

La representación de Rutherford implica ines
tabilidad esencial espontánea en el átomo; porque el e
lectrón que gira alrededor del núcleo, acabará por pre
cipitarse sobre éste, porque, al perder energía en su
rotación, según la electrodinámica clásica, la circun-
ferencia de giro se irá achicando continuamente, des-
cribiendo una espiral. Esta inestabilidad del átomo,
que de ninguna manera es admisible, evitó Niels Bohr
(1913) apoyándose en la teoría cuántica de Max Planck.-

Teoría cuántica de Max Planck.- El físico alemán Max
Planck admitió, en 1900, que la energía radiante no
es emitida por su fuente ni absorbida por la materia,
en forma de flujo continuo, infinitamente divisible,
sino de manera discontinua, en pequeños manojos, en
cantidades finitas. Todo ocurre como si, después de
haber emitido un tren de ondas, el átomo se detuvie
ra antes de enviar otro. La radiación, y en general
cada intercambio energético, posee una estructura
discontinua, variando a saltos, escalonadamente,
siendo cada peldaño el producto de la frecuencia de
la radiación considerada y de una constante de la
naturaleza: la célebre constante de Planck. Estos
escalones o granos de energía son los cuantos.-

La constante de Planck, el cuanto elemental
h, es el que mide los saltos en los intercambios de

energía; su valor numérico es sumamente pequeño:
 $6,55/10^{27}$.-

Bohr supone que los electrones que giran alrededor del núcleo, lo hacen en círculos planos concéntricos (pero siempre determinados por la carga del núcleo o sea de su número atómico), que partiendo del más interno, se señalan por su número de orden. Es decir que, los electrones giran en torno del núcleo atómico, pero circulan únicamente sobre órbitas tales que sus impulsos resultan determinados por múltiplos enteros de la constante de Planck.-

Pero, la teoría de Bohr dejaba un interrogatorio sin respuesta: ¿Por qué los electrones pueden, solamente, mantenerse sobre una trayectoria permitida por la constante de Planck?

El francés Louis de Broglie aclaró, en 1923, este interrogante, estableciendo que: Cada electrón va acompañado por un tren de ondas y circula sólo en órbitas de tamaño tal que el tren de ondas pueda caber en ellas, es decir, pueda cerrarse. Si no se cerrara, las ondas sucesivas se neutralizarían, destruyéndose. Por ello, la circunferencia de una órbita tiene que ser un múltiplo entero de la longitud de la onda que acompaña al electrón. Ahora bien, las únicas órbi

tas compatibles con las aludidas ondas estacionarias son idénticas con las órbitas cuantificadas de los electrones en el modelo de Bohr. Este descubrimiento explica por qué en el interior del átomo los electrones pueden seguir ciertas trayectorias y otras no.-

Hasta ahora, no se ha encontrado la manera de descomponer el electrón, por lo cual se admite, que él es el constitutivo último de todos los átomos; pudiendo además unirse o separarse de los átomos, dando con esto origen a la valencia de los mismos (origen electrónico de la valencia).-

Valencia.- Una molécula incompleta tiende a completar se: se llama radical. Todo átomo es un radical, pues tiene tendencia a unirse con otro átomo (igual o distinto) o con una molécula incompleta. Esta tendencia o capacidad de saturación de los radicales se llama Valencia, cuantivalencia o dinamicidad. Se ha tomado como unidad de referencia el átomo de hidrógeno, al que se supone monovalente o monodinámico.-

La dinamicidad o valencia de un elemento se determina viendo con cuantos hidrógenos se combina: el número de éstos marcará la valencia.-

Origen electrónico de la valencia.- La valencia del átomo se explica suponiendo que ciertos electrones periféricos (negativos) están más flojamente unidos al átomo. Con estos electrones movedizos pueden unirse átomos iguales o desiguales para formar una molé

cula; pues, por la aproximación de ambos átomos, los electrones que giran alrededor de un núcleo pueden ser atraídos por el otro núcleo: y en cuanto los núcleos han logrado una determinada distancia, los caminos de dichos electrones forman uno solo, por el cual ruedan alrededor de sus núcleos. Según esto, las moléculas resultarían siempre de la unificación de las órbitas de los electrones periféricos, en cuyo caso parece ser preciso que estas órbitas vengán a describirse en forma de superficies cónicas, cuyos vértices serán los núcleos respectivos.

La profunda disimetría nuclear que resultaba del electrón (negativo) y del protón (positivo), ya que la masa de éste es unas 1850 veces la del electrón, venía preocupando, intensamente, a los hombres de ciencia. En 1931, Dirac predijo la existencia hipotética del electrón positivo. En 1932, el físico americano Anderson estudiando, en el Laboratorio del profesor Millikan, los rayos cósmicos, descubrió el electrón positivo.

De manera que, a esta altura de los conocimientos atómicos, se estaba en presencia de dos tipos de electrones: negativos y positivos. Estos electrones han sido, entonces, denominados:

Negatrón (Electrón negativo)

Positrón (Electrón positivo)

El positrón se supone que desaparece, se destruye al atravesar la materia. Con dicha absorción de

positrones, la materia emite energía radiante. Esto se aduce como prueba de la transformación de la materia en energía, que aquí sería desmaterialización de los positrones.-

Todo positrón en la proximidad del núcleo atómico, debe ser repelido, por ser positiva la carga de ambos: en esta repulsión no tardará en captar al primer negatrón con quien tropiece: su vida es, pues, muy corta, unos $1/10^6$ segundos en el aire y $1/10^9$ en el agua: esto sin duda retardó tanto el poder ser observado.-

Extremando las cosas, se tendría el derecho a exigir el descubrimiento de un protón negativo, para completar la simetría. Así pues, transcurre el tiempo y las experiencias se multiplican, hasta que en octubre de 1955, en los laboratorios de la Universidad de California en Berkeley, se descubre el antiprotón o protón negativo. Este descubrimiento ha sido posible gracias al empleo del bevatrón (acelerador de protones que reúne las energías de la radiación cósmica), de esa Universidad, y constituye, según el Doctor Ernest Lawrence, una de las mayores conquistas de la física nuclear.

La Comisión de Energía Atómica de Washington, al anunciar este hallazgo, declaraba que se trata " de un descubrimiento muy importante que puede representar el comienzo de una nueva era en las investigaciones nucleares". Efectivamente, existen muchas razones para creer que este descubrimiento tendrá especial signifi-

cado en el campo de la "fusión nuclear".-

Hasta ahora, se ha hecho referència, única-
mente, a las partículas masivas (electrones, protones,
etc.) del sistema atómico de Rutherford, sin conside-
rar, especialmente, el espacio predominante en dicho
sistema. Pues bien, la teoría electrónica actual exclu-
ye el continuo molecular, desde, el momento que no sólo
supone los átomos separados en la molécula, sino tam-
bién los constitutivos del átomo: los electrones y los
protones. Por tanto y hasta el presente, no cabe otro
continuo que en la masa del electrón y del protón y en
el medio que los envuelve.-

Si se niega la existencia del medio continuo,
es preciso admitir la acción a distancia, que siempre
se negó. Luego, interesa determinar las teorías al res-
pecto:

- a) El medio imaginado por Huygens fué el éter, impone-
rable, incompresible, homogéneo, único, de elasticidad
perfecta, sin resistencia al rozamiento, que lo
penetraba todo, asiento de excitaciones eléctricas,
magnéticas, lumínicas y térmicas, como que sus vi-
braciones transversales constituían para él el ca-
lor y la luz.-
- b) Con los estudios de Maxwell y Hertz, que negaron a
las oscilaciones luminosas el calor vibratorio de un
medio elástico, fué abandonado el éter, siendo expli-
cada la ondulación por la variación periódica de dos

campos perpendiculares, eléctrico y magnético (teoría electromagnética de la luz).-

Posteriormente, las experiencias de Fizeau y de Michelson, respecto del movimiento de la tierra con relación al éter que la envuelve, les permitieron negar la existencia de semejante éter.-

- c) Actualmente el éter se ve repuesto de nuevo por la teoría relativista, aunque le niega el carácter corpuscular que antes se le atribuía: según esta teoría, no existe el vacío absoluto, sino que un espacio físicamente vacío quiere decir que no contiene sino éter homogéneo, aunque invisible e intangible.-

De acuerdo a las dimensiones de las partículas masivas del átomo, se deduce que en el mismo casi toda la capacidad está vacía: sólo un pequeño espacio está ocupado por la masa eléctrica: por lo cual los rayos alfa y los neutrones pueden atravesarlos, a la manera que los bólidos cruzan la atmósfera. Numerosos fenómenos inclinan ahora a la opinión de que el espacio comprendido entre los electrones que forman el átomo, así como entre los átomos que integran la molécula, está lleno de éter cósmico (éter lumínico). Este éter según las ideas actuales de algunos, apoyados en la experiencia, es la verdadera materia primera, de la que los electrones y átomos surgen mediante torbellinos giratorios. Y así suponen que el éter cósmico tiene tal constitución, de la que la manifestación más diminuta es el

electrón (negativo) y de éste la participan los átomos por enlaces y soluciones. Tal es la teoría de los torbellinos de Lord Kelvin. Cada electrón causa en el éter que le envuelve determinados cambios, que marchan al través del éter y así producen efectos lejanos (transporte de la luz y de la electricidad).-

Como puede apreciarse, el estudio de la estructura atómica se encuentra en continua evolución. A pesar de los enormes progresos realizados, este campo es aún poco conocido. Así pues:

- a) Rutherford no excluye que las unidades fundamentales del átomo: el electrón y el protón, se hallen, con el tiempo, ser divisibles en otras más fundamentales.
- b) Actualmente no es posible asegurar cuáles son los verdaderos constituyentes del átomo, aunque se dice que son cuatro:
 - 1.- El negatrón
 - 2.- El positrón
 - 3.- El protón
 - 4.- El neutrón.
- c) En los constituyentes del átomo, indicados precedentemente en b), se ha prescindido del neutrino, que es muy hipotético.-

La idea del neutrino, propuesta por Pauli, brotó en efecto, de la pérdida de energía que resultaba en la desintegración electrónica beta de los cuer

pos radioactivos.-

Pauli, supuso que, además de la emisión de partículas betas por los cuerpos radioactivos, se produce otra radiación de extraordinario poder penetrante que, acompañando a las betas, atravesaba las paredes del calorímetro. Esta nueva partícula era el neutrino (pequeño neutrón), privado de carga (como el neutrón), de masa insignificante; además, no era de carácter electromagnético.-

Algunos científicos consideran al neutrino como un neutrón cuya masa se desvanece.-

En consecuencia, los conocimientos sobre el neutrino son aun problemáticos.-

- 4) ENERGIA.- En el sentido filosófico moderno, la energía no es como en Aristóteles, la actualidad, lo opuesto a la potencia, a la posibilidad, sino más bien la fuerza. La energía es lo que puede producir un trabajo, lo que desarrolla una fuerza. Se habla así no sólo de energía mecánica, sino también de energía vital e inclusive psíquica. La energía mecánica, en sus aspectos de energía actual es potencial, es sólo un tipo de la energía física, que puede ser eléctrica, magnética, térmica, radiante, etc.-

Para la Física, un cuerpo o un sistema de cuerpos posee energía, cuando es capaz de ejecutar trabajo mecánico.-

Y el concepto más general de la energía es el de Wilhelm Ostwald, quien dice: la energía es el ver

dadero absoluto del universo, la substancia cuyas transformaciones producen todos los fenómenos en todas sus especies.-

En el orden económico, la energía en la universalidad de sus aplicaciones, además de ingrediente del proceso productivo, es elemento fundamental del bien estar. Por eso, es conveniente distinguir la energía como factor de producción, de la energía como bien de consumo.-

El uso creciente y racional de la energía es condición previa para la tecnificación en todas las esferas de actividad económica y, en consecuencia, elemento esencial para alcanzar niveles de mayor productividad y superar el atraso técnico y económico en que se hallan los países poco desarrollados.-

La energía es un elemento prácticamente insubstituible y de importancia fundamental, su demanda presenta una dinámica que hasta cierto punto se asemeja a la de los alimentos.-

El crecimiento de la urbanización (fenómeno carácterístico de las ciudades de países en pleno desarrollo), provocando el incremento concomitante de las industrias y servicios conexos, contribuye en gran medida a aumentar la demanda directa e indirecta de la 6 energía.-

A pesar de que el costo de la energía, representa porcentajes pequeños de los costos en diversas actividades, ejerce influencia descollante por sus efectos cualitativos. En efecto:.

- a) En la industria, tomando en cuenta las sucesivas etapas de elaboración del producto, desde la materia prima hasta el producto final, la energía consumida se eleva de 15 a 20 %, cifra muy superior aún en las industrias electrometálicas y electroquímicas.-
- b) En el transporte, su participación varía según el tipo de éste; en los ferrocarriles alcanza a 15 % del costo, y en el automotor, de 20 a 25%. -
- c) En el presupuesto familiar, representa entre 5 a 6 %, aunque también esta cifra es variable.-

La energía ejerce una acción de catálisis económica, al igual, que muchos elementos tecnológicos en el campo de la producción, entre ellos el conocimiento técnico, al que también cabe papel muy especial en el sector energía.-

Despréndese claramente de lo que precede la importancia decisiva de la oferta de la energía en el desarrollo económico. El aumento de esa oferta es casi siempre condición previa para que las nuevas inversiones en los demás sectores productivos tengan sentido económico.-

- 5) FUENTES DE ENERGIA- Las fuentes o manantiales de energía son los elementos o factores naturales que constituyen su origen.-

Las fuentes de energía pueden clasificarse en la siguiente forma:

A) Combustibles:

a) Sólidos:

- Carbón mineral, que según el poder calorífico puede clasificarse en: antracita, hulla, lignito y turba.
- Leña, usada bien en forma directa o preparada en forma de carbón de leña.
- Esquistos bituminosos.
- Residuos agrícolas e industriales.

b) Líquidos:

- Petróleo y sus derivados.
- Alcohol proveniente de la destilación de vegetales.
- Combustibles sintéticos, por hidrogenación del carbon o del gas natural.

c) Gaseosos:

- Gas natural, tal como sale de los pozos petrolíferos o de fuentes gasíferas naturales no petrolíferas.
- Gas de destilería, como sub-producto de la destilación del petróleo.
- Gas industrial, obtenido a partir del carbón u otros combustibles sólidos.-

B) Fuerza del agua:

- a) Desniveles en los ríos y lagos, con o sin embalse.

A su vez, el embalse puede ser natural o artificial.

- b) Desniveles provocados por las mareas.
- C) Calor:
 - a) Geocéntrico.
 - b) Solar
 - c) Diferencia en la temperatura de las aguas.
 - d) Fisión y fusión nuclear.
- D) Fuerza del viento.-

Hasta el presente, en la República Argentina, sólo los combustibles y la energía hidroeléctrica son utilizados en escala comercial; la fuerza del viento (energía eólica), bien que con algunas excepciones, sólo se aprovecha para pequeños consumos domésticos; la energía mareomotriz y la energía térmica de los mares aún no han sido explotadas, porque se requieren instalaciones muy costosas y su resultado es sumamente aleatorio, y de la energía atómica, estamos presenciando su despertar.-

- 6) ENERGIA NUCLEAR.-- Las clases de energía contenidas en el átomo, pueden clasificarse en:
 - a) Energía cinética es la que tienen los átomos, por razón de su movimiento, como por ejemplo, la de los protones, partículas alfa aceleradas con el ciclotrón. Esta energía es la que se utiliza para la desintegración de los átomos.-

- b) Energía química es la que reside en la envoltura de átomo y se exterioriza unas veces en la unión y otras en la separación de los átomos constitutivos, de la molécula. Es la energía de más antiguo utilizada y la que todavía se viene utilizando actualmente en los combustibles y explosivos.-
- c) Energía atómica o nuclear es la que reside en el núcleo de los átomos y se exterioriza, unas veces al formarse y otras al desintegrarse los núcleos atómicos. Esta energía comenzó a conocerse al descubrirse los fenómenos de la radioactividad.-
- d) Energía masiva es la energía de la masa de los átomos, la cual se exterioriza al aniquilarse éstos por pasar al estado de radiación. Esta energía no depende de la estructura de los átomos, como la energía química y atómica, sino de la cantidad de materia o masa de los mismos. Por consiguiente, es igual en todas las materias, con tal de que tengan la misma masa. Alberto Einstein fué el primero que dedujo, teóricamente, la existencia de esta energía en su teoría de la relatividad.-

En realidad, todas las energías precitadas se encuentran en los átomos, de donde surge la denominación de energía atómica; pero, como la energía más importante reside en el núcleo, por eso se ha establecido la denominación de energía nuclear.

La unidad para expresar esta energía es el e

lectrónvoltio.

Electrónvoltio. Es la energía cinética que adquiere un electrón (u otra partícula de la misma carga) al sufrir la caída de potencial de 1 voltio.

En unidades electrostáticas, se tienen los si guientes valores:

$$\text{Carga de 1 electrón: } e = 4,8 \times 1/10^{10}$$

$$1 \text{ voltio : } V = 1/300$$

Luego:

$$1 \text{ Electrónvoltio: } eV = 4,8 \times 1/10^{10} \times 1/300$$

$$\text{o sea: } 1 \text{ eV} = 1,6 \times 1/10^{12} \text{ erg}$$

Es decir que, se ha determinado el valor del electronvoltio (eV) en base a la unidad de trabajo eléctrico: el ergio (erg).

El ergio (erg) se determina en base a la unidad de fuerza o sea la dina, que es la fuerza que en un segundo comunica una velocidad de 1 cm/seg. a la unidad de masa, o a un cm³. de agua. Si esta fuerza actúa en el espacio de 1 cm., se produce la unidad de trabajo, denominada dinacentímetro o ergio.-

El electronvoltio es máx bien pequeño, solien do usarse sus múltiplos:

kilo (mil = K e V) y

mega (1 millón = M e V).-

Con respecto a la energía masiva; es decir, la conversión de la masa o cantidad de materia en energía, había sido determinada por los físicos, al darse

cuenta de que la energía radiante ejerce presión sobre los cuerpos. Así lo predijo primero Maxwell, como en efecto después se descubrió. La teoría de la relatividad de Einstein ha confirmado y generalizado esta predicción, diciendo que, donde hay energía, hay masa inerte. De aquí se sigue:

- 1ª. Que todo aumento de energía interna de un cuerpo lleva consigo un aumento de la masa del mismo.
- 2ª. Inversamente, que todo aumento de masa de un cuerpo supone un aumento de la energía interna del mismo.-

La fórmula de esta equivalencia es:

$$E = m c^2$$

En esta fórmula, representa:

E: La energía, en ergios.

m: La masa, en gramos.

c: La velocidad de la luz, en centímetros por segundo (30.000.000.000 cm/s).

De acuerdo con esta ecuación einsteiniana, en la que interviene como constante el cuadrado de la enorme velocidad de la luz (300.000 Km/seg.), una pequeña cantidad de cualquier materia corresponde a una formidable cantidad de energía. Así pues:

Un gramo de masa equivale a:

- 900 Trillones de ergios,
- 22 Billones de calorías,
- 25 Millones de kilovatios-hora.

La masa es pues energía ultracondensada, y ésta, masa ultradiluida. Tanto es así, que la desmaterialización de un gramo de cualquier substancia (su transformación integral en energía radiante) produciría tanta energía como la combustión de 3.000 toneladas de hulla. Tal es la introspección cuantitativa que la celeberrima ecuación abre en las prodigiosas reservas de energía almacenadas en las partículas de la materia.-

II.- GENERACION DE ENERGIA NUCLEAR

Previamente al análisis de los procedimientos para obtener la energía nuclear, interesa fijar algunos conceptos, tales como:

- 1) RADIOACTIVIDAD.- Este nombre fué dado por Enrique Becquerel al descubrirla (marzo de 1896) en ciertas sales de uranio por su acción sobre una placa fotográfica. (Las radiaciones radioactivas se revelan por sus efectos, que son principalmente tres: 1.- Acción fotográfica.- 2.- Fluorescencia de ciertos cuerpos.- 3.- Descarga de un electrómetro). En mayo, del mismo año, demostraba que la radioactividad del uranio es una propiedad atómica, no molecular; por lo mismo, se tiene a los cuerpos radioactivos como elementos, no como compuestos.-

El elemento radioactivo más usado es el radio, que va siempre junto con el uranio, en una proporción constante.-

La radioactividad se manifiesta con energía en los elementos de peso atómico muy alto: además de las tres familias principales radioactivas (uranio, actinio y torio), la han manifestado también, otras cuatro familias: lutecio, sumario, rubidio y potasio, que pierden también partículas alfa o beta.-

Antes, se creía que la radioactividad, aunque muy débil, era propiedad general de la materia; pero, ese concepto ha sido aclarado por Millikan que expresa: "Actualmente, más del 99 % del total de la materia del Universo

está formada por átomos de peso atómico inferior a 100. Y como según la curva de Aston ningún elemento de peso atómico menor de 100 puede desintegrarse con lanzamiento de una partícula alfa y desprendimiento de energía, resulta que la radioactividad, con liberación de partículas alfa, aunque vaya acompañada de muy poca energía, no es una propiedad general de la materia, como lo creyeron y sostuvieron la mayor parte de los sabios modernos". Además, se ha probado que el litio y el sodio carecen de radioactividad, que el potasio y el rubidio emiten rayos beta y que ningún metal alcalino lanza partículas alfa discernibles.-

Los rayos alfa, beta y gamma, emitidos por los cuerpos radioactivos no se reflejan, ni se refractan, ni se polarizan; se propagan en línea recta: pero, son desviables, en sentido contrario, los alfa y beta por la acción de un campo magnético (los beta mucho más que los alfa). De estas desviaciones se deduce la velocidad de las partículas que forman dichos rayos y la relación de su carga a su masa. Es, pues, la radioactividad natural como un análisis espontáneo que el cuerpo radioactivo hace de sí mismo, brindando sus resultados.-

- 2) ELEMENTOS RADIOACTIVOS.- Se conocen 43 naturales, porque actualmente se han hallado varios centenares artificiales; pues, todos los elementos químicos, menos el hidrógeno, han dado por lo menos un derivado radioactivo.-

Los elementos radioactivos son espontáneamente inestables, perdiendo cierta porción de su átomo en la unidad

de tiempo, emitiendo negatrones y átomos de helio (+) y cambiándose en nuevos elementos radioactivos. La explosión, pues, de un átomo radioactivo expulsa átomos de masa igual o inferior a la suya (por ejemplo: Radio \rightarrow Radón + Helio) y rayos alfa, beta y gamma, cuya energía inicialmente de forma cinética, termina en térmica al quedar detenidos por algún obstáculo (1 gr. de Radio equivale a 400 kg. de carbón = 3.000.000.000 de calorías).-

Esta inestabilidad es potencial en todos los átomos radioactivos, pero sólo en poquísimos es actual en cada momento; por esto, una masa radioactiva cuesta tanto de desparecer, y tanto será más activa cuanto más átomos hagan explosión en un tiempo dado, todo lo cual se relaciona con lo que se llama el período de transformación y la vida media de los elementos radioactivos.-

Los átomos radioactivos no mueren de vejez, sino por que les toca el turno de estallar, atendidas las circunstancias en que cada uno de ellos se encuentra, sin que se sepa cuáles son éstas y cuál es el átomo que está en la alternativa. Sólo se sabe que, mientras se destruye un átomo de radio-A cada cuatro minutos y medio, sólo cada 2440 años le ocurre lo mismo a uno de radio, y cada 40.000 millones de años a uno de torio.-

Las preparaciones radioactivas más activas que se han obtenido, dieron mil millones de partículas alfa por segundo, las cuales se pueden emplear como proyectiles naturales de bombardeo.-

La enorme energía térmica que se desprende, que co-

mo se sabe, es muy superior a la de los más potentes explosivos, dice claramente que tiene su origen en un cambio más profundo de la molécula y no puede ser otro sino en lo íntimo del átomo; por lo mismo, tal desarrollo de energía puede servir de medida en la descomposición del átomo.-

La mayor parte de los elementos de nuestro globo han llegado a su estabilidad máxima. Por tanto, sólo podrán desintegrarse mediante energía extrínseca, a fuerza de trabajo que sobre ellos ejerza el hombre.-

Los elementos radioactivos se especifican:

- a) Por la clase de radiaciones que emiten.- Cada elemento radioactivo suele emitir una o dos clases de rayos; algunos no emiten radiaciones, sino sólo emanación. Estas emanaciones son gases, condensables en el aire líquido, muy inestables, desaparecen dejando unos depósitos invisibles, también inestables, que son a su vez radioactivos.-
- b) Por su radio de acción.- Cada elemento radioactivo tiene una distancia propia en que se extinguen sus radiaciones: se denomina alcance. Así por ejemplo: el del radio es de 3,13 cm., el del nito de 5,5 cm, etc. Estas distancias se fijan con el elestróscopo o la pantalla fluorescente.
- c) Por la velocidad de emisión.- Por ejemplo, la velocidad de la partícula alfa del radio es igual a: $1,59 \times 10^9$ cm. al comienzo.-

La velocidad de los rayos se determina con el imán,

por la magnitud de su desviación.-

Los átomos que expulsan el radio y demás substancias análogas radioactivas, llevan a veces velocidades hasta de unos 10.000 Km./s. .-

- d) Por la pérdida de su actividad, con el tiempo.- La pérdida de actividad o disminución de la intensidad de radiación es consecuencia de su descomposición atómica, que necesita un espacio de tiempo, propio en cada elemento radioactivo y que se llama su vida, la cual es independiente de todo influjo físico o químico, por tanto es característica de cada elemento radioactivo y depende de la velocidad de su descomposición. Esta es proporcional en cada instante a la cantidad de elemento presente, o sea en cada espacio dado de tiempo, cada cantidad de un elemento radioactivo pierde la misma fracción; es pues, la ley de las reacciones monomoleculares, según la cual, creciendo el tiempo en progresión aritmética, la substancia decrece en progresión geométrica (Ostwald).-

Aunque se puede escoger al arbitrio la unidad de tiempo, se ha preferido, para fijar mejor los resultados tomar aquel que se necesita para que haya desaparecido la mitad de la substancia radioactiva, es lo que se llama el período medio o período de semitransformación (Soddy), y es una característica muy importante de todo elemento radioactivo.-

Así para el radio, el período medio es de 1590 años,

transcurridos los cuales, una masa dada del mismo habrá quedado reducida a la mitad, siendo la otra mitad residuos. De donde resulta que la cantidad de éstos que se hallen acompañando a una masa de radio, nos dirá el número de años que viene realizándose la desintegración de dicho radio.-

Para el torio, el período medio es de 16.500 millones de años y para el uranio es de 4.400 millones de años.-

Según Righi, de cada 100.000.000 de átomos de uranio se desintegran sólo 36 por segundo; en cambio por cada 6 de actinio, se desintegra 1.-

- 3) RADIOACTIVIDAD INDUCIDA.- Fué descubierta por los esposos Curie y es la radioactividad adquirida por una substancia inactiva al estar cerca de ciertos compuestos radioactivos (uranio, torio, actinio, etc.); es causada por la emanación que éstos emiten, la cual se descompone en rayos alfa y un precipitado radioactivo sólido, que se deposita sobre los objetos presentes. Las tres emanaciones son elementos radioactivos isótopos y las tres tienen su período medio propio.-

- 4) RADIOACTIVIDAD ARTIFICIAL.- La desintegración de los cuerpos radioactivos es espontánea: ni se la ha podido detener ni acelerar hasta ahora ni física ni químicamente. En cambio, Rutherford, en 1919 logró producir protones (núcleos de hidrógeno o rayos de hidrógeno, como él los llamó), bombardeando con partículas alfa rápidas, varios elementos li

geros (boro, nitrógeno, flúor, sodio, aluminio, fósforo), que no contienen hidrógeno; luego, tales protones debieron salir del núcleo atómico bombardeado o irradiado: ora sea porque dichas partículas alfa dislocan el núcleo al herirlo (Rutherford), ora porque las partículas alfa se combinan con el núcleo formando un complejo inestable, que espontáneamente estalla, lanzando un protón y dejando al núcleo enriquecido con 3 unidades más de carga (J. Perrin).-

Todos los elementos resultaron desintegrables por el bombardeo con alfa, produciéndose siempre protones muy veloces. Pero, lo sensible era que sólo 1/1.000.000 de alfas lograban chocar con el núcleo de los átomos.-

La extraordinaria pequeñez del núcleo y la repulsión que éste, por su carga (+), ejerce sobre las partículas alfa, explica el escaso número de choques de tales proyectiles con el átomo en su centro, que es la única manera como las alfas, podrán penetrar en él.-

En enero de 1934, los esposos Joliot - Curie, presentaron una comunicación a la Academia de Ciencias de París, dando cuenta de la determinación de la radioactividad artificial, en la que habían observado que, en el bombardeo con alfa del aluminio, boro y magnesio, se desprendían neutrones, por lo cual formularon las ecuaciones nucleares de otro modo.-

Otra mejora de transcendencia fué introducida por Lawrence y Livingstone, de Berkeley (California); los cuales lograron elevar la tensión de los protones producidos por un hilo encandecido en atmósfera de hidrógeno y lanza-

dos oblicuamente a las líneas de fuerza del campo magnético producido por un poderoso imán, con lo cual adquirieron una tensión de 1.200.000 de voltios, a pesar de haber empleado una corriente alterna de solo 5.000 voltios y un campo magnético de 14.000 gauss (Método de las impulsiones múltiples - ciclotrón).-

Gauss.- La unidad cegesimal de intensidad de campo magnético es, la intensidad de un campo magnético que ejerce, en la unidad de masa magnética, una fuerza igual a una dina. A esta unidad se ha dado el nombre de gauss.-

Las experiencias, a este respecto, han continuado ofreciendo datos fructíferos; y actualmente, se emplea el bombardeo con neutrones, ideado por el italiano Fermi, que se aplica a casi todos los elementos químicos, y se suele expresar por: efecto Fermi.-

El efecto Fermi, consiste en bombardear con neutrones la casi totalidad de elementos químicos, aún los más pesados y estables, resultando otros elementos dotados de radioactividad, los cuales se desintegran espontáneamente lanzando negatrones; esto dice que el caso es diverso del que se obtiene bombardeando con proyectiles alfa, porque en este caso, lo que se desprende son protones, (+) y no negatrones (-). Se atribuye el hecho a que, aunque los neutrones proceden de manantiales 100.000 veces menos intensos que los de las partículas alfa, tienen en cambio la ventaja de carecer de carga eléctrica, lo cual les franquea el paso al través del átomo y les permite acercarse y hasta penetrar en el mismo núcleo de los átomos pesados, del cual

son repelidas las partículas alfa.-

Con su nuevo procedimiento, logró Fermi transformar el uranio, que es el último elemento de la serie periódica (Número atómico 92) en otro de Número atómico 93, cuerpo radioactivo artificial. Este elemento no existe en la naturaleza; por lo cual se vé que se logra la síntesis de un nuevo elemento, lo que constituye un hecho de extraordinaria importancia.-

La obtención del elemento trans-uránico (Número atómico 93); es decir, de un elemento de número atómico superior al uranio, por Fermi, en 1934, fué confirmada en 1940, con utilización de la misma técnica por Mc Millan y Abelson de la Universidad de California, los que pusieron al elemento 93 el nombre de "neptunio".-

Irradiando con neutrones, lentos al uranio natural, que está principalmente constituido por Uranio 238, se forma Uranio 239, con emisión de un rayo gamma.-

El Uranio 239 es radioactivo, tiene un período de vida media de 23 minutos y se desintegra con emisión de rayos beta, transformándose en neptunio.-

Posteriormente, se ha demostrado que el neptunio obtenido en esta última reacción es también radioactivo, tiene un período de vida media de 2,3 días y se desintegra con emisión de rayos beta, transformándose en un nuevo elemento transuránico, el plutonio, de número atómico 94.-

A su vez, este isótopo del plutonio es radioactivo, tiene un período de 24.000 años y se desintegra con emisión de partículas alfa, transformándose en Uranio 235.-

El Plutonio 239 existe en la naturaleza en los minerales de uranio, habiendo demostrado Seaborg y Perlman, en 1942, su presencia en una muestra de pechblenda de Canadá.

Pechblenda es el uranato del óxido uranoso.-

Los yacimientos más importantes de este mineral se encuentran en Noruega, Estados Unidos y en Joachimsthal (Checoslovaquia).-

5) FORMA DE OBTENER LA ENERGIA NUCLEAR.- La energía nuclear se puede obtener de dos maneras:

A) Por fisión nuclear (Desintegración de los átomos).

B) Por fusión nuclear (Síntesis de los átomos).-

A) Por fisión nuclear.-

a) Generalidades.- En 1939, Hahn y Strassman, del Instituto de Química de Berlín, anunciaron el descubrimiento de un nuevo proceso nuclear: el estallido de los núcleos de uranio irradiados con neutrones lentos, con emisión de una cantidad de energía del orden de 200 MeV. (1 MeV = 1 Mega electronvoltio= 1 Millón de electronvoltios).

El nuevo fenómeno, denominado "fisión", en razón de las características propias, concentró inmediatamente el interés de todos los laboratorios de física atómica; pues, el proceso no sólo se presentaba con características nuevas e imprevistas, sino que, además, la energía liberada era diez veces superior a la registrada en las transmutaciones nucleares conocidas hasta ese momento.-

Para verificar la existencia de la fisión, Meyer y Hafstad idearon un método muy práctico, por medio del registro de las grandes pulsaciones de ionización que deberían producir los fragmentos del átomo fisionado. De esta manera, la fisión se comprobó rápidamente en los más notables laboratorios del mundo y surgió la idea de que el fenómeno fuera debido a uno de los isótopos constituyentes del uranio natural. Un año más tarde se verificó que el agente activo de esa reacción era el Uranio 235, presente en el uranio natural en cantidades muy reducidas (0,7 %).-

El Uranio 233, el Uranio 235 y el Plutonio 239 son los únicos átomos fisionables por neutrones lentos, actualmente conocidos. El Uranio 233 no existe en la naturaleza en forma apreciable, pero se forma irradiando con neutrones lentos al torio natural, que está esencialmente constituido por el isótopo Torio 232.-

El Uranio 235 se fisiona espontáneamente, a razón de 40 fisiones por minuto por cada gramo de substancia, la cual tiene mucho interés porque la fisión espontánea del Uranio 235 constituye la fuente inicial de neutrones en los reactores nucleares a base de uranio.-

Fermi había sugerido que durante el proceso de "fisión" del núcleo de uranio, además de los pesados fragmentos animados por una tremenda energía cinética, se lanzan también neutrones. Esta suposición abrió una perspectiva de formidables alcances e hizo entrever la posibilidad de una reacción autosustentada, de una reacción en cadena, capaz de poner al alcance del hombre la liberación de la energía atómica

en una escala ponderable.-

En efecto, cuando se fisiona el Uranio 235 por neutrones térmicos, se produce como promedio, la emisión de 2,5 neutrones rápidos por átomo fisionado, de los cuales se requiere uno para producir la fisión siguiente, quedando por lo tanto disponibles 1,5 neutrones para atender a los demás procesos que puedan realizarse con absorción de neutrones.-

Los neutrones rápidos tienen una energía de 1 a 2 MeV y pueden producir la fisión del Uranio 235 y del Uranio 238, pero con una probabilidad menor que la correspondiente a la fisión del Uranio 235 por los neutrones térmicos. Para evitar las pérdidas de neutrones por este motivo, así como la absorción de neutrones rápidos por otros procesos, conviene introducir en el sistema reaccionante una substancia moderadora que reduzca rápidamente la velocidad de los neutrones, para llevarlos al estado térmico en que con una energía de 0,3 eV actuarán más eficazmente en la fisión del Uranio 235.-

Como en la fisión de cada átomo de Uranio 235 se ponen en libertad 200 MeV. (Millones de electronvoltios), la energía liberada mediante una reacción en cadena, en una gran masa de uranio, resulta extraordinariamente grande.-

b) Pilas o reactores nucleares.-

Para la generación de energía nuclear se utilizan las pilas o reactores nucleares. Una pila o reactor nuclear es esencialmente un sistema reaccionante en cadena, en el cual la energía originada por fisión del uranio, plutonio,

u otro material fisionable, se libera en condiciones pre-determinadas.-

Si un reactor nuclear tiene exactamente su tamaño crítico, los neutrones producidos en cada fisión deberían, en promedio, dar origen a una nueva fisión, manteniéndose constante la densidad de neutrones y siendo su factor de reproducción k igual a la unidad.-

En la práctica los reactores se realizan de modo que dicho factor k sea ligeramente superior a la unidad.

El reactor puede hacerse:

- Supercrítico (k mayor que 1)
- Crítico (k igual a 1)
- Subcrítico (k menor que 1),

Para obtener estos resultados se utilizan las llamadas barras de control, formadas por materiales muy absorbentes de neutrones, las que se introducen más o menos dentro del reactor, de acuerdo con la intensidad que se desee dar a la reacción en cadena.-

En los reactores que trabajan con neutrones térmicos, se usan generalmente barras de acero revestidas de cadmio o de boro.-

c) Moderadores.-

La mayor parte de los reactores actualmente en funcionamiento son reactores térmicos; y como los neutrones producidos en la fisión nuclear son neutrones rápidos, tales reactores contienen sustancias moderadoras, cuyo objeto es reducir la energía cinética de neutrones, hasta llevarla al

orden de magnitud de la agitación térmica molecular.

Se utilizan, frecuentemente, como moderadores:

- El grafito
- El agua pesada
- El agua común.

El agua pesada es aquella en la cual el hidrógeno común (H_1) es reemplazado por el hidrógeno pesado o deuterio (H_2). El hidrógeno común tiene un peso atómico de 1 (1,008); en cambio, el peso atómico del hidrógeno pesado es de 2 (2,014).-

El agua pesada tiene un poder de absorción de neutrones muy inferior al del agua común; por eso, su empleo es obligado cuando la economía de neutrones es de primera importancia en un receptor. Por esta razón, cuando se utiliza en los reactores, como combustible nuclear, el uranio natural (contiene 0,7 % de Uranio 235), se emplea como moderador el agua pesada. En cambio, cuando el combustible nuclear es el uranio enriquecido, se utiliza como, moderador, el agua común; en esta forma, se asegura la obtención de la reacción en cadena.-

Uranio enriquecido, se llama así al uranio cuyo contenido de isótopo Uranio 235 es más elevado que en el uranio natural.-

d) Emisión de neutrones.-

La emisión de neutrones durante la fisión, se divide en dos grupos:

- Neutrones instantáneos
- Neutrones retardados.

-Neutrones instantáneos.- Salen de los fragmentos de fisión en un intermedio de tiempo del orden de $1/10^{14}$ seg., cuando la excitación de los fragmentos es mayor que la energía de unión del neutrón en el fragmento. Constituyen más del 99% del número total de neutrones emitidos en la fisión. La energía de los neutrones instantáneos varía dentro de amplios márgenes, sobrepasando los 10 MeV, aunque la mayoría de los neutrones instantáneos poseen una energía que oscila de 1 a 2 MeV.

-Neutrones retardados.- Constituyen cerca del 0,75% del número total de neutrones emitidos. Estos salen en el transcurso de algunos minutos, después de la fisión, con una intensidad gradualmente decreciente. La existencia de neutrones retardados tiene una gran importancia para la regulación del proceso de fisión nuclear.-

e) Reacción en cadena.-

De manera que, para obtener la reacción de fisión en cadena del uranio, se pueden adoptar dos procedimientos:

- Aumentando el contenido del isótopo Uranio 235 en el uranio, a fin de disminuir la proporción de neutrones que no participan en el proceso de fisión, por haber sido capturados por los núcleos de Uranio 238.

En este caso, la reacción en cadena puede desarrollarse tanto con neutrones rápidos como con los lentos.-

-Logrando sin grandes pérdidas la moderación de los neutrones. Entonces la reacción en cadena puede tener lugar aun en el uranio natural, ya que la probabilidad de que el Uranio 235 se fisione bajo la acción de los neutrones lentos es tan grande que supera la probabilidad de que los capture el isótopo Uranio 238, a pesar de que éste predomina en el uranio natural. En este caso, son principalmente los neutrones lentos, los agentes de la fisión.-

f) Factor de reproducción.-

En la práctica el factor de reproducción (k) se elige:

-Considerablemente mayor que la Unidad: Entonces se trata de una reacción en cadena incontrolada, "explosión atómica" (utilizada en la bomba atómica).-

-Algo superior a la unidad: Obteniéndose en este caso la reacción en cadena controlada (aplicada en el reactor nuclear).-

g) Primera bomba atómica: Bomba A.-

A esta altura de los conocimientos, la ciencia atómica había logrado la posibilidad de liberar energía nuclear en escala macroscópica. Así pues, se logró fabricar

la primera bomba atómica, llamada "Bomba A", basada esencialmente en la fisión del Uranio y el plutonio.-

El 15 de julio de 1945 se hizo estallar la primera bomba atómica experimental en Alamogordo, Nuevo México. Siguiéron luego las explosiones atómicas en el Japón: de Hiroshima y Nagasaki (6 y 9 de agosto de 1945) que pusieron fin a la II Guerra Mundial (1939-1945).-

B) Por fusión nuclear.-

a) Generalidades.- La explosión termonuclear es opuesta a la explosión atómica. No se trata de una fisión nuclear, sino de una fusión termonuclear. En el caso de la fisión el bombardeo de neutrones se realiza sobre elementos pesados, como el Uranio 235, o el Plutonio 239, y provoca su transformación en otros elementos más ligeros, desprendiendo una energía considerable. En el caso de la fusión, el bombardeo de neutrones se realiza, por el contrario, sobre elementos muy ligeros, como el hidrógeno, el helio y el litio, que no ~~se~~ dividen como en el caso de la fisión, sino que se integran, se fusionan y forman un elemento más pesado.-

Las reacciones termonucleares son posibles en los diversos isótopos del hidrógeno y conducen a la formación de helio. El hidrógeno ordinario, que sólo tiene un protón, posee dos isótopos: el hidrógeno pesado, llamado deuterio, cuyo núcleo está formado por un protón y un neutrón, y el tritio, con un protón y dos neutrones. Dos átomos de hidrógeno pesado (deuterio) y un átomo de oxígeno forman el agua pesada.-

En la fusión, la reacción está regida por factores completamente distintos que en la fisión. La fisión se produce cuando un núcleo de uranio o plutonio captura un neutrón. A causa de que el neutrón no tiene carga eléctrica y no es repelido por el núcleo, la temperatura no tiene influencia importante en la reacción de fisión; no importa que el neutrón sea lento: siempre puede penetrar en el núcleo de uranio y causar la fisión. En las reacciones de fusión, por el contrario, dos núcleos, ambos con carga eléctrica positiva, deben entrar en contacto. Para vencer su fuerte repulsión eléctrica recíproca, los núcleos deben moverse el uno hacia el otro con gran velocidad. El físico Luis N. Ridenour explicó cómo esto se consigue en el laboratorio imprimiendo enormes velocidades a unos cuantos núcleos. Este método es ineficaz a causa de que es muy improbable que uno de los rápidos proyectiles choque contra un núcleo antes de que su velocidad disminuya por las múltiples colisiones con los electrones que también existen en los átomos del blanco bombardeado.-

La única forma conocida de obtener energía de los núcleos ligeros es mediante las reacciones termonucleares, es decir, aquellas que se producen a temperaturas sumamente altas. El ejemplo principal de estas reacciones se da en el interior de las estrellas, cuyas temperaturas son del orden de los 20 millones de grados centígrados. A esta temperatura, la energía media de un átomo no pasa todavía de 1700 electronvoltios, muchos menos que las energías prestadas a las partículas nucleares en los "rompedores de átomos". Pero to

das las partículas presentes (núcleos y electrones) tienen una gran energía cinética, de suerte que no disminuye su velocidad porque choquen entre sí, sino que conservan sus grandes velocidades. Sin embargo, a pesar de alta temperatura, las reacciones nucleares en las estrellas se producen a un ritmo sumamente lento; únicamente 1% del hidrógeno del Sol se transforma en helio en 1.000 millones de años.-

Según el profesor O.R. Frish, para lograr la reacción termonuclear, se requiere una temperatura de algunos millones de grados antes que la producción de energía logre compensar la pérdida. Pero, una vez alcanzado este límite y sobrepasado, el ritmo de producción es mucho más rápido que el de pérdida, y la reacción se verifica entonces en un tiempo sumamente corto, fusionando la mayor parte de las materias presentes y aumentando la temperatura a un límite fantástico, del orden de mil millones de grados. Por este motivo se utiliza, como detonador, una bomba atómica normal, que permite el desencadenamiento de la reacción termonuclear.

Sin embargo, este sistema no parece satisfactorio, puesto que complica el proceso y hace que la bomba sea muy pesada y difícil de transportar. La primera "Bomba H" de Eniwetok, experimentada en noviembre de 1952, hizo explosión, no lanzada desde un avión, sino sobre el piso de una construcción cúbica de 8 metros.-

b) Energía que se libera.-

La fusión termonuclear provoca una mayor destrucción de materia que la fisión, y libera por consiguiente, una energía mucho más considerable. Se estima que la fisión des

truye menos de una milésima parte de las masas en contacto, mientras la fusión consume cerca de una centésima. Aunque los cálculos no coincidan, se admite generalmente que la potencia de las bombas termonucleares es de 1.000 a 2.500 veces mayor que la bomba empleada en Hiroshima.-

Para la fusión termonuclear se puede escoger cualquiera de los tres isótopos del hidrógeno: de peso atómico uno (protón), dos (deuterio) o tres (tritio). Estos isótopos experimentan diversos tipos de reacciones nucleares, y las reacciones se producen en diferentes cuantías. Por ejemplo, si se considera la síntesis del helio, partiendo del hidrógeno y del litio:

De una molécula-gramo de helio así sintetizado, resulta la siguiente pérdida: Un átomo de hidrógeno (peso atómico = 1,00813) y un átomo de litio (peso atómico = 7,01811) dan dos átomos de helio, cuya masa atómica debiera ser de 8,02624; pero, de hecho, la masa de un átomo de helio es 4,00384; luego hay una pérdida por átomo-gramo de 0,00928 gr. por átomo de átomo de helio formado, que hacen $2,32 \times 1/10^3$ gramos por gramo de helio, ya que el átomo-gramo de helio pesa 4 gramos. Luego en la formación de 1 gramo de helio, a partir del hidrógeno y del litio, se exterioriza la energía siguiente, aplicando la fórmula de Einstein: $E = mc^2$, en que E representa la energía, m la masa y c la velocidad de la luz (300.000 Km/seg.):

$$3,32 \times 1/10^3 \times 9 \times 10^{20} = 29,88 \times 10^{17} \text{ erg/s} = 55.000 \text{ Kwh.-}$$

c) Experiencias realizadas.-

-Sobre la explosión de una Boma H, realizada en Eniwetok, en noviembre de 1952, José Cubells, dice: la explosión tuvo lugar en una isla del atolón que mide 21 Km, por 4 Km. de ancho, isla que desapareció del mapa, por haber quedado evaporada como agua hirviendo. En efecto, testigos de vista aseguran que la llama producida por la explosión de la primera bomba de hidrógeno medía 4 km. de ancho por 10 Km. de alto y que era cuatro veces más brillante que el Sol. Vieron, como la isla entera fué arrojada al aire y desaparecía en cenizas. Espectadores militares, colocados a 64 Km. en otra isla y de espaldas a la explosión, sufrieron quemaduras en el pescuezo, producidas por el intenso calor.-

-En el Estado de Nevada (EE.UU.), en marzo de 1953 se hizo explotar una bomba de hidrógeno, observándose que: Dentro de un radio de 1,5 Km. desde el lugar de la explosión, la destrucción fué total. A 750 m. de distancia de la torre de explosión, la destrucción y la muerte fueron según técnicos de 100%. La radiación residual fué tan grande que, hasta dos días después, no pudo llegarse a 1,5 Km. sin gran peligro.-

-En el Estado de Nevada (EE.UU.), en abril de 1953, se hizo explotar una bomba de hidrógeno a 1650 m. de altura sobre la llanura, y el característico hon

go se elevó hasta la altura de 10.000 m. En Las Vegas, distante 104 Km. del lugar de la explosión, se vió claramente la bola de fuego y, cinco minutos más tarde, se oyó la explosión como un trueno fortísimo. El resplandor de esta explosión fué tan brillante que, aún a la luz del día, fué visto a más de 1.600 Km. de distancia, en Méjico.-

-En Rusia, en novimebre de 1955, se realizó una explosión termonuclear, que fué evaluada en varios millones de toneladas de T.N.T. (Trinitrotolueno). Se supone que alcanzó 20 megatoneladas (equivalentes a 20 millones de toneladas de T.N.T.). De acuerdo con un comunicado de la agencia Tass del 26 de noviembre de 1955, esta explosión fué "la más poderosa de todas las provocadas hasta entonces".-

-La experiencia soviética, igual que la realizada por los Estados Unidos, no parece corresponder a bombas H ordinarias, sino a bombas de hidrógeno-uranio, llamadas U. Posteriormente a estas experiencias, se habla de nuevos artefactos de tipo ternario: "fisión-fusión - fisión".-

d) Utilización de las explosiones termonucleares.-

La utilización de estas explosiones, no tan solo es factible para la guerra, sino que también tiene múltiples aplicaciones en la paz. Asi pues:

-Con explosiones subterráneas de hidrógeno, se pueden dragar canales y obtener puertos artificiales.-

El Doctor G. Johnson, de la Universidad de California, estima que el costo de estas excavaciones sería, en esta forma abaratado en la décima parte.-

La Comisión de Energía Atómica de los Estados Unidos, tiene en la actualidad, en estudio, trabajos de esta naturaleza a realizar en el helado norte de Alaska.-

-Con explosiones subterráneas se puede hacer factible la explotación de yacimientos minerales, de bajo contenido metálico, y cuyo acceso fuera impráctico cable.-

-En las zonas áridas y rocosas, mediante estas explosiones, se pueden hacer extensas perforaciones, que permitan acumular gran cantidad de agua de lluvia, la que se mantendría por la impermeabilidad de estos depósitos artificiales, permitiendo su utilización, en sus múltiples aplicaciones.-

-Teniendo en cuenta que, estas explosiones generan enormes cantidades de calor; se podrían utilizar, mediante explosiones subterráneas, para acumular calor en el subsuelo, el que podría ser aprovechado en diversas formas.-

-Mediante explosiones subterráneas de hidrógeno, se pueden obtener isótopos radioactivos en gran cantidad, los que son de mucha aplicación en medicina, agricultura, industria, etc.-

-En el aprovechamiento de reservas de petróleo difíciles de explotar, también, se pueden utilizar las explosiones de hidrógeno. Así pues, se prevé que una explosión de hidrógeno en una zona que contiene arena esquistosa producirá tan gran cantidad de calor que el petróleo encerrado allí, normalmente muy viscoso para ser extraído, podrá fluir fácilmente.-

Otra fuente extensa de petróleo se encuentra en ciertas formaciones cuyas características no hacen económicas la perforación y la extracción, además de presentar dificultades técnicas. Una explosión de hidrógeno en tales formaciones producirá un gran calentamiento en las mismas, dejando libre el petróleo para ser bombeado y eliminando el problema de la disposición de la enorme cantidad de material residual.-

e) Nuevas procedimientos de fusión atómica.-

-La bomba de cobalto: Bomba C.- En la Bomba H, se distinguen dos tipos:

- De acción limitada
- De acción ilimitada.

La bomba de acción limitada, es la Bomba H propiamente tal, la cual está formada de deuterio, mezcla de deuterio-tritio, etc. y la Bomba A como cabo (que produce el calor necesario para la explosión), con una envoltura de material no radiactivable. Esta bomba puede causar destrucción total en un círculo de 16 Km. de radio. En este caso, si la materia de la cubierta o casco es de acero, la radioactividad que puede producirse solo afectará prácticamente en un radio de 16 Km. como máximo.-

La bomba de acción ilimitada, es la que consta interiormente de los mismos elementos que la de acción limitada, pero cuya envoltura es de material radiactivable. Este material, generalmente, es el cobalto. Así pues, el deuterio de la Bomba H, al estallar emite grandes cantidades de neutrones, que son las más penetrantes partículas atómicas existentes en la naturaleza. El neutrón, tan pronto como es liberado, se introduce en el núcleo del elemento que encuentra más a mano, lo cual puede producir gran variedad de cambios en la naturaleza del elemento atacado por el neutrón, dependiendo los efectos del mismo elemento acometido. Algunos elementos, tales como el cobalto, se hacen intensamente radioactivos, otros lo son en menor escala y los hay que su radioactividad es nula. Además, cada elemento radioactivo tiene su vida media propia, que dura desde unos minutos a muchos años. El empleo de Bomba H con cu-

bierta de metal radioactivable asolaría extensas zo
nas terrestres por muchos años.-

El profesor canadiense Messel, dice sobre la Bomba C: La bomba de cobalto representa el peligro más pavoroso que haya podido imaginar el hombre y que sus efectos son más duraderos que los del más alto explosivo destructor inventado hasta ahora. Asimismo informa que la bomba de cobalto hecha estallar representaría "el suicidio en masa" y hasta pue de eliminar la vida de la superficie del planeta. Tales son las apocalípticas perspectivas de la bomba de cobalto.-

-Nuevo procedimiento de fusión atómica- Un equipo de científicos de la Universidad de California, dirigidos por el Doctor Luis W. Alvarez, ha descubierto un procedimiento para obtener energía atómica por fusión que no requiere la utilización del uranio ni las altas temperaturas exigidas hasta ahora para provocar las reacciones termonucleares, como las que se producen en la bomba de hidrógeno mediante la explosión de una Bomba A, de fisión, que actúa como espoleta de la Bomba H. Tan no necesita el calor, que el nuevo método emplea hidrógeno líquido a temperatura cercana al cero absoluto.-

Cero absoluto, se llama al número 273° centígrados bajo cero. A dicha temperatura el volumen de cual quier gas debería ser igual a cero.-

La energía obtenida en estos experimentos procede de la fusión de unos cuantos átomos de hidrógeno.-

El procedimiento es catalítico. En los métodos catalíticos se utilizan ciertas substancias, agentes catalizadores que tienen la propiedad de provocar y activar reacciones que sin ellos no tendrían lugar, quedando el catalizador sin modificación química alguna para poder seguir actuando de la misma manera.-

En este caso, el catalizador es una partícula atómica, el MU-meson, eléctricamente negativa obtenida en uno de esos grandes aceleradores (ciclotrones) de partículas atómicas. El Doctor Alvarez y sus colegas observaron que ciertos mesones no se convierten en electrones (como podrían hacerlo por su carga negativa, y algunos hacen) después de recorrer, una corta distancia en el hidrógeno líquido, sino que desaparecen.-

Meson.- El investigador japonés Yukawa ha admitido "fuerzas de intercambio" entre protones y neutrones; el campo de estas fuerzas al adoptar aspecto corpuscular, aparece como una partícula semipesada, el meson.-

Esto se explica del modo siguiente: El meson, por su mayor masa, desplaza al único electrón que gira en torno del protón, constitutivo del núcleo del átomo de hidrógeno normal, y se acerca tanto a éste

que en realidad es como si se le uniese, formando con él un átomo llamado "mésico". Como la carga negativa del meson contrarresta la positiva del protón, el átomo "mésico" resulta ser un neutrón, apto, como todos los neutrones, para bombardear átomos, ya que atraviesa sin ninguna dificultad la capa de electrones negativos. Pero este átomo "mésico" de hidrógeno tiene la mayor afinidad para los átomos de hidrógeno pesado, y cuando choca con uno de éstos el resultado es una fusión de hidrógenos, formando un átomo de helio, lo mismo que ocurre en las reacciones termonucleares, y con un desprendimiento semejante de energía. El meson queda entonces libre, como estaba al principio, y, por tanto, sería capaz de provocar nuevas fusiones si su vida no fuera tan breve: dos millonésimas de segundo. De encontrarse otra partícula con las mismas propiedades, pero con vida más larga, por ejemplo veinte minutos (el físico ruso Alikhanian lo cree posible), se podrían provocar sucesivas reacciones a voluntad. Esto permitiría "domar" la reacción de fusión y convertir la explosión de la Bomba H en "corriente", lo mismo que se ha transformado la explosión de la Bomba A en reacción moderada continua y controlable en los reactores. Entonces la obtención de energía atómica comercial se simplificaría y abarataría sumamente al no necesitar de uranio y disponer de uno de los elementos químicos más abundantes en la naturaleza: el hidrógeno.-

-La fusión nuclear en la actualidad.-

-Londres, 24-I-58 (R): Los científicos del Centro de Investigaciones de Hartwell, trabajando con una máquina de extraña forma, llamada Zeta, han producido temperaturas de hasta 5.000.000 de grados centígrados.-

El procedimiento consiste en disparar una corriente eléctrica a través de un tubo de la máquina, que contiene átomos de hidrógeno pesado (deuterio), forzando la acumulación del gas en el medio del tubo, sin que toque las paredes del mismo. El tremendo calor generado obliga a unirse a los núcleos de los átomos separados, proceso éste que libera una enorme cantidad de energía, susceptible de ser aprovechada.-

Otro problema es de impedir que el gas toque las paredes del tubo; de hacerlo, perdería inmediatamente temperatura. Se consiguió esto aplicando un campo magnético en torno a la columna de gas, manteniéndola en el centro del tubo el tiempo suficiente para que se produzca la fusión. Ese "tiempo suficiente" es de sólo 2 a 5/1000 de segundos y el proceso de calentamiento se repite cada diez segundos.-

-Moscú, 6-II-58 (AP).- Destacados hombres de ciencia soviéticos (entre los que se encuentra el profesor Kurchatov, director del Instituto de Energía Atómi

ca), especializados en investigaciones atómicas, re-
velaron hoy que los trabajos efectuados en el país
para obtener energía eléctrica mediante el control
de la bomba de hidrógeno, están muy adelantados.-

-Osaka (Japón), 8-II-58 (R): Un grupo de hombres de
ciencia japoneses afirmó haber logrado la fusión
termonuclear controlada.-

El grupo, encabezado por el profesor ayudante
Yoshiaki Arata, de la Universidad de Osaka, declaró
que el experimento fué llevado a cabo con tempera-
turas de cerca de un millón de grados centígrados.-

-Londres, 2-IX-58 (AP): Gran Bretaña hizo detonar
hoy una bomba de hidrógeno a gran altura, sobre el
Pacífico central.-

El artefacto fué arrojado por un avión, cu-
bierto con una capa de pintura especial para prote-
gerlo contra la radiación y que le permite soportar
las enormes elevaciones de temperatura determinadas
por este tipo de explosiones.-

Posteriormente, se anunció que el estallido
pertenece a la categoría del megatón; es decir, de
no menos de una fuerza equivalente a un millón de
toneladas de T.N.T. (Trinitrotolueno).-

-Ginebra, 2-IX-58 (AP): El profesor L.A. Artsimo-
vich, perito en ciencias atómicas de la Unión Soviética,
formuló hoy un llamamiento en favor de la coo-

peración internacional a fin de mancomunar los conocimientos, los materiales y los equipos técnicos, a fin de procurar resolver el problema, de la extracción de energía a partir de la reacción de la bomba de hidrógeno. Manifestó que: La fusión fiscalizada del hidrógeno podría producir ilimitada energía eléctrica, extraída de los átomos de hidrógeno del agua de los mares, suficiente para satisfacer las necesidades mundiales durante millones de años.-

-Ginebra, 2-IX-58 (AP).- El doctor Edward Teller, de los Estados Unidos (llamado por muchos "el padre de la bomba de hidrógeno"), manifestó que explosiones pacíficas con esta terrible arma, realizadas en el fondo de pozos profundos, serían capaces de generar energía eléctrica a bajo costo.-

6) FISION CONTRA FUSION-URANIO CONTRA HIDROGENO.-

a) Comparación de la Bomba A con la Bomba H.-

- La Bomba H, en igualdad de masa, desarrolla unas cuatro veces más energía que la Bomba A.-

~~En~~ la Bomba H el explosivo puede ser puro, mientras que en la Bomba A la pureza del explosivo, cuando menos al principio, no pasaba del 30%, puesto que con él había una gran cantidad de Uranio 238 no fisionable directamente en desintegración automultiplicativa. Con todo se cree que el perfeccionamiento posterior alcanzado en la fabricación de la Bomba A, se debe princi-

palmente a haberse logrado obtener, una mayor pureza de explosivo atómico.-

- La materia prima para la producción de la Bomba H es mucho más abundante que la requerida para la Bomba A. El uranio necesario para esta última bomba es relativamente escaso y se solo se halla en determinados puntos de la Tierra; al paso que la materia prima para la obtención de la primera de dichas bombas, el agua, es abundantísima y se halla en todas partes, sin ser patrimonio especial de unos pocos países especialmente favorecidos, como sucede con el uranio.-
- La separación del isótopo deuterio es incomparablemente más fácil de conseguir que la del Uranio 235 o del plutonio.-
- El calibre de la Bomba H no tiene un tope como el de la Bomba A. En efecto, el tamaño y, por tanto, los efectos explosivos de la Bomba A, en que se utiliza la energía liberada en la escisión de los átomos de Uranio 235 o del Plutonio 239, tiene un límite infranqueable que marca la "masa crítica"; es decir, un cierto peso de uranio o de plutonio que, si es inferior a ésta, es inexplorable, y, si es superado, explota espontáneamente. Estas limitaciones no existen para la Bomba H.-

b) Efectos de la explosión atómica.-

Los efectos de una explosión atómica son debidos a tres causas:

- Presiones
- Temperaturas
- Radiaciones.

Según la Atomic Energy Commission, en la explosión de una Bomba A, la energía producida se eleva a unos 23 millones de kilovatios-hora. Esta energía, se distribuye en la siguiente forma:

83 %, en forma térmica.-

3 %, en emisiones gamma, productos de fisión derivados, etc.

3 %, en neutrones liberados.-

11 %, se dispersa en el aire al producirse la desintegración del átomo. La dispersión de estos productos en la atmósfera es muy peligrosa, debido a su condensación en polvos radioactivos.-

Analizando los efectos de las explosiones atómicas (presiones, temperaturas y radiaciones), se tiene:

- Presiones.- La onda explosiva originada por la explosión atómica, produce presiones colosales del orden de miles y hasta millones de kilogramos por centímetro cuadrado. Estas presiones, aplicadas a lo largo de áreas de las paredes y techos de los edificios, resultan de catástrofica importancia.-

- Temperaturas.- Si bien la onda explosiva es la responsable de la mayoría de la destrucción física de las bombas atómicas, la radiación térmica contribuye en gran escala a los daños totales originados por la destrucción de los materiales combustibles y la iniciación de incendios. Además, el intenso fognazo de calor radiante constituye una causa primera de muerte y heridas de las personas por las quemaduras de la piel.-

Cuando explota una bomba atómica, 1/3 de la energía total desarrollada (unos 8 millones de Kwh) se desprende como calor radiante, con la velocidad de luz.-

En las dos ciudades japonesas afectadas por la bomba atómica (Hiroshima y Nagasaki), un 20% y aun tal vez un 30% de las muertes violentas se debieron a las quemaduras del fognazo.-

- Radiaciones.- La explosión de una bomba atómica emite cuatro clases de rayos:

- Alfa
- Beta
- Gamma
- Neutrones

La radiación residual en los productos de fisión y en las materias expuestas carece de importancia si la bomba se hace explotar a un nivel elevado, que es lo más frecuente.-

En la explosión atómica, se pueden despreciar los rayos alfa y beta, porque no penetran en la superficie de

la tierra; incluso los neutrones que hasta los 750 o 900 m. pueden ser mortales, carecen de importancia para el caso, por cuanto que cualquiera que haya quedado expuesto a los neutrones a esta distancia, morirá necesariamente por los rayos gamma, mucho más mortíferos.-

De las 100.000 personas que perecieron en el Japón por causa de las dos bombas atómicas, unas 15.000 fueron eliminadas por los rayos gamma; en cambio, no se conocieron allí heridas originadas por la radiación residual. La unidad de dosificación de los rayos gamma es el "Roentgen", que tiene por símbolo R. Para la radiación recibida dentro de un corto lapso, la dosis media letal es de unos 400 R.-

c) Ventajas de la energía termonuclear.-

El valor de esta nueva fuente de energía reside en los tres factores siguientes:

- Da enorme cantidad de energía liberada.
- El bajo costo.
- La eliminación del peligro de la radioactividad.-

Efectivamente, una pequeña cantidad de este nuevo combustible nuclear bastaría para satisfacer las necesidades energéticas, que requieren actualmente millones de toneladas de carbón. Durante la reacción se desprenden casi 150 millones de kcalorías por kilogramo de hidrógeno.

Además de que, durante la fusión, las cantidades de materias integrables necesarias son mínimas, el hidróge-

no pesado (combustible termonuclear por excelencia) se encuentra en cantidades enormes.-

Una vez logrado el control la producción de esta energía se realizaría a un precio de coste tan bajo, que podría ser considerado como nulo. Y ello debido a la abundancia de la materia prima y a la sencillez del proceso, mientras en el caso de la fisión nuclear los 2/3 de los gastos efectuados para la producción de electricidad son absorbidos por el método complicado y oneroso utilizado para obtener la materia fisible. En el caso de la fusión, la materia prima se encuentra en abundancia y su precio de coste es, por consiguiente, prácticamente insignificante.-

Esta fuente de energía presenta también otra ventaja. Elimina el peligro de la radioactividad, que constituye ahora un importante obstáculo para la producción de energía en grandes cantidades. Los reactores de hidrógeno parece que no dejan cenizas mortales, como en la fisión. Se sabe que los residuos que quedan en ésta son sumamente radioactivos, y que actualmente se están realizando grandes esfuerzos para tratar de eliminar este peligro.-

La conquista de las energías nucleares es pues providencial: asegurará la cantidad de energía indispensable para alimentar el apetito devorador de la industria y para conservar la vida de dos mil millones de hombres que nacerán en los cincuenta años venideros.-

Pero ya se sabe el tributo que debe pagarse si se quiere obtener energía a partir de la fisión. Son muy graves los riesgos que corre el reino vivo por el aumento, casi inevitable, de la dosis ambiente de radiación radioactiva. De manera que, la humanidad se encuentra ante este dilema:

- O la energía fisión.
- O la inanición del mundo a corto plazo.

Por eso, las amplias perspectivas que se descubren ante la humanidad, al hacerse factible la posibilidad de poseer energía termonuclear, sin el riesgo precitado, son a tal punto seductoras que justifican plenamente los enormes esfuerzos que se realizan para alcanzar ese gran objetivo.-

III.- ELEMENTOS NECESARIOS PARA GENERAR
ENERGIA NUCLEAR

- 1) GENERALIDADES.- Las posibilidades racionales de aprovechamiento de la energía atómica, provienen de haberse descubierto la desintegración en cadena o automultiplicación de los átomos más pesados. Ahora bien existen dos tipos de cadena de reacción:
- a) Controlada
 - b) Incontrolada.
- a) En la reacción en cadena, controlada, los proyectiles para atacar el átomo; es decir, los neutrones, salen disparados a velocidades iniciales superiores a 15.000 Km/s, velocidades que descienden a 1.500 Km/s, al hacerles pasar a través de un moderador, antes de que alcancen los átomos a los que van lanzados. Los llamados "deflectores", compuestos de materias que absorben las neutrones en gran número, mantienen a los liberados, en un tiempo dado, bajo completo control a un lento pero eficaz fuego nuclear.-

Esta reacción es la que ha comenzado a aplicarse en la producción de energía industrial en grandes cantidades y está siendo utilizada para la obtención de plutonio e isótopos radioactivos, usos medicinales y como el más eficaz instrumento de investigación, desde la invención del microscopio, para explorar en los misterios de las materias animadas e inanimadas de la naturaleza.-

- b) La reacción en cadena, incontrolada, es la que, al no disponer de moderador, no tiene entorpecida la acción de los neutrones. En la cadena de acción incontrolada la multiplicación de los neutrones, por no tener nada que los detenga o destruya, alcanza al billón y al trillón en una fracción de microsegundo, lo cual significa la destrucción del correspondiente número de átomos, que da como resultado la liberación de increíbles cantidades de energía nuclear, de una fuerza explosiva que, por cada 10 kilogramos de átomos destruidos, se traduce en la energía equivalente a 20.000 toneladas del T.N.T. (Trinitro tolueno).-

Esta reacción incontrolada es, precisamente, la que se emplea en la Bomba A.-

De manera que, en el caso del uso de la energía atómica para fines pacíficos, la reacción en cadena debe estar controlada y ser continua. Para controlar esta reacción, es necesario que durante cada fisión el número de neutrones liberados sobrepase en un neutrón al número de neutrones perdidos. Para que sea continua, es necesaria una cantidad mínima de materia fisible, llamada "masa crítica de la materia".-

La producción de energía por una reacción en cadena controlada y continua se efectúa en el reactor.-

2) REACTORES NUCLEARES.-

- a) Definición.- Una pila o reactor nuclear es esencialmente

un sistema en cadena, en el cual la energía originada por la fisión del uranio, plutonio u otro material fisionable, se libera en condiciones predeterminadas.-

El primer reactor nuclear fué construído y puesto en explotación en los Estados Unidos de América, cuatro años después del descubrimiento del proceso de fisión de los núcleos de uranio; es decir, en el año 1942.-

b) Constitución.-- Todos los reactores funcionan según los mismos principios. Les son comunes las sigüientes características:

-La zona activa, es decir aquella zona en la cual se encuentran

-el uranio y

-el moderador de neutrones;

para moderar los neutrones se utiliza el grafito, el agua pesada o el óxido de berilio; en el caso del uranio enriquecido se emplea también el agua común.-

-El reflector, refleja los neutrones que escapan de la zona activa; para el reflector se usan los mismos materiales que para el moderador.-

-El sistema de refrigeración está destinado a absorber el calor que se desprende en la zona activa del reactor; consta de cañerías por las cuales se bombea el refrigerante o

fluido portador; éste se calienta a medida que pasa por el reactor y entrega luego el calor acumulado, en una instalación de intercambio término, a otro cuerpo, para volver nuevamente al reactor; pueden servir de refrigerante los gases, el agua común o el agua pesada, los metales fundidos.-

-Sistema de control, cuyo objeto es regular la velocidad de la reacción en cadena y por consiguiente, controlar la potencia; consta de una serie de dispositivos: detectores, que miden el flujo de neutrones en el reactor; barras de control metálicas, en cuya composición entran sustancias absorbentes de neutrones (cadmio, boro), y distintos electrónicos y electromecánicos, cuyo objeto es dirigir la posición de las barras de control.-

-Pantalla de protección, que protege al personal de la acción de las radiaciones emitidas durante la fisión y por los fragmentos radioactivos.-

c) Clasificación.- Los reactores nucleares son de muy diversa índole y pueden clasificarse atendiendo a:

- La clase de neutrones que en ellas se utilizan.
- Su poder regenerativo.-
- Los moderadores empleados.-

-Por la clase de neutrones que se utilizan, los reactores pueden ser:

- Térmicos, de pocas electronvoltios (e V).-

- Rápidos, de varios millones de electronvoltios (MeV).
- Intermedios, de varios millares de electronvoltios (KeV).-

La mayor parte de los reactores actualmente en funcionamiento son reactores térmicos; y como los neutrones producidos en la fisión nuclear son neutrones rápidos, tales reactores contienen sustancias moderadoras, cuyo objeto es reducir la energía cinética de los neutrones, hasta llevarla al orden de magnitud de la agitación térmica molecular.-

-Por su poder regenerativo; es decir, desde el punto de vista de cómo se realiza el aprovechamiento del material de carga, los reactores pueden clasificarse en tres grupos:

- No-regeneradores
- Regeneradores
- Creadores o reproductores.-

-Reactores "no-regeneradores".- En estos reactores se utiliza el combustible nuclear, por ejemplo, el Uranio 235, obtenido a partir del uranio natural, descartándose en la separación isotópica como residuo no utilizable el 99,2% del uranio, formado por Uranio 238 no fisionable.-

En un estudio económico realizado por W.H.Zinn sobre el funcionamiento de reactores no-regeneradores que utilizan como combustibles Uranio 235, llegó a la conclusión de que en el supuesto caso de que se consiguiera con

sumir en el reactor el 50 % del Uranio 235, el costo del combustible nuclear por Kwh de energía eléctrica generada, sería igual al doble del costo del Kwh generado en una planta termoeléctrica alimentada con carbón en Boston (Massachusetts, U.S.A.).-

Este primer análisis, pone en evidencia (sin entrar al estudio de los costos de instalación y de mantenimiento), las condiciones antieconómicas del empleo de los reactores no-regeneradores.-

-Reactores regeneradores.- En estos reactores la carga está constituida por una mezcla de combustible nuclear y de material fértil; como podría ser, por ejemplo, el uranio natural enriquecido con Uranio 235.-

En este caso el sistema reaccionante puede regularse de tal modo que los neutrones liberados por cada núcleo de uranio que experimenta la fisión, se utilice un neutrón para mantener la reacción en cadena provocando una nueva fisión; y al mismo tiempo se absorba otro neutrón por el Uranio 238 para formar Uranio 239 que se transformará, finalmente, en Plutonio 239.-

En estas condiciones, por cada átomo de Uranio 235 que desaparece por fisión, se formará un nuevo átomo de Plutonio 239, también fisionable.-

Suponiendo que fuera posible mantener el reactor en funcionamiento hasta consumir el 1 % del uranio natural de carga, y admitiendo que a partir de ese momento se des-
eche la carga del reactor, W.H. Zinn ha calculado que el

costo de combustible por Kwh de energía eléctrica generada, sería igual a la tercera parte del costo del Kwh generado en una planta termoeléctrica a carbón.-

Desde el punto de vista de las probabilidades económicas de su utilización, el reactor regenerador presentará indudables ventajas frente al reactor no-regenerador.-

Sin embargo, el reactor regenerador presenta un inconveniente importante, debido a que la máxima velocidad de producción de energía se encuentra determinada por la proporción de Uranio 235 existente en el material de carga, que cuando está constituido por uranio natural sólo alcanza a un 0,7 %.-

-Reactores creadores o reproductores. Para estas reactores se ha generalizado la denominación inglesa de "reactores breeder".-

En el funcionamiento de los reactores regeneradores se ha admitido para el rendimiento de la regeneración del combustible el valor experimental del 80%. Existe, sin embargo, la posibilidad de que este rendimiento pueda aumentarse hasta el 100% o llevarse todavía a un valor más elevado aún. Es decir, que se produzca una mayor cantidad de material fisionable de la que se consume.-

Para esto, es necesario regular la distribución del combustible y del material fértil en el reactor, de modo tal que se logre por una parte, la máxima eficiencia en la fisión y en la conversión, y por otra, reducir al mínimo la absorción y las pérdidas de neutrones, para de esa

manera conseguir aumentar la conversión.-

Este último punto es de considerable importancia en vista del escaso margen de neutrones disponibles para incrementar la producción del nuevo material fisionable.-

Los estudios realizados por W.H. Zinn, le han permitido llegar a la conclusión de que: Por cada 20 libras de uranio natural consumidas en un reactor reproductor, se desarrollaría una cantidad de energía equivalente a la liberada en la combustión de 26.000 toneladas de carbón, que generaría 51.800.000 Kwh de energía eléctrica.-

Hay que tener en cuenta que, no es posible suponer que el material de carga se mantenga en un reactor reproductor hasta su total agotamiento; por el contrario, deberá ser removido al cabo de determinado intervalo de tiempo para extraer, por vía química, los productos de la fisión, para reincorporar después, de nuevo, al reactor el material purificado.-

Aun cuando este tratamiento químico repetido podrá ser muy costoso, la potencialidad inergética de las sustancias fisionables es tal, que haría permisible dicho tratamiento químico, a pesar de que, como consecuencia, se llegara a centuplicar el costo inicial del combustible nuclear. En tal caso, el costo de combustible por Kwh de energía eléctrica generada sería igual a la cincuentava parte del costo del Kwh generado en una platan termo-eléctrica a carbón.-

-Por los moderadores empleados, los reactores se denominan:

- De grafito
- De agua pesada
- Etc..-

-Reactor nuclear, con moderador de grafito.- A continuación se detallan las características principales del reactor norteamericano de este tipo: Este reactor, por fuera se parece a un inmenso cubo de hormigón de 9 x 10 m. de base y 6,5 m. de altura, con un pequeño laboratorio sobre el techo. Las paredás de hormigón tienen un espesor de 1,5 m. y rodean un moderador de bloques de grafito de 6,1 x 6,6m. de base y 5,6m. de altura. Los bloques de grafito son generalmente de 10 x 10 x 40 cm.-

En el moderador están colocados pequeños cilindros de uranio o de óxido de uranio, de 3 kilogramos aproximadamente cada uno. Hay 3.200 cilindros de uranio puro, colocados en la parte interior del núcleo moderador, mientras que 14.500 cilindros de óxido de uranio están fuera de núcleo. Todo está rodeado de grafito, para reflejar los neutrones hacia dentro. De esta manera hay en total: 50 toneladas aproximadamente de uranio y 500 toneladas aproximadamente de grafito en un reactor atómico moderno, con moderador grafito.-

Horizontalmente a través del reactor corren 8 barras de seguridad o reguladores del funcionamiento del reactor. Estas barras son de bronce, con una envoltura de cadmio que absorbe los neutrones.-

El techo está construido de madera y cubierto con 15 cm. de plomo, para protegerlo contra la radiación. A través de esta protección pasa una "columna térmica" de grafito, de un metro aproximadamente de arista. Por esta columna pasan los neutrones, con una velocidad que, por la colisión con los núcleos del grafito, se ha disminuido hasta algunos kilómetros por segundo; una velocidad insignificante en comparación con su velocidad inicial de 20.000 Km/s, aproximadamente.-

-Reactor nuclear, con moderador de agua pesada.- Este reactor se llama también "sueco", por haber sido experimentado en Suecia. Este reactor se compone de un tanque de aluminio, que contiene 6,5 toneladas de agua pesada, en donde se colocan 120 trozos de uranio en forma de bastones, de 150 cm de largo y 3 cm. de diámetro, distribuidos con intervalos iguales de 15 cm. en toda la masa del agua pesada. Los extremos de los bastones de uranio salen a través de la tapa del tanque de modo que pueden ser cambiados fácilmente. El tanque está rodeado de grafito de 60 cm. de espesor, destinado a reflejar los neutrones. Como protección exterior se aplican 10 cm. de plomo aleado con cadmio y un muro de hormigón con paredes de 2,5 m. de espesor.-

Por encima de la superficie del agua pesada, en el tanque, hay helio, que circula hasta un enfriador, que sirve para alejar los productos gaseosos de fisión y el oxígeno e hidrógeno formados (gas explosivo) por la descompo

sición del agua pesada, por electrólisis.-

En los muros exteriores hay 11 aberturas, destinadas a introducir el material que va a ser radiado por los neutrones, o para colocar aparatos de medida. Para poder sacar rápidamente del interior del reactor el material radiado, se ha construido el llamado "correo neumático", que utiliza el helio comprimido, en lugar del aire. El agua pesada se enfría con agua común o aire, por intermedio de un sistema de bombas de una capacidad de 15 litros por segundo, de manera que las temperaturas de salida y entrada del agua pesada en el reactor son de 35° y 31°, respectivamente. La potencia del reactor es de unos 300 kilowatios.-

El tipo del reactor "sueco", es el mismo que poseen los franceses en Fort de Chatillon (Francia) y los noruegos en Kjeller (Noruega).-

El primer reactor sueco de uranio se ha instalado en el seno de una roca, bajo tierra, en Drottning Kristina, en Lilljanskogen, donde el "Centro de Investigación Atómica" tiene sus locales; de esta manera está situado cerca de la Universidad Técnica y no lejos de los investigadores de la "Academia Sueca de Ciencias".-

- d) Aplicaciones.- Los reactores nucleares tienen tres aplicaciones de considerable importancia:
- 1a.- Obtención en gran escala de substancias fisionables.
 - 2a.- Producción de radio-elementos artificiales, con fines científicos y técnicos.-
 - 3a.- Generación de energía termoeléctrica.-

En los dos primeros casos, el reactor actúa fundamentalmente como fuente de generación de neutrones y sirve de medio para la realización de las transmutaciones atómicas. La energía térmica desprendida en el proceso es de importancia secundaria, aun cuando su recuperación es de interés.-

Cuando la fisión se efectúa con el objeto fundamental de generar energía (como se indica en el tercer caso), el reactor adquiere características propias que le distinguen netamente de los demás. El reactor nuclear actúa en este caso como fuente de generación de energía térmica y por ello debe adoptar las medidas necesarias para conseguir, por una parte, el máximo aprovechamiento posible del material de carga y, por otra, la mayor recuperación posible del calor desarrollado en la fisión.-

Hay numerosos factores que impiden que el reactor pueda funcionar de modo que todo el material de carga sea totalmente consumido. Entre dichos factores, son de primordial importancia los siguientes:

- La necesidad de mantener el tamaño crítico del reactor, que varía a medida que se produce la transformación del material de carga como consecuencia de la fisión nuclear.
- El aumento de la absorción de neutrones por los productos de la fisión, que se hace cada vez mayor a medida que se prolonga la permanencia del material de carga en el reactor, disminuyéndose así en forma progresiva, la

reserva de neutrones necesarios para el mantenimiento de la reacción en cadena.-

-Las dificultades que se presentan como consecuencia del cambio de las características físicas del material de carga, cuando una proporción apreciable de él se ha transformado por fisión en sustancias enteramente diferentes.-

3) MATERIALES E INSTALACIONES PARA LOS REACTORES NUCLEARES.-

La elección de materiales adecuados para los distintos elementos del reactor, está determinada no sólo por las funciones que cumple el elemento considerado de la estructura, sino también por las propiedades nucleares del material. Es necesario también tener en cuenta la modificación de las propiedades de los materiales bajo la acción de la alta temperatura y de la irradiación intensiva.-

La alteración de las propiedades de una sustancia sometida a irradiación, recibe el nombre de efecto nocivo de la radiación.-

Análisis de las distintos elementos del reactor:

a) Combustible.- La condición fundamental del combustible nuclear es su capacidad de sostener la reacción de fisión en cadena.-

"Combustible nuclear" o simplemente "combustible" son los materiales fisionables como el Uranio 235, el Plutonio 239 o el Uranio 233, que son susceptibles de actuar en un reactor nuclear como fuente generadao

ra de energía y de emisión de los neutrones necesarios para el mantenimiento de la reacción en cadena.

"Materiales fértiles" son aquellos como el Uranio 238 y el Torio 232, que al ser sometidos en el reactor nuclear a la irradiación de neutrones, se transforman, respectivamente, en sustancias fisionables como el Plutonio 239 y el Uranio 233.-

Ninguna de las sustancias mencionadas se encuentra en la naturaleza al estado requerido para su empleo en el reactor nuclear y en la mayoría de los casos su preparación obliga a procesos delicados y complejos, de los cuales se mantienen algunos en riguroso secreto.-

Estas sustancias tienen su origen natural en las minerales de uranio y de torio, cuyas reservas constituyen, a su vez, las reservas potenciales de los combustibles nucleares y de los materiales fértiles.-

Reservas minerales de uranio.- El uranio es una sustancia extensamente distribuída en la naturaleza, suponiéndose que existe en la proporción de 1/250.000 de las sustancias que forman la corteza terrestre.-

Desde el punto de vista del empleo industrial de una sustancia, lo que principalmente interesa son las reservas recuperables y no su abundancia en la naturaleza. Las reservas recuperables de uranio, fueron estimadas (1949), en 25 millones de toneladas de uranio metálico.-

Los yacimientos de uranio más importantes, son los depósitos de pechblenda del Congo Belga, con un contenido medio de 10% de uranio y los de la región del Lago del Gran Oso, en el territorio noroeste de Canadá, con un 10% de uranio.-

Los yacimientos de pechblenda del distrito de Joachimsthal en Checoslovaquia son de reducida extensión.-

La extracción de uranio en el Congo Belga se limita solamente, a la mina de Shinkolobwe, cuya producción se supone alcanza al 50% de la producción mundial.-

También Australia dispone de grandes reservas de uranio, en Radio Hill (Australia del Sur) y en Rum Jungle (Territorio del Norte).-

En los Estados Unidos ha aumentado notablemente la extracción de uranio de los minerales de la Meseta del Colorado, que contiene alrededor de 0,1 % de uranio. Se están realizando grandes esfuerzos para recuperar al uranio presente en el millón de toneladas de minerales de fosfato de Florida que se convierten anualmente en ácido fosfórico y de las que se espera extraer 100 toneladas de uranio por año.-

En la Unión de Sud Africa ya han entrado en funcionamiento tres plantas para la extracción del uranio de los residuos de las minas de oro. Los resultados obtenidos han sido tan favorables, que se proyecta realizar el tratamiento de los residuos correspondientes a 17 minas de oro, con lo cual se espera que Sud Africa

pasará a ser uno de los principales países productores de uranio.-

El resultado final es que de todos los yacimientos conocidos y utilizables de uranio, puede obtenerse una energía de 25 a 50 veces superior a la correspondiente a todas las minas de carbón del mundo. Por consiguiente, es perfectamente lógico considerar el uranio como un combustible mundial que puede reemplazar al carbón.-

Reservas minerales de torio.- El torio abunda más que el uranio en la naturaleza, suponiéndose que existe en la proporción de 1/100.000 de las sustancias que forman la corteza terrestre.-

La mena principal del torio, no es ninguno de sus minerales, sino un fosfato de tierras raras: la monacita. En la India existen importantes depósitos de monacita, con un contenido de 20 a 30% de bióxido de torio.-

Los minerales de torio propiamente dichos son pocos. Entre ellos sobresalen la torianita y la torita.-

La torianita es un óxido de torio y la torita, es el silicato de torio.-

En Ceylán hay también grandes reservas de monacita y algo de torita y de torianita.-

Las reservas de monacita que se conocen en los Estados Unidos tienen un contenido de torio inferior al 5 %.-

- b) Moderador.- El material del moderador debe tener una gran capacidad moderadora y una sección de captura de neutro

nes mínima.-

La alta capacidad de moderación es, por sí misma, una característica insuficiente, ya que en ella no está comprendida la capacidad del material de absorber intensamente a los neutrones. Así, por ejemplo, el boro tiene una capacidad moderadora más alta que el carbono; pero, es completamente inadecuado como moderador porque tiene una gran sección de captura de neutrones.

Las mejores moderadores son:

- El agua pesada
- El carbono
- El berilio
- El agua

El agua común sólo puede utilizarse cuando se admite una pérdida apreciable de neutrones. Ello es posible, por ejemplo, cuando el combustible nuclear es el uranio enriquecido.-

- c) Reflector.- Para los reflectores se utilizan los mismos materiales que para los moderadores y también se usan sustancias pesadas con una gran sección de dispersión y una pequeña sección eficaz de captura de neutrones.-
- d) Materiales de protección.- Todo reactor, debe disponer de una espesa coraza que lo cubra por todas partes, para proteger al personal que lo maneja, de las penetrantes radiaciones que se engendran en el interior del aparato. Existen dos peligros:

-Los neutrones extraviados que escapan a gran velocidad, a pesar de todos los esfuerzos realizados para detenerlos y utilizarlos.-

-Los rayos gamma, generados asimismo por las explosiones nucleares.-

Una brevísima exposición a los neutrones puede ser fatal, y los rayos gamma necesitan muy poco tiempo más para producir efectos mortíferos. Por esta razón se coloca una sólida coraza de unos dos metros de cemento, que rodea completamente al reactor y que absorbe esas peligrosas radiaciones. Puede utilizarse también una coraza más delgada de acero o de plomo; pero, en todo caso la absorción de las radiaciones debe realizarse necesariamente por medio de un muro macizo de átomos pesados.-

- e) Portador de calor.- Al elegirse el material destinado a ser portador de calor, deben tenerse en cuenta tanto sus propiedades nucleares como las térmicas. Un buen portador de calor debe poseer una pequeña sección de captura de neutrones y, en caso de ser utilizado en un reactor de neutrones rápidos, su coeficiente de moderación también debe ser reducido.-
- f) Materiales de construcción.- Interesa principalmente, el conocimiento de los materiales necesarios para los elementos mecánicamente resistentes de la estructura. Pertenecen a ellos las envolturas de los bloques de uranio,

las cañerías del refrigerante, las cañerías y los depósitos para el combustible nuclear líquido y las estructuras de sostén.-

Los materiales constructivos deben satisfacer las siguientes especificaciones generales: conservar la resistencia mecánica al ser irradiadas a alta temperatura, resistir a la corrosión y absorber pocos neutrones.- Por tales razones, se emplean, entre otros:

Aluminio.- La alta conductibilidad térmica del aluminio, la reducida sección de absorción neutrónica y una satisfactoria resistencia a la corrosión, determinan su aplicación para las envolturas de los bloques de uranio y para las cañerías del portador de calor, a temperaturas no mayores de 300° a 400° centígrados.-

Aceros inoxidables.- Son materiales cuya resistencia a la corrosión es excelente. Sirven para la fabricación de los caños en los sistemas de intercambio con metales, para los caños y recipientes de los reactores que trabajan con soluciones acuosas y metálicas. de uranio.-

Metales especiales.- Entre ellos se cuentan el zirconio, el molibdeno y el titanio, que poseen un alto punto de fusión y propiedades mecánicas bastante buenas.-

g) Equipos de control de la potencia del reactor.- El pará

metro principal que caracteriza la variación de la potencia es la reactividad, cuyo valor depende, en particular, de la posición de las barras de control. De modo que se puede regular la potencia del reactor desplazando dichas barras. El desplazamiento puede efectuarse a mano o automáticamente.-

h) Aparatos dosimétricos.- Estos aparatos pueden clasificarse en dos tipos:

- Dosímetros de utilización colectiva, destinados a la medición de la intensidad de radiación en los locales y en la zona.-
- Dosímetros individuales, destinados a la medición de la dosis de radiación recibida por cada colaborador en particular.-

El dosímetro de aplicación colectiva, tiene como elemento fundamental a la cámara de ionización, cuya intensidad de corriente es proporcional a la intensidad de la radiación gamma que le llega. La intensidad amplificada de la corriente de la cámara se mide con un amperímetro. Sus indicaciones pueden ser graduadas directamente en unidades de potencia de dosis, por ejemplo, en roentgen/hora. Partiendo de las indicaciones del dosímetro se puede calcular el tiempo durante el cual se puede trabajar, sin perjuicio para la salud, en un local dada.-

En cuanto al dosímetro de aplicación individual, consiste en aparatos portátiles que se colocan en un bolsillo, sobre el pecho del personal de servicio. Estos aparatos tienen como elemento fundamental una película fotográfica encerrada en una caja impenetrable a la luz. La penetración radiante gamma impresiona gradualmente la película a través de la capa del material de la caja y la película aparece oscurecida después de su revelación. Para poder utilizar una película como dosímetro hay que graduar, de antemano, una clase de película; es decir, medir su oscurecimiento en función de la dosis de irradiación.-

IV.- APLICACIONES DE LA ENERGIA NUCLEAR

La liberación de la energía nuclear tiene dos clases de consecuencias:

A) PARA LA GUERRA.-

Posibilidad de obtener armas, aptas para producir en todo el planeta una peligrosa catástrofe, para llevar el exterminio total de la vida animal y vegetal y de todas las obras humanas a regiones cada día más vastas; armas capaces hoy, con los isótopos artificiales radioactivos de larga vida media, de inficionar en forma duradera la atmósfera, el suelo, los océanos mismos, incluso lejos de las zonas atacadas directamente y contaminadas por las explosiones nucleares. Existe la previsión de destrucciones gigantescas, de extensos territorios hechos inhabitables y no utilizables para el hombre, además de las consecuencias biológicas que pueden producirse, ya sea por cambios inducidos en los gérmenes y microorganismos, ya por el resultado incierto que un prolongado estímulo radioactivo puede tener sobre los organismos mayores, comprendido el hombre, y sobre su descendencia. Es bien sabido, el peligro que para las generaciones futuras podría representar la intervención mutágena obtenible o acaso ya obtenida con nuevos medios, para desviar de su natural desarrollo el patrimonio de los factores hereditarios del hombre; incluso, porque entre semejantes desviaciones probablemente no faltan o no faltarían aquellas mutaciones patógenas que son la causa de enfermedades transmisibles y de monstruosidades.-

B) PARA LA PAZ.-

Posibilidad de proporcionar al trabajo del hombre energía a poco costo, para mitigar la escasez y corregir la desigual distribución geográfica de las fuentes de bienes y de trabajo; así como también, para ofrecer nuevas armas a la medicina, a la agricultura, y a los pueblos nuevas fuentes de prosperidad y de bienestar.

El conjunto de posibilidades, en los dos aspectos considerados (guerra y paz), con la liberación de la energía nuclear, es enorme. Así pues:

- A) PARA LA GUERRA.- El adagio latino: "Si vis pacem, para bellum" (Si quieres la paz, prepárate para la guerra), continúa siendo siempre de actualidad para los pueblos; y éstos, en consecuencia, no descuidan su preparación pertinente. La energía nuclear ha venido a acrecentar estas posibilidades y no obstante la continua prédica de proscribir y alejar la guerra atómica, biológica y química, los países prosiguen su precipitado perfeccionamiento. En cuanto a las armas atómicas, se tiene:
- 1) BOMBA ATOMICA.- Las características y experimentaciones, sobre esta poderosa arma moderna, ya han sido descriptas; y el resultado de las explosiones sobre las ciudades japonesas de Hiroshima y Nagasaki, durante la II Guerra Mundial (1939-1945), han dejado a la humanidad, el elocuente saldo de dos ciudades importantes, aniquiladas en su vida urbana é industrial, con 130.000 muertos y

70.000 heridos. Pero, como si esas terribles consecuencias no fueran suficientes, "a posteriori", están apareciendo otras, tales como:

El Congreso Nacional de Parteras Japonesas acaba de publicar (octubre de 1957) un informe verdaderamente impresionante, que ha sido considerado en el Japón y los Estados Unidos, como una de las comunicaciones más terribles de estos últimos años.

Antes de la explosión de la bomba atómica, el número de niños anormales en Nagasaki no era ni más ni menos elevado que en las otras partes del mundo. El porcentaje era casi insignificante. Pero, después de la explosión de la bomba atómica la situación ha cambiado en sentido catastrófico: sobre 30.150 nacimientos, ocurridos en nueve años; es decir, desde la fecha de la explosión, hay 4.283 anormales, es decir 1 niño por cada 7. En ese número, 471 nacieron muertos y 181 embarazos debieron ser interrumpidos por razones médicas. Entre las 3.621 anomalías restantes hay: 1.046 niños cuya osatura, músculos, piel y sistema nervioso están degenerados, 429 atacados de deformaciones labiales y bucales, 243 con deformaciones de los órganos internos, 47 con el cerebro deformado y 25 que carecen de él y 8 carentes de ojos y órbitas.

Diarios japoneses y norteamericanos están de acuerdo en afirmar que, "este terrible balance publicado por las parteras japonesas demuestra con espantosa precisión el peligro de la energía nuclear y la amenaza que pesa

sobre la humanidad: una sola bomba atómica ha bastado para deteriorar generaciones enteras".

- 2) BOMBA DE HIDROGENO.-- Estas bombas tienen por fundamento las reacciones termonucleares, que liberan una energía, diez veces superior a la obtenida por la fisión del uranio, por cada unidad de peso de la substancia que produce la reacción.

En la bomba de hidrógeno, la bomba atómica desempeña el papel de detonador.

La explosión de una bomba de hidrógeno, de forma semejante a la de la bomba atómica, va acompañada de los mismos factores destructivos:

- La onda de choque.
- La radiación luminosa.
- La radiación penetrante.
- La radioactividad residual.

Pero, estos factores destructivos, son de un valor muy superior a los de la bomba atómica.

Si la envuelta de la bomba de hidrógeno se fabrica de cobalto metálico, se tiene la bomba de cobalto; y en este caso, los neutrones emitidos durante la explosión, reaccionarán con el cobalto, formándose el isótopo radioactivo de este elemento. El Cobalto 60, tiene un período de semidesintegración aproximado de 5 años y emite rayos gamma.

- 3) ARMAS DE LA GUERRA RADIOLOGICA.-- Cuando penetran en nuestro organismo elementos radioactivos, la radiación emite

da por ellos puede provocar enfermedades muy graves e incluso la muerte. Por tanto, pueden emplearse para fines bélicos, además de las bombas atómicas y de hidrógeno, las sustancias radioactivas, como medio de destrucción en masa.

Los isótopos radioactivos, resultantes de la fisión del uranio y del plutonio, se obtienen en grandes cantidades en los reactores nucleares (pilas atómicas), como productos residuales.

Estas sustancias radioactivas, como armas de la guerra radiológica, pueden utilizarse en forma de líquidos, de humos o en el polvo. Estos últimos pueden obtenerse impregnando con sustancias radioactivas cuerpos sólidos porosos. Las materias radioactivas pueden también mezclarse con adhesivos especiales, con objeto de que se peguen fácilmente a la ropa, construcciones u otros objetos. Las sustancias radioactivas pueden, asimismo, utilizarse en combinación con los agresivos químicos ordinarios, constituyendo compuestos de alta toxicidad.

Con sustancias radioactivas pueden, también, rellenarse las bombas de aviación, los proyectiles, los torpedos, las minas, etc.

La utilización de las armas de acción radiológica supone la contaminación radioactiva (radioactividad residual) del terreno y del aire, de la misma manera que durante las explosiones atómicas.

Una herida con balas de proyectiles de esta clase, supone la penetración de sustancias radioactivas en la

sangre. Las bombas y proyectiles incendiarios, rellenos de substancias radioactivas, presentan, además, el peligro de que al apagar los incendios por ellos producidos puede contaminarse el personal, debido a las radiaciones emitidas por los productos radioactivos y a la presencia de éstos en el aire.

Los isótopos de más aplicación son los emisores de rayos gamma. Los elementos radioactivos que despiden partículas alfa y beta son peligrosos únicamente en el caso de contacto directo con la piel o de penetración en el organismo a través de las vías respiratorias y del tracto alimenticio.-

- B) PARA LA PAZ.- La radiación nuclear y las perspectivas de esta energía, han afectado muchos aspectos de la vida humana. Al analizar los efectos causados por la primera revolución industrial y por la introducción de nuevos métodos técnicos, se puede deducir que el desenvolvimiento de la energía atómica va a producir repercusiones intensas en los aspectos económicos, sociales y políticos.

El átomo constituye una fuente abundante de energía, que podrá ser empleado provechosamente por aquellas zonas que carecen de recursos para producir energía o donde se haya previsto una escasez en el porvenir.

El funcionamiento de un reactor nuclear es acompañado por la acumulación de productos de fisión que pueden utilizarse con fines científicos e industriales. Esta acumulación de enormes cantidades de isótopos radioactivos (residuos de instalaciones energéticas nucleares) per-

mite desarrollar aplicaciones que antes eran imposibles. Así por ejemplo, se hace uso masivo de las fuentes de radiaciones gamma con fines de defectoscopia, de activación de las reacciones químicas, de la esterilización de los productos alimenticios, etc. También, se están haciendo interesantes tentativas de utilizar las fuentes potentes de radiaciones gamma para la transformación directa de energía nuclear en eléctrica, sin recurrir a la forma térmica.

Las materias radioactivas, como "trazadores", tienen importantes aplicaciones: Al introducir átomos radioactivos a un compuesto químico, aquellos podrán ser observados aun cuando el compuesto ya haya sufrido un cambio químico. Con los trazadores, los científicos están descubriendo los secretos de la fotosíntesis, o sea la propiedad que tienen las plantas de absorber luz solar y aprovechar esta energía para su crecimiento y producción de alimentos y oxígeno para el ser humano. Los trazadores permiten que el hombre de ciencia pueda seguir todas las etapas de este complicado proceso.-

A continuación se especifican las aplicaciones más fundamentales de la energía nuclear:

- 1) INDUSTRIA.- La radiación y las materias radioactivas, permiten:
 - a) Controlar, automáticamente, el espesor durante la fabricación de determinados productos.
 - b) Determinar la proporción de minerales en los procesos de fundición de metalurgia, y lograr nuevas aleaciones metálicas.

- c) Determinar la medida de la fricción de los componentes de una máquina y, por consiguiente, el estudio de la eficacia de los lubricantes.
 - d) Controlar la circulación del petróleo en los oleoductos.
 - e) Medir el nivel de un líquido dentro de un depósito cerrado.
 - f) Proteger las manos del operador de una máquina y evitar contactos peligrosos.
 - g) Determinar el desgaste de suelas de zapatos, de pisos encerados, de superficies de carreteras, de neumáticos, de pinturas, de hormigón y de muchos metales.
 - h) Perfeccionar la calidad y la eficacia de jabones, detergentes, dentífricos, cosméticos, etc.
 - i) Medir la penetración de los productos químicos que se usan para la preservación de los postes de teléfono o de las vigas de madera.-
 - j) Determinar las fugas en las tuberías subterráneas.
 - k) Descubrir los defectos en los distintos productos metálicos, hierro colado, soldaduras, etc.
- 2) AGRICULTURA.— En la agricultura han sido más numerosas que en la industria las aplicaciones de los radioisótopos. Así pues:

- a) El uso de los abonos, constituye uno de los factores más importantes en el costo de la producción de alimentos. En este sentido, el fósforo radioactivo ha de mostrado ser de un valor incalculable. Mezclado al fosfato del abono señala inmediatamente el proceso de asimilación en la planta.

- b) Las investigaciones realizadas sobre la función de los trazadores han mostrado que el ácido fosfórico que se añade al agua de riego, produce los mismos resultados que el fósforo en polvo esparcido sobre el suelo.

- c) Se ha comprobado que el metabolismo de las plantas puede modificarse totalmente mediante el empleo de ra dioelementos, así se ha logrado con el tabaco, remolacha, manzano y plantas oleaginosas.-

- d) Se han realizado investigaciones para determinar el proceso bioquímico de las enfermedades de los frutos, con el fin de llegar a métodos de profilaxia más efi cientes.

- e) El empleo de radioelementos da lugar al aumento del rendimiento de cosechas y, a lo que parece, también a suavizar las oscilaciones de este rendimiento en fun ción de las variaciones meteorológicas.-

- f) Los radioisótopos pueden provocar y acelerar las muta

ciones artificiales en diversas plantas y permiten estudiar el proceso de la mutación en todos sus detalles. Así, se puede dar a la cebada, por ejemplo, algunas de las cualidades del trigo, y al trigo determinadas ventajas de la cebada.

g) Gracias al empleo de los radioisótopos, la agricultura logrará con el tiempo beneficios cada vez mayores. La Organización de la Agricultura y la Alimentación, organismo especializado de las Naciones Unidas, en un informe presentado a la Conferencia atómica de Ginebra (1955), señala que la aplicación de la energía atómica, y de sus derivados, a los esfuerzos realizados para atender las necesidades alimenticias de una población mundial en pleno aumento, dará, a la larga, resultados más ventajosos que los que el empleo de la potencia atómica pudiera proporcionar a la industria.

3) MEDICINA.- El empleo de los radioelementos en medicina, puede dividirse, en:

A) Diagnóstico de enfermedades.

B) Aplicaciones terapéuticas.

A) Diagnóstico de enfermedades.- El radiofósforo, por ejemplo, puede aplicarse, en tal concepto, en los siguientes casos:

a) Para conocer la eficiencia del corazón, por cuanto permite llegar a determinar el tiempo necesario

para obtener la mezcla completa de glóbulos rojos marcados en el torrente sanguíneo y la medida de las actividades de muestras tomadas a intervalos sucesivos de tiempo. En las personas normales se obtiene una mezcla completa en muy pocos minutos; pero, en los casos de extrema insuficiencia cardíaca, la mezcla se completa sólo después de una hora.

- b) Para localizar una clase especial de tejido, como por ejemplo, tejidos humorales que poseen una absorción selectiva frente a los demás tejidos del radifósforo. Esta técnica ha sido aplicada especialmente al cerebro.
- c) Para investigar la distinción entre tumores benignos y malignos del pecho, mediante mediciones de superficie que indiquen su absorción de radiofósforo.

B) Aplicaciones terapéuticas.- El radiofósforo (Fósforo 32) se emplea en la irradiación interna eficiente de tejidos anormales, para lo cual es necesario que la fuente de irradiación sea concentrada, en lo posible, en el tejido mismo. Así, por ejemplo:

- a) La "Polycythemia vera", es una enfermedad que presenta una producción excesiva de glóbulos rojos, hasta el punto de alcanzar éstos 14 millones por

milímetro cúbico, siendo la normal de 5 millones. Presenta, además, un aumento considerable en el volumen de la sangre de hasta dos o tres más de lo normal, y este efecto está vinculado con una acti vidad excesiva de la médula ósea.

Administrando radiofósforo en estas circunstan-
cias, se obtienen resultados muy favorables.-

b) La leucemia puede tratarse con Fósforo 32, admi-
nistrando frecuentes inyecciones endovenosas de u
na solución de pequeña cantidad de fósforo radio-
activo, disminuyendo las dosis y espaciándolas a
medida que disminuye la cantidad de glóbulos blan-
cos hacia lo normal.

c) Se ha empleado, también, el Fósforo 32 en metástá-
sis del hueso, generalizada, procedente de carci-
noma del tórax, en enfermos en los cuales no era
posible otro tratamiento, lográndose alguna mejo-
ría en el estado del paciente y aun regeneración
del hueso.-

4) BIOLOGIA.- Las investigaciones realizadas con diferentes
radioisótopos han permitido establecer muchos procesos
químicos del organismo animal, aun desconocidos. Por ejem-
plo, han demostrado que:

a) Las sustancias que integran el organismo están en un
proceso continuo de substitución, de tal suerte que
el cuerpo se renueva totalmente cada doce meses.

- b) Las grasas ingeridas no se queman inmediatamente para producir energía, sino que se depositan en los tejidos grasos, hasta que se agotan las grasas ya existentes.
- c) Las proteínas que se encuentran en los alimentos sirven para formar los tejidos, los músculos y las células nerviosas, mientras se van descartando las proteínas ya existentes, por un proceso de oxidación y eliminación.-
- d) Los tejidos óseos, también, se renuevan constantemente.
- e) Toda persona y todo animal se renuevan físicamente, por lo menos, una vez por año; a excepción de los átomos de hierro que se encuentran en los glóbulos rojos. De manera que, nadie es el mismo después de algún tiempo.
- f) Los trabajos efectuados con el radioyodo, para la exploración bioquímica del tiroides, han servido para desentrañar los complejos problemas que tienen relación con este importante órgano, considerado como elemento esencial para el mantenimiento de la salud. Así se ha llegado a la conclusión de que, el tiroides llega a acumular 80 veces más cantidad de yodo que el resto del organismo.-

- g) Los estudios bioquímicos, realizados con los isótopos radioactivos del nitrógeno, han permitido esclarecer el intrincado problema del metabolismo de las proteínas.
- h) Los radioisótopos del estroncio, tienen la propiedad de acumularse en los huesos, hecho que ha servido de base para el esclarecimiento de un moderno y esperanzador tratamiento de los tumores osteogénicos.
- i) Uno de los problemas más importantes de la biología es el estudio de la fotosíntesis: Reacción química fundamental de que depende toda vida y que consiste en la acción de las hojas de las plantas de clorofila que utilizan la energía solar para transformar el anhídrido carbónico y el agua en sustancias vegetales.

Sin esta reacción no habría plantas y, sin plantas, los animales carecerían de alimentos; no sería posible la vida.

Por consiguiente, es importante utilizar el método de los trazadores para estudiar la citada reacción de fotosíntesis, labor que se realiza en numerosos laboratorios de gran cantidad de países; pero, que aun no ha permitido llegar a un completo conocimiento de esa reacción; pues, todavía se desconocen muchos aspectos, por ejemplo: no se sabe cómo se separa el oxígeno del carbono del anhídrido carbónico para ser utilizado en la formación de los tejidos ve

getales.

De manera que, la solución del problema de la fotosíntesis significará un gran paso en el estudio del crecimiento de los organismos vivos.-

j) De manera que, hasta hace poco, la investigación científica no estaba capacitada para conocer las múltiples reacciones químicas que en su conjunto constituyen el proceso de la vida. Hoy los isótopos de carbono, hidrógeno y otros elementos, permiten realizar lo que equivale a una visión de las operaciones secretas e internas de las células vivientes y de las reacciones que en ellas se producen, y aportan la esperanza de que un día se llegará a conocer la esencia misma del proceso vital.-

5) QUÍMICA.- La parte de la química que se ocupa de estudiar las reacciones que tienen lugar bajo la acción de las radiaciones se llama radioquímica, gracias a la cual se ha logrado elevar considerablemente la velocidad de los procesos, tales como la polimerización, la halogenización y la oxidación.

a) Polimerización es la reacción química en la cual una gran cantidad de moléculas iguales se unen para formar una molécula grande. Muchos materiales, tales como plásticos, el caucho sintético, se obtienen por medio de la polimerización. Esta se efectúa, generalmente, a altas presiones y temperaturas. Así, por ejem

plo, para obtener un polímero ampliamente difundido, el polietileno, se necesita una temperatura de varios centenares de grados y una presión de varios miles de atmósferas.

Se ha comprobado que la polimerización puede efectuarse por irradiación a temperaturas y presiones más bajas. Para ello se necesitan dosis de cientos de miles de roentgen, que se pueden obtener, sin dificultad, de los productos radioactivos de fisión. Se tienen noticias de que el polietileno puede obtenerse bajo la acción de la radiación a una temperatura de aproximadamente 200° C. y a la presión atmosférica, hecho que simplifica considerablemente las instalaciones de producción. Sin embargo, interesa aún más la obtención de nuevos polímeros, que no ha sido posible sintetizar por métodos viejos. Ya se han obtenido los primeros éxitos en ese sentido. Por medio de la irradiación se ha logrado polimerizar ciertos compuestos orgánicos. Es indudable que la polimerización por medio de la irradiación puede llevar, en la práctica, a la creación de nuevas sustancias, con propiedades singulares.-

- b) Halogenización es la combinación de los halógenos (flúor, cloro, bromo, yodo) con distintos elementos químicos. Se sabe que estas reacciones se llevan a cabo lentamente en la obscuridad y rápidamente en presencia de la luz. De allí, que se use actualmente, en calidad de activador de las reacciones de halogenización, la irradiación con rayos ultravioletas. Al so-

meterse las substancias reactivas a irradiaciones de gran energía, se obtiene un gran rendimiento. Aquí, también, se pueden utilizar las radiaciones gamma de los productos de fisión nuclear.-

- c) Oxidación es someter un cuerpo a la acción del oxígeno gaseoso o bien a la del ozono u otro cuerpo que dé con facilidad dicho oxígeno.

Las radiaciones gamma, también, pueden acelerar, notablemente, los procesos de oxidación.-

- 6) METALURGIA.- Para los metalúrgicos es de sumo interés conocer la velocidad de difusión de los diversos átomos en las aleaciones, puesto que sus propiedades varían al cambiar la posición mutua que ocupan los átomos, este problema y otros más, son resueltos mediante el empleo de átomos radioactivos.

En efecto:

- a) El acero es una aleación de hierro y carbón. La existencia de una pequeña cantidad de carbono en la mezcla, confiere al hierro elevada dureza. En el acero, los átomos de hierro y de carbono están dispuestos de un modo determinado.

Los átomos de carbono cambian de posición con el transcurso del tiempo. El acero, como se dice corrientemente, envejece y varían sus cualidades (resistencia a la extensión, dureza, etc.). Estos cambios

de los átomos en las aleaciones, pueden registrarse por medio de los átomos trazadores. Estas investigaciones son de gran importancia para todas las ramas de la industria que utilizan aleaciones.

- b) Las aleaciones son cuerpos de estructura cristalina. Muchas de las propiedades de las aleaciones dependen de las aleaciones de la magnitud de los cristales y de su distribución en la masa.

La estructura de las aleaciones y la disposición y magnitud de los cristales, se puede determinar por medio de los átomos trazadores.-

- c) Para la fabricación de aceros especiales, por ejemplo, inoxidable, para cojinetes, etc., durante la fundición se adicionan diferentes metales. Durante el proceso de fundición se eliminan las impurezas de azufre y fósforo que acompañan al acero, provocando la combustión del primero, mediante un calentamiento prolongado de la masa fundida y transformando el segundo en escoria fácil de separar.

Todas estas operaciones pueden controlarse fácilmente por medio de los átomos trazadores.-

- d) A fin de distinguir, sin realizar el análisis correspondiente, las diferentes clases de acero, por ejemplo; acero al manganeso, se emplean los átomos radioactivos.-

- e) Para observar la estructura interna de los objetos metálicos, con el objeto de descubrir cavidades, grietas, burbujas de gas, etc., que puedan existir en la masa constitutiva, se procede de la siguiente manera: Hasta hace algún tiempo, se empleaban radiografías obtenidas con rayos X. Sin embargo, las instalaciones de rayos X empleadas en la industria permiten investigar la estructura interna de piezas metálicas con espesores de 5 centímetros, como máximo. Los rayos gamma penetran a mayores profundidades, no obstante, debido al alto precio del radio, su utilización no se ha difundido ampliamente. Varios isótopos radioactivos artificiales, especialmente el Cobalto-60, pueden perfectamente reemplazar a las instalaciones de rayos X y al radio. Por medio de estos isótopos radioactivos artificiales, como el Cobalto-60, pueden radiografiarse piezas de gran espesor (hasta de 30 centímetros).
- 7) ELECTRICIDAD.— Es en el reactor donde se libera la energía para la producción de electricidad en las centrales atómicas. En este caso, el reactor desempeña el mismo papel que el hogar en una central térmica.

La cantidad de electricidad a generar, a partir de la energía nuclear, depende:

- 1°.- De la demanda de energía eléctrica.
- 2°.- Del costo relativo.
- 3°.- De las ventajas que ofrezca la energía nucleoelectrónica comparada con los demás medios de producir electricidad.—

Debido a los múltiples usos de la electricidad, la existencia de un sistema de suministro puede hacer que aparezca la demanda, y obligar así a ampliar ese suministro. Por lo tanto, al evaluar la demanda futura de electricidad, se deberá tener en cuenta el papel básico que desempeña al proporcionar la energía esencial para desarrollar determinados programas industriales y agrícolas y la dinamicidad de su demanda durante el proceso de desarrollo económico y social.

El costo de producción de la energía eléctrica, a base de energía nuclear, es hoy relativamente elevado, a pesar de que una pequeña cantidad de combustible tiene un gran rendimiento energético en potencia. El costo tiene dos elementos principales:

- 1.- La importante inversión de capital necesaria para el equipo y estructuras.
- 2.- Lo que cuesta el abastecimiento y uso del combustible.

De acuerdo a los estudios que se han realizado últimamente, en los principales países del mundo, se ha llegado a la conclusión de que, los costos de producción de energía eléctrica, con métodos clásicos, tendrían un ritmo de crecimiento en los años venideros, principalmente, debido al aumento del costo de los combustibles. Al mismo tiempo, los costos de energía eléctrica producida en plantas nucleares, irán descendiendo, de modo tal que, alrededor del año 1965, serían iguales o inferiores a los costos en usinas clásicas.-

Por otra parte, también hay que tener en cuenta que, los procedimientos para la obtención de la energía nuclear, evolucionan con ritmo acelerado, simplificándose y también abaratándose. Así pues:

- a) La acumulación de grandes cantidades de sustancias beta-activas, permite estudiar métodos para obtener energía eléctrica nuclear, sin pasar por la forma térmica. Los trabajos, en ese sentido, no han dado aún resultados de aplicación industrial; pero, ya han permitido crear baterías experimentales de alto y de bajo voltaje, de pequeñas potencias.
- b) Según informe reciente de la revista norteamericana "Radio Electronic", el doctor Linder, de la "R.C.A.", ha pâtentado un nuevo sistema de aprovechamiento de energía atómica, por la transformación directa de esta energía en energía eléctrica, sin los pasos intermedios de calor y vapor. Este nuevo sistema, de resultar aplicable, en la práctica, determinará una nueva revolución, no ya industrial, sino doméstica, por cuanto permitirá el empleo de la energía atómica en el hogar, cosa que, hasta ahora, parecía imposible.-

Todos los países del mundo teniendo en cuenta que, el nivel de vida de los mismos es directamente proporcional al consumo de energía, y siendo la energía eléctrica la más cómoda y útil, tratan de acrecentarla en toda forma, sobre todo, instalando centrales núcleoeléctricas. En efecto:

-Las Naciones Unidas informan en 1957, sobre la cantidad de centrales nucleoelectricas, que instalarán seis países, indicando el año en que funcionarán:

Brasil:	1	Funcionará en	1961
Canadá:	1	" "	1959
Francia:	1	" "	1959
Reino Unido:	Varias	" "	1961/62
Rusia:	2	" "	-
Estados Unidos:	12	" "	1957/62

-Otros países, también, tienen vastos programas de construcción de centrales nucleares, tales como:

.Para 1965:

Italia:	1.000.000	de Kw.
Japón:	600.000	" "
Dinamarca:	400.000	" "
Polonia:	400.000	" "
Suecia:	600.000	" "
Alemania Occ.:	500.000	" "

-España tiene proyectado que para 1975 dispondrá de una capacidad de 6.000.000 de Kw.; y Checoslovaquia está ya construyendo su central nuclear, de una capacidad de 150.000. Kw.

-Cuba, tendrá para 1961, una central nuclear de 22.000 Kw.

-Latina (Italia)-RP.; 20-XI-58: Fué colocada la piedra fundamental de la primera planta de energía nuclear de

Italia, que se levantará con ayuda británica, cerca de esta localidad.-

- 8) ALIMENTACION.- Los alimentos, químicamente considerados, son también combustibles que proporcionan al cuerpo de los animales la energía necesaria para sus actividades. Ciertamente es que, también proporcionan las sustancias necesarias para su desarrollo y mantenimiento, pero la mayor proporción de los elementos consumidos sirven para proporcionar energía.

Las complicadas moléculas de las sustancias alimenticias quedan reducidas a moléculas más simples: éstas, al encontrarse con el oxígeno aportado desde los pulmones, por la corriente sanguínea, se combinan con él para formar anhídrido carbónico y agua, que son eliminados. Durante este proceso los músculos y las células nerviosas del cuerpo se apoderan de la energía y la utilizan para realizar su trabajo y mantener el calor corporal.

Los alimentos son clasificados según su valor como fuente de energía, medida en calorías. Una caloría es la cantidad de energía necesaria para elevar en un grado centígrado la temperatura de un litro de agua. Se estima que el número mínimo de calorías diarias necesario para mantener el cuerpo humano, en buenas condiciones de salud, es de unas 3.000 .-

Si la población mundial continúa creciendo al ritmo actual (30 a 35 millones por año), algunos científicos anticipan que, puede llegar un momento en que los recursos mundiales para alimentar a la humanidad, podrían resultar escasos.

Esto confirmaría la tesis del economista inglés Robert Thomas Malthus, expuesta en 1798, de que la población tiene tendencia a crecer en progresión geométrica, mientras que la producción sólo aumenta en progresión aritmética. Con este irresistible crecimiento de la población, apreciaba Malthus un grave peligro para el equilibrio económico del mundo y explicaba la pobreza como una consecuencia de este crecimiento.

La pesimista tesis de Malthus no se ha confirmado; pero, en cualquier forma, la adecuada alimentación de la humanidad, constituye un problema de capital importancia que debe preocupar seriamente a los gobiernos de todos los países.

La radioactividad, con sus múltiples posibilidades, viene a coadyuvar en esta importante situación, contribuyendo al crecimiento cuantitativo y cualitativo de los alimentos y a resolver todos los problemas conexos para una mayor eficiencia.

En tal sentido, los isótopos radioactivos tienen importantes aplicaciones en el campo de la nutrición humana, los cuales han permitido realizar trabajos sobre el metabolismo de las grasas y proteínas y sobre la nutrición mineral. Esos estudios facilitarán mucho la mejor comprensión de la fisiología de la nutrición humana. Esto, a su vez, influirá en la forma de utilizar las existencias de alimentos disponibles y, por ende, ayudará a establecer los regímenes alimenticios suficientemente equilibrados que tan importantes son para el mantenimiento de la salud y la eficiencia del hombre.-

9) CONSERVACION DE LOS ALIMENTOS.- Las bacterias que se encuentran en los productos alimenticios desarrollan procesos de putrefacción o de fermentación. Actualmente la esterilización (total exterminación de los microorganismos) o la pasteurización (exterminación de la mayor parte, aproximadamente 90% de los microorganismos) se efectúa principalmente por calentamiento de los productos. En algunos casos (legumbres, frutas, medicamentos) ese calentamiento se inadmisiblemente y la conservación y el transporte de dichos productos presenta serias dificultades. En vista de ello, la atención de los biólogos fué atraída por la posibilidad de eliminar los microorganismos por medio de fuertes dosis de irradiación. De ese modo, la pasteurización y la esterilización se llevan a cabo sin elevar la temperatura de los productos tratados.

Se ha establecido que:

- a) Para la pasteurización de los productos alimenticios se necesita una dosis de radiación del orden de los 10.000 a 100.000 roentgen.
- b) Para la esterilización se necesita una dosis aun mayor, de 1 millón de roentgen.-

Las dosis de semejante magnitud sólo pueden obtenerse de fuentes radioactivas artificiales y en particular de los productos de fisión gamma activos. Es de lamentar que el efecto de la esterilización es acompañado, frecuentemente, por otros fenómenos indeseables que se manifiestan en forma de un olor específico difícil de neutralizar. De allí

que no se pueda considerar que el método de esterilización de los productos alimenticios haya sido elaborado definitivamente. Sin embargo, en aquellos casos, cuando la importancia de los efectos colaterales es secundaria, por ejemplo en el tratamiento de las semillas, de los medicamentos, etc. la esterilización por medio de la irradiación puede ser ampliamente utilizada. Los ensayos hechos con las papas, han demostrado que los tubérculos irradiados, con una dosis de 1 millón de roentgen, se conservan en buen estado aproximadamente un año.-

- 10) TRANSPORTES.- Hasta el momento, no se ha encontrado una solución satisfactoria al importante problema de la radioactividad y de los peligros que de ella se derivan.

En diferentes países se han previsto medidas de seguridad para disminuir estos riesgos al mínimo. La "Comisión internacional para la protección contra las radiaciones" (países occidentales) ha establecido, como "norma de exposición permisible máxima", 0,3 roentgen por semana, dosis que el hombre puede soportar indefinidamente. Los rusos han fijado, también, una norma semejante, estableciendo un límite diario de 0,05 roentgen.

El peligro de la radioactividad dificulta el desarrollo de la utilización de la energía atómica en el campo de la propulsión de los transportes en general.

El problema fundamental que se presenta al proyectar una instalación energética de transporte consiste en lograr dimensiones y pesos mínimos. Si bien la densidad de emisión

de energía en la zona activa del reactor alcanza a 10.000 a 20.000 Kw/m³, cantidad que supera 100 veces el rendimiento volumétrico de energía de las instalaciones térmicas corrientes, las relaciones definitivas en lo que a volumen y peso se refieren, están muy lejos de favorecer la instalación nuclear, debido a la necesidad de tener una pantalla de protección potente, que preserve contra los efectos de la irradiación.

Sin embargo, el problema de crear un transporte que sea independiente de las bases de combustible, es a tal punto importante, que aún con esa relación desventajosa entre las instalaciones de ambos tipos, se concede una gran atención a los estudios y proyectos de las plantas energéticas nucleares. En efecto:

A) Transportes terrestres.-

- a) Por ferrocarril.- Aunque los costos de energía representan cerca del 8% de los costos de explotación del ferrocarril, hay otros gastos de explotación que varían según el tipo de energía motriz utilizada.

Para el aprovechamiento de la energía nuclear en los transportes ferroviarios, se presentan dos problemas;

- 1.- Utilizar los reactores nucleares directamente en las locomotoras.
- 2.- Utilizar la electricidad atómica para acrecentar la electrificación de las vías férreas, en sustitución de las locomotoras que usan combustible.

Para el primer caso, se han realizado diferentes estudios, entre los cuales, el siguiente: Se prevé la utilización de un reactor homogéneo que contenga 9 Kg. de Uranio 235, en forma de una solución de sulfato de uranilo en agua pesada.

El reactor, cuyas dimensiones son de 60x90x90 (en centímetros), está rodeado por una pantalla de hormigón de 120 cm. de espesor y que pesa 200 toneladas. La potencia térmica del reactor es de 30.000 Kw, la potencia útil del motor es de aproximadamente 5.000 Kw. (7.000 H P). La longitud de la locomotora, junto con el tender, donde está instalado el refrigerador, es de 48 m. y el peso total de 327 toneladas. Se señala que, el peso de una locomotora actual, con tender, es de más o menos de 200 toneladas, para una potencia de, aproximadamente 3.000 Kw. De modo que, las potencias y los pesos de las locomotoras modernas que marchan a carbón y de la locomotora nuclear proyectada, son perfectamente comparables.

Ahora, interesa comparar su autonomía; es decir, la longitud de su trayecto sin reaprovisionamiento de combustible. Se considera que, ambas locomotoras tienen la misma potencia útil de 5.000 Kw. y una velocidad de 50 Km/h. Sea 8% el rendimiento de la locomotora a carbón. En estas condiciones, se ha establecido que, la autonomía de:

- La locomotora a carbón, es de 13 horas; es decir, con un recorrido de 650 Km.

- La locomotora nuclear, es de 600 horas; es decir, con un recorrido de 30.000 Km.

Luego la autonomía de la locomotora nuclear es 46 veces superior a la autonomía de la locomotora a carbón.

Con respecto al segundo caso; es decir, a la electrificación de las vías férreas, con electricidad atómica; es cuestión de poder obtener la producción de esta electricidad, con un costo inferior a la otra (clásica), lo que se está en vía de obtener, mediante los sorprendentes progresos que se están realizando en esta especialidad.-

b) Por carretera.- Según el doctor L.R. Halfstad, especialista en energía atómica, el reactor de automotor constará de una masa crítica de plutonio, de un diámetro comprendido entre 33 y 66 cm., rodeada por una coraza protectora de 1,8 metros de espesor. Siendo esto así, bien se puede apreciar que, por ahora, no puede pensarse en que un tan voluminoso y pesado equipo sea capaz de ocupar el sitio del depósito actual de gasolina.-

B) Transportes acuáticos.- El elemento de transporte más adecuado para instalar en él una planta energética nuclear es, indudablemente, un barco, el peso y las dimensiones de cuyas máquinas tienen menos importancia que en los otros medios de transporte.

De los medios de transporte acuáticos nucleares que, hasta ahora, se tiene conocimiento, son:

a) Barcos de superficie:

1.- Rompehielos (Ruso), desplaza 16 mil toneladas, tiene una instalación nuclear de 200.000 H P de potencia térmica y motores de 44.000 H P.

Si se compara este rompehielos con uno de igual desplazamiento, que funcione con combustible común, se verá que el primero podrá navegar 10 a 12 veces más tiempo, sin entrar en puerto y tiene una potencia una vez y media mayor.

En un rompehielos común hasta el 30% de su capacidad se utiliza como depósito de combustible. En un rompehielos de energía nuclear las reservas de combustible ocupan un espacio ínfimo y una parte considerable del desplazamiento del barco puede aprovecharse para aumentar la resistencia de su estructura. Se espera que esta embarcación pueda abrirse camino entre los grandes hielos que no dejan pasar a los rompehielos comunes.

La tripulación del barco tiene una protección segura contra la acción de la irradiación del reactor. La pureza de los locales es controlada con equipos dosimétricos sensibles. El reactor y los motores son dirigidos desde un puesto central limpio y cómodo. El pesado trabajo de los fogoneros está eliminado.-

- 2.- Crucero Long Beach (Norteamericano), tendrá dos reactores, podrá alcanzar velocidades cercanas, a los 40 nudos. Desplazará 14.000 toneladas y , tendrá 210 metros de largo, previéndose que estará terminado en 1960, a un costo total de 87 millones de dólares.

- 3.- Portaaviones (Norteamericano) de 85.000 toneladas, será terminado en 1961, contendrá 8 reactores, tendrá un radio de acción de 130.000 Km. antes de tener que reemplazar el núcleo del reactor. Su velocidad será de 33 nudos y costará 314 millones de dólares.

b) Submarinos:

- 1.- Nautilus (E.U.), autorizado en 1952, costó alrededor de 90 millones de dólares y tiene un desplazamiento de 3180 toneladas, con una longitud de 100 metros.

- 2.- Seawolf (E.U.) de características similares al Nautilus.

- 3.- Skate (E.U.), de 2.200 toneladas, de tamaño mediano. Su reactor es de un tamaño igual a la mitad del correspondiente al reactor del Nautilus, su velocidad es de más o menos 20 nudos.

- 4.- Tritón (E.U.), tiene un desplazamiento de 6.000

toneladas y cuesta 109 millones de dólares. Es, probablemente, el submarino más grande del mundo y está capacitado para suministrar información especial por un equipo de radar.-

Los tres primeros submarinos, ya han hecho extensos recorridos sumergidos, con excelentes resultados, habiendo permanecidos sumergidos, los días que se indican a continuación:

- Nautilus : 28 días
- Seawolf : 60 "
- Skate : 31 "

C) Transportes aéreos.-- Los países más adelantados en el estudio y aplicación de la energía nuclear, continúan sus experimentaciones, a fin de poder adaptar a los transportes aéreos todas las ventajas que presenta la energía nuclear.

Algunos técnicos, ya han hecho referencias sobre las probables características que presentarán los aviones atómicos, tales como:

- a) Serán impulsados con máquinas a chorro o cohetes, si milares a las que ya están en uso en los aviones supersónicos; pero, la fuente de energía no será gasolina, sino calor proveniente de reactores atómicos.
- b) Estarán cargados con corazas enormemente pesadas (probablemente de plomo), a fin de proteger de la radiación atómica al piloto y a la tripulación; pero,

no habrá tanques de combustibles de los cuales precuparse.

- c) Se podrá dar la vuelta al mundo, a una velocidad increible y en un vuelo continuo, sin paradas para abastecerse de combustible, ya que su duración y rendimiento serán prácticamente ilimitados.-

La última palabra, sobre el motor atómico para aviones, la pone de manifiesto el siguiente comunicado:

Ginebra, 6 septiembre 1958 (AP).-

El primer motor nuclear norteamericano de aviación ha funcionado perfectamente, a pleno régimen, en banco de prueba, durante 230 horas, según se informó hoy a la Conferencia Atomos para la Paz. El jefe del departamento motores nucleares de aviación de la General Electric, señor D. Roy Shoult, dió a la Conferencia una descripción técnica de las pruebas realizadas, desde comienzo del año último.-

V.- ECONOMIA Y POLITICA

ECONOMIA:

- 1) GENERALIDADES.- Habiéndose salvado las dificultades técnicas que se presentaban para utilizar las reacciones nucleares con fines pacíficos, su aprovechamiento, desde el punto de vista energético, es sólo función de que con ellas se logre generar energía a costos de competencia. Ahora bien, como con la generación de energía nuclear se están obteniendo costos competitivos, pueden considerarse las centrales electroatómicas como alternativa y complemento de las hidráulicas y térmicas convencionales.

Aunque la utilización más interesante de las reacciones nucleares, es la generación de energía, su aplicación alcanza a muchas y variadas actividades. Los usos pacíficos de la energía nuclear, abarcan aspectos tan diversos como la tracción, la agricultura, la biología, la investigación científica y tecnológica, el saneamiento e higiene de poblaciones, la terapéutica y múltiples aplicaciones industriales.

En lo que respecta a la generación de energía nuclear, ésta ha venido a satisfacer un conjunto de necesidades impuestas por el actual sistema productivo, tales como:

- a) Suministrar un potencial adicional, que contribuye a satisfacer la siempre creciente demanda de energía.
- b) Aumentar los recursos disponibles.

- c) Aumentar la flexibilidad de las posibles decisiones acerca de las centrales eléctricas que puedan resultar más provechosas según el caso, poniendo a las nucleares como alternativa de las hidráulicas y térmicas tradicionales.
- d) Conservar los combustibles fósiles, que son ~~irre~~emplazables y que tienen gran valor como materia prima industrial.
- e) Disminuir los costos de la energía.

Por rápidos que fueren los progresos de la energía nuclear, es evidente que la transición hacia un predominio de esta fuente se hará progresiva y sin eliminar totalmente las otras formas energéticas.

En el Reino Unido, por ejemplo, donde se halla en marcha un extraordinario plan de construcción de centrales nucleares, éste se justificaría aún suponiendo costos de generación un poco superiores a los de las plantas convencionales, por cuanto contribuiría a la estabilización general de costos y precios del país, máxime cuando la energía generada con carbón parece destinada a un constante aumento de sus costos.

Otro país, especialmente interesado en la construcción de centrales nucleares, es Francia; porque, indudablemente, se encuentra en situación análoga al Reino Unido; es decir, presentan el peligro de la insuficiencia de las fuentes propias de energía para cubrir la gran demanda, situación que puede irse agravando en el futuro. En cambio,

en los Estados Unidos, Rusia y Canadá, existe una disponibilidad de combustibles fósiles o de fuentes hidráulicas su ficiente como para no hacer urgente un programa de plantas nucleares.

Hay otros países que tienen también, vastos programas de construcción de centrales nucleares, tales co mo Italia, Japón, Suecia, Alemania Occidental, etc.

En cambio, otros países no tienen proyectos de tal magnitud, ya sea por insuficiente crecimiento en la demanda de electricidad o por ba jo nivel tecnológico, facto res éstos que probablemente, no les permitirán considerar programas de construcción de reactores para antes de 1970. Muchos de estos países, sin embargo, tratarán de mantenerse al día en los conocimientos y en el progreso tecnológico correspondiente, formando personal técnico especializado.-

- 2) NECESIDADES ENERGETICAS.— Dada la universalidad de sus apli caciones, puede considerarse a la energía, como factor de terminante del progreso económico y social; por eso, la con tribución de la energía nuclear para acrecentar el proceso productivo de los pueblos y el bienestar de los mismos, tie ne una importancia preponderante.

Es interesante observar, en las diferentes regiones del mundo, la relación que existe entre el consumo de energía, la producción y la población, como se indica a continuación (1950), Cuadro A:

	<u>Población</u>	<u>Producción</u>	<u>Consumo de energía</u>
América del Norte	6,9	40,4	40,5
Europa	16,5	25,8	25,8
Asia	52,7	12,9	14,1
Rusia	8,4	12,4	12,1
América Latina	6,8	4,4	3,7
África	8,2	2,6	2,7
Oceanía	<u>0,5</u>	<u>1,6</u>	<u>1,1</u>
Total	100,-	100,-	100,-

En el Cuadro A, precedente, las cantidades expresan porcentajes en relación con el total mundial, igual a 100%.

Los científicos, han llegado a determinar, por supuesto en forma estimativa, que el crecimiento medio anual de energía por habitante en el mundo, es de un 3 % aproximadamente, con tendencia a aumentar. Según los cálculos de los técnicos de la Organización de las Naciones Unidas, presentados a la Conferencia sobre utilización de la energía atómica, de Ginebra (1955), desde entonces al año 2.000 la humanidad necesitará, por lo menos, ocho veces más energía que la que consume en tal oportunidad. En 1975, el consumo de energía en el mundo se habrá casi triplicado. Estos datos están aclarados en el siguiente Cuadro B:

Necesidades energéticas previstas para 1975 y 2000

(En miles de millones de MVh, en su equivalencia de electricidad):

	<u>1952</u>	<u>1975</u>	<u>2000</u>
Industria	5,8	18,0	60,0
Transportes	0,8	2,5	8,0
Agricultura	0,3	0,5	1,0
Usos domésticos	<u>3,3</u>	<u>6,0</u>	<u>15,0</u>
Total:	10,2	27,0	84,0

En esta forma, de acuerdo a las estimaciones realizadas, las necesidades globales de energía aumentarán de 3.000 millones de toneladas (en carbón) en 1952, a cerca de cinco mil millones y medio en 1975 y a 15.000 millones en el año 2.000.

Es probable que estos cálculos de los especialistas de las Naciones Unidas, sean aumentados aún, si se considera que los países asiáticos, especialmente la China y la India, se encuentran en pleno desarrollo industrial, y en consecuencia, las necesidades energéticas mundiales, se verán acrecentadas.

Por otra parte, en la Conferencia de Ginebra, ya mencionada, ha quedado establecido que: Las reservas energéticas de carbón y de petróleo, conocidas actualmente, no son suficientes para permitir a los países subdesarrollados alcanzar, en forma estable, un nivel de vida semejante al de los países más industrializados.

Por lo expuesto, resulta indispensable la utilización de nuevas fuentes de energía, que permitan satisfacer las múltiples y crecientes necesidades impuestas por el consumo y la producción, a fin de que la humanidad pueda

proseguir su ritmo de progreso y de bienestar.

- 3) RECURSOS ENERGETICOS.— La difusión del empleo de la energía nucleoelectrica depende, en parte, de la existencia de energía obtenida de otras fuentes, razón por la cual interesa el análisis de las disponibilidades de energía procedente de las fuentes ordinarias más importantes; en tal concepto, se indica a continuación (Cuadro C), la forma cómo se distribuye el consumo mundial de las fuentes comerciales de energía, desde 1900 (en porcentajes):

<u>Años</u>	<u>Carbón</u>	<u>Lignito</u>	<u>Petróleo</u>	<u>Gas</u> <u>Natural</u>	<u>Energía</u> <u>Hidráulica</u>	<u>Total</u>
1900	92,0	2,9	3,5	1,2	0,4	100
1920	84,5	3,5	9,1	2,3	0,6	100
1940	69,0	5,0	19,3	5,5	1,2	100
1950	56,7	4,4	27,1	10,2	1,6	100

Se observa así, que el consumo de productos petrolíferos y de gas natural, aumenta considerablemente, en relación con el carbón.

A medida que los países se industrializan, se observa que las fuentes comerciales de energía substituyen a las no comerciales.

Basándose en el consumo de 1952, los servicios competentes de las Naciones Unidas, calculan una duración probable de:

2500 años: Para los combustibles sólidos (carbón y lignito)

32 años: Para el petróleo.

30 años: Para el gas natural.

Está claro que esta situación tendrá una influencia cada vez más marcada en los precios de coste.

Pero, para satisfacer las necesidades energéticas futuras del mundo y asegurar un progreso continuo y acelerado, resulta indispensable la utilización de una nueva fuente de energía.

Los rápidos progresos que realiza la ciencia nuclear, permiten enfrentarse al problema energético con el mayor optimismo. Basándose en el nivel actual de la técnica, que sólo permite obtener del uranio y del torio una mínima proporción de materia fisible, se calcula que las reservas energéticas nucleares son, sin embargo, suficientes para un período muy largo. El Doctor Harrison Brown, y sus colaboradores del Instituto Tecnológico de California, destaca que los progresos realizados en los métodos de extracción de uranio y de torio, provenientes de los granitos ordinarios, permiten pensar que las reservas de estos dos minerales pueden satisfacer las necesidades energéticas durante cuatro millones de años.

Hay una diferencia esencial entre los recursos energéticos ordinarios y los recursos de energía nuclear en efecto, siendo así que los primeros pueden utilizarse en las centrales generadoras tal como se extraen o después de un proceso de refinación relativamente sencillo, los segundos deben pasar por una serie más complicada de transformaciones antes de ser convertidos en combustible nuclear.

De esta suerte, aunque parece haber yacimientos de uranio y de torio en casi todos los países del mundo, solo unos cuantos países industrializados están, por el momento, en condiciones de fabricar combustible nuclear enriquecido, o incluso natural. Por lo tanto, cabe suponer que, salvo en el caso de los Estados Unidos, Rusia, el Reino Unido, el Canadá, Francia y quizás unos cuantos países más, la producción de energía nucleoelectrica tendría que basarse en el consumo de combustible nuclear fabricado en el extranjero.

Reservas de uranio y producción de óxido de uranio, en ciertos países (1957):

<u>Países</u>	<u>Uranio (Miles de toneladas)</u>	<u>Oxido de uranio (Toneladas)</u>	<u>Ritmo anual de produc- ción de óxi- do de uranio (Toneladas)</u>
Canadá	225.000	237.000	3.300
Estados Unidos	60.000	150.000	8.000
Francia	50 a 100	-	800
Unión Sudafricana	1.100.000	375.000	5.000

Utilización racional de las reservas energéticas nucleares.

El único combustible nuclear natural es el isótopo Uranio 235, que constituye el 0,71 % de todo el uranio. La combustión de ese isótopo en los reactores es acompañado por la formación en mayor o menor grado de un combustible nuclear secundario, el plutonio; al mismo tiempo

se consume otro isótopo, Uranio 238. Además del uranio exigte otro elemento, el torio, que no constituye por sí mismo un combustible nuclear; pero puede transformarse en tal, el isótopo artificial Uranio 233. En visto de todo esto, no se puede considerar el problema de los recursos naturales de la energía nuclear, aisladamente de los métodos de utilización de las reservas existentes.

Así pues, el aprovechamiento integral de los recursos energéticos contenidos en el uranio, sólo es posible en los reactores cuyo coeficiente de reproducción es igual o mayor que la unidad. Los cálculos prueban, que en el sistema "uranio - plutonio" es prácticamente imposible obtener un coeficiente de reproducción igual a la unidad, en los reactores de neutrones lentos. La causa de ello reside en que muchos neutrones se pierden al ser capturados por el isótopo Uranio 235 sin fisión (con formación de Uranio 236), por el moderador y por los materiales de construcción, como también por los productos mismos de la fisión.

En los reactores de neutrones rápidos no hay pérdidas de neutrones en el moderador y disminuyen fundamentalmente las pérdidas por otros motivos. La relación entre la fisión y la captura nociva con neutrones rápidos se modifica a favor de la fisión y se hace posible abtener un coeficiente de reproducción mayor que la unidad.

Debe tomarse en cuenta, también, que la carga inicial de Uranio 235 (o plutonio) en el reactor de neutrones rápidos, es mucho mayor que la carga de Uranio 235 en el de neutrones lentos. El reactor de neutrones lentos pue

de funcionar aun con uranio natural, cuyo contenido de isótopo Uranio 235 sea de 0,71%, mientras que para el reactor de neutrones rápidos se necesita un uranio enriquecido hasta un mínimo de 20%, circunstancia que aumenta considerablemente el gasto de combustible en el período inicial.

La situación varía en lo que respecta a la utilización de los recursos energéticos del torio. El torio se transforma en Uranio 235, en virtud de la captura de los neutrones lentos, Los cálculos prueban que el Uranio 235 se puede reproducir con un coeficiente de reproducción mayor que la unidad, sólo en los reactores de neutrones lentos. Desde el punto de vista técnico la construcción de ese tipo de reactores no presenta mayores dificultades.

El único inconveniente consiste en que para que, progrese la energética del torio, hay que almacenar grandes reservas de Uranio 235 o de plutonio que sirvan de combustible nuclear inicial para los reactores que contienen una zona de reproducción de torio. Luego, a medida que se acumula el Uranio 233 se puede llenar, completamente, la zona activa de los reactores con Uranio 233 y, para un coeficiente de reproducción mayor que la unidad, no sólo restituir el isótopo consumido sino también aumentar gradualmente sus reservas. La realización de ese programa exigirá, indudablemente, un tiempo considerable.-

4) COSTO DE LA NUCLEOELECTRICIDAD.-

A) Sistemas de producción.- Se caracterizan, sobre todo, por el combustible nuclear y su correspondiente modera-

dor que utilizan los reactores para generar esta electricidad. Así pues:

- a) Uranio enriquecido y agua natural.- Este sistema es utilizado en Estados Unidos, para lo cual tiene instaladas grandes plantas de enriquecimiento de uranio. En la actualidad, Estados Unidos no tiene apremios energéticos, por cuanto dispone de grandes reservas de combustible convencional, lo que le permite obtener costos productivos convenientes, en este rubro; pero, no obstante esa situación, continúa preocupándose por la instalación de centrales nucleares, para enfrentar situaciones futuras.-
- b) Uranio natural y grafito.- Es el sistema utilizado en Inglaterra y en Francia. En estos países tiene gran importancia la producción de nucleoelectricidad, por cuanto no tienen grandes reservas de combustible convencional. Además, como tampoco disponen de grandes plantas de enriquecimiento, les resulta conveniente adoptar este sistema.-
- c) Uranio natural y agua pesada.- Es el sistema adoptado por Canadá, Suecia y Noruega; países que se encuentran a este respecto, en situación análoga a Inglaterra y a Francia.-

Los tres sistemas mencionados son los de mayor aplicación en el mundo occidental. En cuanto se refiere a los sistemas utilizados en Rusia, en la centrales nucleares eléctricas, las Naciones Unidas informan (1958): De acuer

do a los planes del Ministerio de Centrales Eléctricas, se instalarán tres grandes centrales nucleoelectricas, de las cuales, dos tendrán reactores que utilizarán el agua como moderador y como agente de transmisión del calor. En los reactores moderados por agua, parte de la carga debe estar constituida por combustible enriquecido; el enriquecimiento medio del uranio utilizado en los reactores de estas centrales será de 1% aproximadamente.

En la tercera central proyectada se piensa instalar reactores análogos al utilizado en la primera central atómica de la Academia de Ciencias de la URSS, que ya está funcionando. Esos reactores serán moderados por grafito. Como agente de transmisión del calor se empleará agua y vapor que circularán a través de canales dentro del reactor.-

B) Factores de la producción.- Tres son los factores fundamentales que deben considerarse para el estudio de la producción de la energía nucleoelectrica:

- a) Cargas fijas
- b) Combustible
- c) Explotación y conservación.

a) Cargas fijas.- Las cargas fijas representan una gran parte de los costos globales, debido a las grandes inversiones de capital que hacen falta. En Inglaterra, algunas empresas especializadas asignan a las cargas fijas, aproximadamente, el 8 % del costo total de producción.-

La depreciación plantea un problema especial, debido a la incertidumbre sobre la vida útil que debe asignarse al sector nuclear de la central. Esa vida dependerá de factores tecnológicos, aun no bien conocidos. En el Reino Unido se supone una vida útil de 15 años para la parte nuclear de la central y de 30 años para el resto.

El costo de los seguros tiene, en este caso, una incidencia de consideración en los gastos totales, debido a los peligros peculiares y a la inexperiencia, al respecto.

- b) Combustible.- El análisis del costo del combustible, comprende:
- Los cargos requeridos para cubrir la inversión en existencias de combustible en las diversas etapas de fabricación, en el reactor y en el almacenaje o en tratamiento químico, después de extraído del reactor.
 - Los cargos correspondientes al costo del combustible consumido en realidad por el reactor.
 - Los cargos adicionales para el tratamiento químico y la eliminación de los residuos radioactivos.-
- c) Explotación y conservación.- Los gastos de explotación y conservación, representan un porcentaje reducido de los costos globales; pero, en general, se observan considerables diferencias entre los distintos cálculos. Por eso, suele asignarse a este rubro un porcentaje

algo superior al que se asigna a las centrales clásicas en condiciones similares.-

A continuación se expresa, en forma estimativa, el costo de los factores de la producción, en milésimos por Kwh. (Naciones Unidas):

	<u>Estimación</u>
Cargas fijas	5,4
Combustible	0,002 a 0,02
Explotación y conservación	1,1 a 1,6

C) Costo de las centrales.- A los efectos de tener el concepto sobre el particular, es interesante analizar los resultados obtenidos por los estudios realizados por la Comisión de la Energía Atómica de los Estados Unidos, en los siguientes proyectos:

- a) Central de 240.000 Kw, con un reactor de uranio común y agua pesada: Costo de instalación de 492 dólares por Kw, el que podría reducirse a 297 dólares por kw, en el caso de emplearse uranio enriquecido y agua común.
- b) Central de 154.600 Kw, con un reactor reproductor rápido, con enfriamiento a sodio metálico fundido: costo total de las instalaciones en 51.000.000 de dólares, lo que significa un costo unitario de 330 dólares por kw instalado.-
- c) Central de 106.200 Kw, con un reactor de uranio metálico y agua pesada, con enfriamiento de agua común:

Costo total de 41.000.000 de dólares, o sea un costo unitario de 390 dólares por Kw.-

De manera que, los datos precitados permiten situar el costo de las centrales de energía eléctrica nuclear, de capacidad superior a 100.000 Kw, de la siguiente manera:

-Entre 400 y 500 dólares por Kw, cuando se empleen reactores lentos.

-En 300 dólares por Kw, para centrales provistas de reactores reproductores rápidos.-

D) Costo del Kilovatio-hora (Kwh).- El costo de la electricidad que actualmente puede considerarse competitivo va ría según los diferentes centros consumidores. Así, en los Estados Unidos, el Canadá y el Reino Unido se consi sidera que el valor de energía generada en los reactores nucleares no debe exceder de 7 milésimas de dólar por Kwh, que actualmente representa el costo promedio en la generación tradicional. Este valor resulta superior al de la mayoría de las centrales modernas, que son aquellas con las que debe entrar en competencia la generación nuclear.

La Comisión de Energía Atómica de los Estados Unidos ha calculado que la generación nuclear desplazaría dentro del país a los métodos convencionales, según los costos que alcance, en la proporción siguiente:

- a) A 9 milésimos de dólar, quedaría excluida del mercado.
- b) Con un costo de 7 milésimos, podría absorber hasta un 16 % de la demanda.
- c) Con costos de 5,9 y 4,9 milésimos, la substitución podría alcanzar un 50 y 80%, respectivamente.-

Estos valores promedios resultan útiles para formarse una idea de la magnitud de las cifras; pero, tienen significación sólo en el país para el cual se han calculado y aún podrían modificarse por las variaciones que en el futuro experimenten los costos de las centrales tradicionales. Es de suponer que, en el resto del mundo los costos a que pudieran competir sean aún superiores a los indicados, ya que la generación eléctrica en los Estados Unidos es relativamente barata.-

5) COMPARACION ENTRE CENTRALES NUCLEOELECTRICAS Y TERMOELECTRICAS Y CONCLUSIONES.-

Las centrales hidráulicas transforman energía hidráulica; mientras que las térmicas y las nucleares transforman energía térmica en energía eléctrica.

Una central nucleoelectrica es básicamente parecida a una central termoeléctrica. El reactor corresponde a la caldera y la instalación que transforma el calor generado en energía eléctrica, no tiene mayores diferencias.

En consecuencia, resulta más racional la comparación entre centrales nucleoelectricas y termoeléctricas.

A continuación se expone un cuadro, que es de divulgación técnica y que simplifica el análisis comparativo. En este cuadro, se indican, en primer término, los datos básicos y luego, el costo resultante del Kwh, en cada uno de los casos considerados:

	Termo- eléctrica	Nucleo- eléctrica
<u>Datos básicos</u>		
Potencia eléctrica	100.000 kw	100.000 kw
Factor de carga	0,8	0,8
Rendimiento	34 %	25 %
Combustible	Petróleo	Uranio natural
Vida útil	30 años	25 años
Interés anual	10 %	10 %
Costo de instalación	23-25 mill.dól.	30-40 mill.dól.
<u>Costo del Kwh</u>		
Gasto combustible por kwh	6,85 mil.	2,2 mil.
Explotación y conservación	1 "	1 "
Seguro	0,05 "	0,5 "
Reserva de combustible	0,2 "	-
Inventario combustible y moderador	-	1,7 "
Imprevistos	-	1,1 - 1,3 mil.
Costo total Kwh	12,5 - 12,8 mil.	12,5 - 14,7 mil.

NOTA: La moneda considerada es el dólar (dól.) o el milésimo de dólar (mil).

En conclusión, se puede apreciar que: Las centrales térmicas y nucleares son económicamente equivalentes. Las térmicas convencionales tienen la ventaja de una gran experiencia, de un costo de instalación menor y de una vida útil más larga. En cambio, las nucleares tienen la ventaja de que el costo de combustible es menor y que no es petróleo lo que se quema sino uranio, y que presentan, además, enormes posibilidades de mejoramiento.

Es indudable que, la producción de energía nucleoelectrónica se extenderá cada vez más; pero, parece poco probable que, incluso a la larga, esa energía llegue a desplazar por completo a la energía hidroeléctrica o a la energía termoeléctrica de tipo corriente. Más bien vendrá a agregarse a la variedad de medios utilizados para satisfacer la creciente demanda mundial de energía eléctrica, ofreciendo nuevas y múltiples posibilidades.-

POLITICA.-

Las Naciones Unidas se han ocupado preferentemente de que, en el mundo en general y en cada uno de los países, se realice una política energética adecuada, que contribuya al progreso y al bienestar de la humanidad. A tal efecto, sus organismos especializados estudian los múltiples y variados problemas, proponiendo soluciones al respecto, sobre todo, en lo relacionado con la energía nuclear, en razón de su continua evolución y de sus amplias aplicaciones. Así pues:

La proyección de la demanda total de energía, su composición y los recursos para satisfacerla (físicos, técnicos

y financieros), determinan la necesidad de establecer una política nacional de energía. Los objetivos de tal política consistirían en asegurar el cumplimiento de las metas propuestas en cuanto a producción o financiamiento con la mira de disponer de energía en las cantidades y formas requeridas, oportuna y económicamente, en los lugares en que se la necesite.

Enfrentar los problemas de la energía en forma inorgánica, sin vinculación estrecha con el desenvolvimiento de la economía es lesionar sus intereses y comprometer su éxito. La atención esmerada de los aspectos que promueven el máximo y más racional aprovechamiento de la energía, permitirá efectuar substanciales economías de recursos físicos y financieros.

La necesidad de establecer para la energía una política orgánica, que permita el desarrollo de las diversas fuentes conforme a cierto conjunto de principios concatenados y mutuamente dependientes, responde a las siguientes razones de orden general:

- a) La energía es elemento previo y fundamental para el desarrollo de la producción de un país y la elevación de los niveles de vida de sus habitantes.
- b) La posibilidad de substitución que brindan las diferentes formas de energía, obliga a enfoques integrales para llegar a soluciones que permitan el mejor aprovechamiento de los recursos naturales y financieros.
- c) La ausencia de una política nacional para el desarrollo global de las fuentes de energía, se resuelve en

el uso ineficiente de los recursos y se traduce en pérdidas, bajos rendimientos y malbaratamiento de los recursos, más allá de lo que sería normal en los países poco desarrollados.-

VI.- SITUACION ENERGETICA EN LA
REPUBLICA ARGENTINA

En comparación con otros países del mundo, la Argentina resulta ser uno de los de más bajo consumo unitario, en relación con su nivel de ingreso. El abastecimiento energético, especialmente de electricidad, presenta un marcado atraso.

Los datos que se determinan a continuación, permiten formar un concepto al respecto:

Consumo de energía eléctrica en 1955

<u>País</u>	<u>Población</u> <u>(en millones)</u>	<u>Consumo</u> <u>(en millones de kwh)</u>	<u>Consumo</u> <u>por persona(en kwh)</u>
Noruega	3,42	22.682	6.650
Canadá	15,6	84.500	5.420
Estados Unidos	165,27	629.010	3.800
Suecia	7,26	24.721	3.400
Inglaterra	51,22	94.125	1.840
Alemania (Oc.)	52,19	76.542	1.470
Italia	48,1	38.124	792
Chile	6,76	3.700	545
Argentina	19,11	5.731	300
Brasil	58,46	13.180	225

A) FUENTES CLASICAS.- En la Argentina, las clásicas fuentes de energía:

- 1) Hidráulica
- 2) Petróleo y gas natural

3) Combustibles sólidos (minerales y vegetales)

poseen reservas suficientes para asegurar la provisión de energía por un período de muchos años; pero, no obstante esa situación favorable, es necesario planificar la provisión futura considerando, también, otras fuentes de producción, como están haciendo todos los países del mundo.-

- 1) Reservas hidráulicas.- Estas reservas están calculadas, aproximadamente, entre 7 y 11 millones de kw. Se aprecia que, para el año 1976, se explotará el 50% de estas reservas. La explotación actual, de estas reservas, es de 134.000 kw.-
- 2) Petróleo y gas natural.- Las reservas de petróleo y gas natural, reducidas a toneladas equivalentes de petróleo, han sido estimadas en:
350 millones de toneladas de petróleo.
120 millones de toneladas de gas natural.

La publicación "Petroleum Press Service (abril 1958), determina para la Argentina, en 1957:

Producción nacional de petróleo:	4.542.000	Toneladas
Importación de petróleo crudo:	5.670.753	"
Importación de otros derivados:	2.864.460	"
Total necesario	13.077.213	Toneladas

De los datos expuestos, se puede apreciar que, del total necesario:

34,6 % corresponde a la producción
65,4 " " " " importación

El porcentaje de importación corresponde, aproximadamente, a la cantidad de 300 millones de dólares.

Este enorme empleo de divisas debe reducirse mediante una mayor explotación del petróleo nacional, y recurriendo a un mejor aprovechamiento del combustible, así como también a todo otro sistema que contribuya a aliviar el consumo; pero, sin reducir la producción de energía.

Las centrales térmicas del país consumen cerca de 2 millones de toneladas de combustible líquido al año que representa, aproximadamente, el 45% de toda la producción nacional.-

- 3) Combustibles sólidos (minerales y vegetales). El consumo correspondiente a 1957, ha sido de 6 millones de toneladas. La importación de carbón ha sido de 1.221.628 toneladas y las centrales térmicas han consumido cerca de 700.000 toneladas.-

Las reservas Argentinas de carbón mineral son muy grandes, especialmente en el yacimiento de Río Turbio, donde se estima en 350 millones de toneladas.

En cuanto a los combustibles vegetales, se puede decir que: En 1922, más del 50% de las calorías consumidas en el país, eran de origen vegetal; bajó al 30% en el período de preguerra; subió al 58% en 1944 y ahora, sólo representa algo más del 15 %.

La substitución operada a partir de 1945 por productos de petróleo, sobre todo y también por gas desde 1949, ha sido el motivo principal por el cual ha ido aumentando

do en mayor proporción la utilización de combustibles provenientes de importación. Quiere decir que la prescindencia de una fuente nacional, no se ha realizado a expensas de otra fuente del mismo origen, sino de un aumento en las importaciones, ocasionando un desequilibrio que hasta hoy no ha podido corregirse.

Se considera dentro de los combustibles vegetales, derivados y residuos, a los siguientes:

- Leña
- Carbón de leña
- Residuos
- Combustibles eventuales (maíz, lino, tortas oleaginosas, trigo, etc.).

En general, puede decirse que estos distintos tipos de combustibles vegetales, han contribuido en condiciones normales, en la siguiente proporción aproximada:

Leña:	50 %
Carbón:	15 "
Residuos:	35 "

B) CONSUMO.-

1) Distribución del consumo:

a) De petróleo:

Industrias	45 %
Transportes	40 "
Centrales eléctricas	15 "

b) De otros combustibles:

Industrias	65 %
Transportes	24 "
Centrales eléctricas	11 "

La energía eléctrica consumida en el país (1955), ha alcanzado a 5.731 millones de Kwh, como se ha indicado al principio de este capítulo. Ese consumo ha sido distribuído en una población, aproximada, de 20 millones de habitantes y en consecuencia, con un consumo promedio de 300 kwh anuales por habitante. Debe hacerse notar que, el consumo no es uniforme en todo el país; mientras en el Gran Buenos Aires (unos 6 millones de habitantes) alcanza a los 630 kwh anuales por habitante, en el interior del país (unos 14 millones de habitantes) el promedio es de 140 kwh anuales por habitante, habiendo una importante masa de población que consume sólo 40 kwh o menos.

La cantidad de energía eléctrica consumida de 300 kwh. anuales por habitante, es muy inferior a la de un país altamente desarrollado (o electrificado, que puede considerarse una expresión equivalente) como Noruega con 6.650 kwh anuales por habitante. Un abastecimiento regular podría elevar la cantidad promedio actual de 300 kwh, a cerca de 400 kwh, pese a lo cual se estaría aún lejos de alcanzar el promedio europeo, que es de unos 1.000 kwh anuales por habitantes.-

2) Energía eléctrica instalada y producida.

A continuación se exponen los datos correspondientes

al año 1957/58:

	Potencia instalada y en servicio (kwh)	Energía producida (kwh)
Termoeléctrica:	1.935.971	5.176 mill.
Hidroeléctrica:	133.029	555 "
Total:	2.069.000	5.731 mill.

Como puede apreciarse, la contribución de la hidroelectricidad en el suministro de energía eléctrica es reducida, pues sólo representa menos del 10% del total de energía eléctrica, cifra muy inferior al promedio de América Latina, que es de 62 % aproximadamente, figurando al frente el Perú con un 84% del total, Brasil con el 79%, etc.

La Argentina cuenta con grandes reservas hidráulicas, que le permitirán aumentar el porcentaje indicado, en cuanto sean explotadas convenientemente.

Ante la escasez de energía eléctrica y el poco desarrollo de la hidroelectricidad, surge evidentemente la necesidad de fomentar las obras hidroeléctricas, tratando de esta manera de subsanar la falta de energía.-

3) Déficit de energía eléctrica.-

Para determinar este déficit, el personal especializado de la Dirección Nacional de la Energía, ha partido de la siguiente hipótesis:

Para determinar cual debiera ser el estado actual de la provisión de energía eléctrica en el país, y el déficit existente, se ha adoptado el criterio de asignar a la energía correspondiente al país en 1943, un crecimiento acumulativo anual del 7%, que equivale, aproximadamente, a doblar la cifra cada diez años. Del dato obtenido y en base a porcentajes de años anteriores, se asigna:

66 % al Gran Buenos Aires

34 % al Interior del país.

En consecuencia, el déficit resultaría de:

Energía eléctrica (1957)

Energía (kwh.)	5.731	mill.
Energía necesaria (kwh).....	7.522	"
Déficit de energía (kwh)	1.791	"

4) Previsiones.-

A los efectos de establecer las previsiones, se pueden adoptar diversas procedimientos. Uno de los cuales podría consistir en: Extrapolar los valores hallados como necesarios en 1957, hasta los años 1965 y 1976 respectivamente, prosiguiendo con un crecimiento de energía eléctrica del 7% acumulativo anual. Para distribuir dicha energía proporcionalmente al Gran Buenos Aires e Interior, se considera:

	<u>1965</u>	<u>1976</u>
Buenos Aires:	60 %	50 %
Interior:	40 "	50 "

Respecto a la utilización, se admiten:

Buenos Aires: 3.500 horas/año
Interior: 3.000 id.

A los efectos de determinar la proporción del aporte de las energías eléctricas térmicas e hidráulicas, en las dos épocas fijadas (1965 y 1976), se ha establecido:

	<u>1965</u>	<u>1976</u>
Aporte térmico:	70 %	40 %
Aporte hidráulico	30 "	60 "

Con las condiciones prefijadas, se ha establecido:

	<u>Termo- electricidad (kw)</u>	<u>Hidro- electricidad (kw)</u>	<u>Total (kw)</u>
Año 1965	2.744.000	1.176.000	3.920.000
Año 1976	3.584.000	5.076.000	8.460.000

En este caso no se han considerado las reservas que, generalmente, suelen ser del orden de 15 a 30 %.

Conclusión.- De manera que, de los estudios técnicos mencionados surge que: Hasta 1965, en lo referente a termoelectricidad, con la Central Gran Buenos Aires, de 600.000 kw., se cubriría un 75 % de la previsión, sin tener en cuenta las reservas ni el retiro de maquinaria obsoleta (La vida útil de centrales termoeléctricas se estima en 30 años). Faltaría cubrir unos 200.000 kw.

En el período 1965/1976, las necesidades termoeléctricas se cubrirían sin reservas ni retiro de maquinaria

obsoleta, con 840.000 kw.

Las obras hidroeléctricas proyectadas son:

Salto Grande	700.000	Kw.
Apipé	750.000	"
Mendoza	1.000,000	"
El Chocón (Río Limay)	700.000	"

Total: 3.150.000 Kw.

Las líneas de transmisión requeridas para las obras hidroeléctricas proyectadas son:

El Chocón - Buenos Aires:....	1.200	Km.
Mendoza - Buenos Aires:....	1.050	"
Salto Grande-Buenos Aires:...	450	"

Actualmente la única línea de transmisión de regular longitud que existe en el país, es de sólo 205 Km. y corresponde a: San Nicolas - Buenos Aires.

Casi todos los planes elaborados en el país, a los efectos de determinar las previsiones sobre energía eléctrica, coinciden en que la potencia instalada tiene que ser aumentada, aproximadamente, al doble, cada 10 años, mediante la instalación de nuevas centrales.

C) ENERGIA NUCLEAR.-

De manera que, el país se encuentra actualmente, con un gran déficit de energía eléctrica y una difícil situación económica.

Para poder resolver el déficit de energía eléctrica, se impone la instalación de nuevas centrales eléctricas. En-

tonces, es necesario establecer, cuáles son las centrales eléctricas más convenientes para instalar y las posibilidades para hacerlo, dentro de las centrales:

Termoeléctricas

Hidroeléctricas

Nucleares

En el rubro Previsiones, desarrollado precedentemente, se han analizado las situaciones pertinentes a las centrales termoeléctricas e hidroeléctricas. De manera que, queda por considerar, la forma mediante la cual la energía nucleoelectrica puede contribuir a resolver el déficit de energía eléctrica del país.

Actualmente la instalación de una central nuclear, para que el costo de producción sea comparable con el de una central termoeléctrica, debe ser de una capacidad superior a los 100.000 kw. según ya se ha visto. Ahora bien, instalar una central nuclear de esa capacidad, significa invertir un capital enorme, por una parte, y por otra, un gran empleo de divisas, por cuanto, el país no está capacitado, para la producción de todos los elementos necesarios para una instalación de esa naturaleza. Además, la producción nucleoelectrica, está en plena evolución y en consecuencia, el país no está en condiciones económicas de afrontar un gasto de esa magnitud y en esas condiciones.

Pero, no obstante lo expresado, el país no debe detenerse de la evolución y perfeccionamiento de la producción de energía nucleoelectrica y debe seguir atentamente su progreso, formando, también, el correspondiente personal especializado.

Todos los países del mundo, le están dando cada vez más importancia a la energía nuclear y de acuerdo a sus posibilidades y respectivas necesidades, encaran los problemas relacionados con esta especialidad. Hasta las Naciones Unidas han creado su organismo especializado: Comisión Internacional de Energía Atómica, con sede en Viena (Austria) y casi todos los países tienen su Comisión Nacional de Energía Atómica, inclusive en América Latina: Argentina tiene la suya. Brasil y Chile las crearon en 1955; y Perú y México, tienen sus correspondientes proyectos para constituir las.

La Argentina, preocupándose por los problemas inherentes a la energía nuclear, tiene ya establecidas algunas etapas al respecto, de las que se ocupa su organismo especializado: La Comisión Nacional de la Energía Atómica. En efecto:

1) Instalaciones.-

- a) El 20 de enero de 1958, se instaló el Reactor Argentino N°1 (R.A.1), en las dependencias que la Comisión Nacional de Energía Atómica dispone en la Avenida General Paz y Constituyentes.

El R.A.1 es un reactor semejante al estadounidense Argonaut.

El R.A.1 es un reactor de tipo término, heterogéneo y refrigerado con agua común, para cuya construcción se ha tomado como modelo el reactor estadounidense Argonaut. El costo del Argonaut estimase en

100.000 dólares; el del R.A.1 es considerablemente menor.

El R.A.1 tiene una potencia de 10 kilovatios y permite realizar investigaciones en tecnología nuclear e investigaciones radioquímicas; se pueden producir ciertos radioisótopos, especialmente aquellos que no es posible importar debido a su corta vida media; se prueban y calibran instrumentos; se adiestra al personal técnico en las tareas de operar y controlar un reactor y se puede proceder a la verificación de la calidad nuclear del uranio metálico que produce en el país, la Comisión Nacional de Energía Atómica.

El combustible de este reactor está constituido por algo más de 8 Kg. de Uranio 235.-

- b) La Comisión Nacional de la Energía Atómica, dispone en sus instalaciones de Ezeiza, una planta productora de uranio metálico, con un rendimiento satisfactorio para las necesidades actuales.

Esta fábrica de uranio metálico de Ezeiza, recibe el nitrato de uranilo y lo procesa hasta la obtención de uranio metálico. Tiene una capacidad de producción de hasta 10 toneladas de uranio metálico por año, funcionando en la actualidad a 1/3 de la misma. El uranio metálico obtenido es la materia prima necesaria para la fabricación de los elementos combustibles empleados en un reactor a uranio natural.

- 2) Combustibles.— La búsqueda de minerales de uranio y torio en el país, es de reciente data. No obstante, ya se ha podido establecer la existencia de interesantes reservas, que permiten considerar a dichos minerales nucleares, como posibles fuentes de energía para las futuras necesidades del país.

El mineral de uranio, es procesado en las plantas de:

- a) Mendoza (Malargüe), donde se tratan 20 toneladas de mineral por día, con una ley promedio de 0,25 a 0,30 % de óxido de uranio.
- b) Córdoba, donde se tratan unas 250 toneladas de mineral por mes, con una ley promedio de 0,4 a 0,5 % de óxido.
- 3) Previsiones.— Ya se ha hecho referencia a los argumentos considerados para la instalación en el país de centrales nucleares, los que han permitido apreciar sobre la inconveniencia de tal instalación, en la actualidad.

Pero, la Comisión Nacional de la Energía, aprecia que sería conveniente la instalación de una "planta piloto".

Esta planta piloto debería ser, necesariamente, del mismo tipo que la central, de características ventajosas para la Argentina; o sea con combustible de uranio natural. Su potencia podría ser de unos 10.000 kw., teniendo agua pesada como moderador.

La Comisión Nacional de la Energía aprecia que la instalación de esa planta piloto, presentaría las siguientes ventajas:

- a) Permitiría adquirir una experiencia muy valiosa, que sería de utilidad para el futuro.
 - b) Se podrían encarar muchas experiencias y trabajos, que no pueden realizarse con el R.A.L.
 - c) Posibilitaría la formación de técnicos, para satisfacer las necesidades presentes y futuras del país.
 - d) Sería útil para poner a prueba los elementos de combustible y los materiales utilizados.
 - e) Podría ser utilizada para producir radioisótopos, cuyo uso en la industria y la medicina es de enorme importancia.
 - f) El costo del kwh producido, sería alrededor de 25 a 30 milésimos de dólar, siendo el costo del kwh en las centrales térmicas convencionales, de la misma potencia, de 15 a 17 milésimos de dólar; pero, el costo más elevado de la producción de la planta piloto, sería compensado con la producción de radioisótopos y con las facilidades de experimentación.-
- 4) Legislación.-

a) Importancia del problema.

La economía de un país y la preservación de su soberanía se encuentran íntimamente vinculadas, en

los tiempos modernos, a la posesión y explotación de las fuentes de energía.

Nuestro país necesita sustentar su industria sin olvidar el mejoramiento de la explotación agraria. Y la industria requiere fuerza motriz; y el campo reclama electrificación. El transporte, asimismo, consume combustible abundantemente; y sabido es que en un territorio dilatado, como el nuestro, el transporte asume singular importancia y hace depender de él, en buena parte, la utilización económica de sus productos: energía y transportes son problemas fuertemente vinculados.-

b) La cuestión Institucional.

Una de las principales dificultades que se presentan para la regulación legal de la energía es la que se refiere al problema institucional; el derecho de las provincias, emergente del sistema federal, suele chocar con la necesidad técnica de encarar la cuestión energética con criterio de unidad. Este problema no se vislumbraba, por cierto, a la época de la Constitución; de ahí que sea necesario conciliar el criterio legal con el técnico, de modo que no sufran mengua ni el federalismo por una parte, ni la eficacia del sistema técnico de la energía por otra. Las opiniones extremas (sean las que defienden un federalismo intransigente, o las que propugnan un estricto unitarismo en razón de la unidad del problema energético) no ayudarán a lograr una solución sino en cuanto

to contribuyan a una fórmula conciliatoria y realista; no hay que desconocer que la técnica influye también en las instituciones económico-políticas.

c) El Código Nacional de la Energía.

La necesidad de ordenar las cuestiones jurídicas emergentes de la energía, sus fuentes y utilización, ha llevado al P.E., a preparar los trabajos de un "Código Nacional de la Energía". Por Decreto Nº 22.163/56 se inició esta tarea, designándose también la Comisión de técnicos y juristas que se ocupará en ella. Se destaca en el Decreto la necesidad de que el Estado dicte las bases legales a los efectos de que todas las partes intervinientes (usuarios, prestadores del servicio de energía, comunidad nacional) conozcan a ciencia cierta sus obligaciones y derechos. El sistema legal a sancionarse deberá respetar las jurisdicciones provinciales y municipales; por el sistema de las leyes-convenios provinciales, cada provincia deberá tener la posibilidad de conectarse con esta legislación nacional, sin detrimento de sus facultades. Fundamentalmente el Código deberá tratar: fuentes primarias de energía; servicios de energía eléctrica; coordinación entre Nación y provincias; fomento de la electrificación, especialmente rural; régimen de control general; recursos de alzada; órganos de gobierno.

d) La Dirección Nacional de la Energía.

La consideración integral del problema ener-

gético, por parte del Estado nacional, empezó en 1944 con el Decreto-Ley N^o 12.648 que creó la "Dirección Nacional de la Energía" como organismo autárquico dependiente del Ministerio de Agricultura.

En 1945, por Decreto-Ley N^o 22.389 se resuelve integrar la Dirección Nacional de la Energía con cinco organismos:

- "Yacimientos Petrolíferos Fiscales".
- "Dirección General del Gas del Estado".
- "Dirección General de Centrales Eléctricas del Estado".
- "Dirección General de Combustibles Vegetales y Derivados".
- "Dirección de Combustibles Sólidos Minerales".

La reforma constitucional, abrogada, de 1949, modificó fundamentalmente el dominio de las fuentes de energía, traspasándolo a la Nación. En efecto, en 1950, por Decreto N^o 17.371 se creó E.N.D.E. (Empresas Nacionales de Energía), organismo con carácter de empresa estatal, dependiente del Ministerio de Industria y Comercio, dirigido por un organismo estrictamente oficial; cada una de las cinco empresas antes mencionadas quedó a cargo de un administrador general. Se mantuvo el Fondo Nacional de la Energía, y se suprimió la Dirección Nacional de la Energía, cuyas facultades quedaron a cargo del Ministerio de Industria y Comercio.

Posteriormente, los organismos antes unidos bajo E.N.D.E. han ido recobrando o adquiriendo autarquía: primero lo hizo Y.P.F. y luego "Agua y Energía Eléctrica" y "Gas del Estado".

En cuanto a la "Dirección Nacional de la Energía" ha tomado nueva fisonomía con el Decreto-Ley N^o 14.918/56.

Tendrá carácter de organismo descentralizado dependiente del Ministerio de Comercio e Industria y por objeto: Procurar la satisfacción adecuada de las necesidades generales del país y su resolución en la esfera de su competencia, como también le compete, dentro de la jurisdicción nacional, la policía de los servicios públicos de energía, como así el contralor de la producción, distribución, abastecimiento, uso y consumo de energía y combustibles y de productos, implementos o maquinarias de carácter energético; así mismo, será el órgano de asesoramiento en lo que respecta a la fijación de la política energética nacional. La administración de este organismo queda a cargo de un directorio, cuyas decisiones serán apelables ante el Ministerio de Comercio e Industria. Se mantiene el Fondo Nacional de la Energía, sin variantes; será administrado por esta Dirección.

- e) Reorganización del Ministerio de Comercio e Industria. De acuerdo a la actual reorganización del Poder Ejecutivo, el Ministerio de Comercio e Industria, ha quedado dividido en dos Secretarías:

- Comercio
- Industria y Minería.

f) Legislación sobre energía nuclear.

Las proyecciones para tiempos de paz y de guerra que tiene actualmente la energía nuclear, hacen que ningún Estado moderno pueda permanecer desentendido de su estudio, investigación y explotación.

La República Argentina, ha establecido la legislación a este respecto, que se menciona a continuación:

1.- Decreto Nº 10.936/1950:

Creando la Comisión Nacional de la Energía Atómica, con el objeto de realizar los estudios e investigaciones atómicas oficiales y controlar la labor particular.

2.- Decreto-Ley Nº 22.477 del 18 de diciembre de 1956:
Sobre legislación de minerales nucleares.

3.- Decreto-Ley Nº 22.498 del 19 de diciembre de 1956:
Estableciendo que la Comisión Nacional de la Energía Atómica debe funcionar como entidad autárquica.

4.- Decreto Nº 5.423 del 23 de mayo de 1957:
Sobre reglamentación del Decreto-Ley Nº 22.477/56.-

VII.- CONCLUSIONES

Los tiempos modernos, en su acelerada evolución, con marcada preponderancia en todos los aspectos de la vida, conduce a la humanidad a la necesidad de establecer una nueva visión del mundo.

Muchos de los aspectos evolutivos, no implican factores benéficos para la civilización. Para poner remedio a esta situación se recurre, frecuentemente, a soluciones parciales, que difícilmente pueden servir para obtener soluciones favorables, cuando los males son de naturaleza radical.

Así pues, en la actualidad los pueblos viven en un clima de incertidumbre, en muchos aspectos, y a pesar de todas las medidas que se toman y a pesar de todas las conferencias internacionales que se realizan, en todos los sectores de la vida se cierne, de un modo alarmante, un funesto destino. Se vive permanentemente en situación de crisis, situación que se percibe tanto en los desequilibrios de carácter económico como en la desorientación espiritual y en la inseguridad en el terreno político.

En este orden de cosas, uno de los problemas más candentes y de mayor preocupación en el mundo, por obtenerse del mismo el máximo rendimiento, en todas sus formas, ya sea para hacerlo incidir en la vida pacífica de los pueblos o para esgrimirlo en las contiendas bélicas de los mismos: en la energía nuclear, con sus múltiples posibilidades.

Por tales razones, se ha desarrollado este tema, considerando sus problemas, en forma general, por la naturaleza

za del objetivo, exponiéndose a continuación y en forma sintética, algunas conclusiones:

A) ESTADO ACTUAL DE LA TECNICA NUCLEAR.-

La historia de la ciencia nuclear puede decirse que se ha desarrollado de la siguiente manera:

- a) Empieza en 1895, cuando Roentgen, en Alemania, descubrió los rayos X, que pasaban a través de la materia sólida.
- b) En 1896, Becquerel, en Francia, descubrió unas radiaciones que emanaban directamente del uranio y de sus minerales.
- c) En 1898, Pierre y Marie Curie, en Francia, encontraron en el radio una poderosa fuente de complejas radiaciones naturales.
- d) Rutherford, del Canadá:
 - En 1902, explicó la radioactividad como una desintegración espontánea del átomo.
 - En 1911, probó que el átomo tenía un núcleo.
 - En 1919, extrajo una partícula simple de un núcleo de nitrógeno, bombardeándolo con partículas alfa.
- e) En 1913, Bohr, de Dinamarca, formuló una teoría detallada y exacta basada en la doctrina de Rutherford, sobre el átomo y su núcleo.
- f) En 1905, Einstein, publicó su teoría matemática de la relatividad, que contenía el concepto de la equivalencia entre la materia y la energía, y en consecuencia, la po

sibilidad de que una pudiese transformarse en la otra.

- g) En 1932, Cockcroft y Walton, confirmaron experimentalmente la teoría de Einstein.
- h) En 1932, Lawrence, hizo dar un gran paso a las investigaciones atómicas al crear en los Estados Unidos un aparato extraordinario, el ciclotrón, que imprime velocidades cercanas a la de la luz a los electrones, protones y otras partículas nucleares y permite proyectarlas con una fuerza extraordinaria sobre otro núcleo que sirve de blanco y en el cual se producen las reacciones nucleares. Casi todo lo que se conoce sobre estas reacciones es debido a los numerosos y potentes ciclotrones instalados en diversos países, mucho antes de que el primer reactor nuclear fuese construído o pudiese ser siquiera planeado.
- i) En 1932, en Inglaterra, Chadwick descubrió el neutrón.
- j) En 1933, en Francia, Irene Curie, hija del descubridor del radio, y su marido Frederic Joliot, produjeron, por primera vez, isótopos radioactivos artificiales.
- k) En 1934, en Italia, Fermi utilizó los neutrones, recientemente descubiertos, para bombardear el núcleo del átomo.
- l) En 1938, en Alemania, Hahn y Strassmann, utilizaron los neutrones para bombardear el uranio y descubrieron no sólo la fisión del núcleo del uranio en dos fragmentos

principales, sino también la formidable energía contenida en esos fragmentos.

- m) En 1939, en Dinamarca y en Suecia, los alemanes Frisch y Lise Meitner, comprendiendo la importancia del descubrimiento de Hahn y Strassmann, le dieron el nombre de fisión nuclear.-

De esta manera, el mundo estaba preparado para entrar en la edad nuclear, y así, se han continuado los estudios e investigaciones, en todo el mundo, en forma ininterrumpida. En 1945, el mundo supo, con gran asombro, el desarrollo de la ciencia nuclear y la existencia de reactores. Luego, diez años más de operaciones prácticas produjeron resultados que, por razones políticas u otras, se han guardado como propiedad secreta de diversas naciones. Pero, al final tiene que comprenderse que si las armas pueden permanecer secretas hasta que resultan anticuadas, la ciencia nuclear ofrece mucho más que las armas y puede ser una infinita fuente de riqueza para la humanidad.

En síntesis, se puede expresar que, las formas más importantes de aplicación de los elementos radioactivos, son tres:

- 1.- Átomos trazadores, para seguir el curso de innumerables procesos en diversas ramas de la ciencia (Física, Química, Biología, Medicina, Geología, Arqueología, etc.), lo que ofrece una nueva arma de investigación científica.

- 2.- Emisores de radiaciones, en lugar de los rayos X, utilizables en la construcción de aparatos destinados al control automático de diferentes procesos industriales, en la fabricación de instrumentos de comprobación y medida, etc.
- 3.- Producción de energía nuclear. La obtención y el empleo de la energía nuclear constituye un progreso admirable del genio humano, que ofrece perspectivas inmensas para el desarrollo ulterior de las fuerzas productivas de la sociedad.-

B) LA ECONOMIA Y LA ENERGIA NUCLEAR.

- a) Situación universal.- El mundo actual se encuentra dividido en dos bloques:
 - 1.- Oriente: Que representa al Comunismo, con su nación rectora, que es Rusia.
 - 2.- Occidente: Que representa al Capitalismo, con su nación rectora, que es Estados Unidos.

Ambos bloques, enfrentados, se encuentran en una manifiesta divergencia evolutiva, la que por sus características y las circunstancias de los acontecimientos sucesivos, parecería que el mundo va encaminado a que, en un momento dado, se produzca una de estas dos situaciones:

-La III Guerra Mundial, si el entendimiento de los hombres continúa obscurecido por la incomprensión y por las pasiones mezquinas y adversas a la humanidad.

-La Pacificación Universal, la unificación del mundo, sin que ello signifique una fusión de naciones, sino una especie de Confederación, en la cual los países continuarían su desarrollo, de acuerdo a sus posibilidades nacionales; pero, en un ambiente de tranquilidad y de progreso, sin ninguna de las incertidumbres que amilanan o anulan al hombre en sus posibilidades.-

En principio, los intereses económicos determinan la orientación política de cada país. Las preferencias ideológicas pasan a segundo término cuando no coinciden con los intereses vitales del país.

En la actualidad el empleo de la energía nuclear tiene una influencia poderosa en la situación de los bloques mencionados. El desarrollo de esta nueva energía pone a disposición una poderosa arma en esta lucha económica. Si el antagonismo precipitado se continúa realizando en un ambiente de gran rivalidad, el peligro puede hacerse rápidamente incontrolable y podría amenazar la paz mundial.

Solo una cooperación económica y política, de largo alcance, podría evitar esta perspectiva.

Es indudable que la energía nuclear impone la coexistencia pacífica; pues, el enorme poder de las armas dotadas de energía nuclear, con sus efectos destructivos catastróficos, tanto materiales como humanos, frena el ímpetu bélico de los pueblos, pensando en su total destrucción. Por eso, el equilibrio de las fuerzas nucleares entre los dos bloques, constituye el argumento más decisivo en favor de la coexistencia pací

fica.

La coexistencia pacífica, para que sea realmente efectiva, debe ser una coexistencia activa y constructiva, capaz de evitar los inconvenientes de la coexistencia estática y asegurar la prosperidad y la paz. Para, alcanzar este objetivo, la mayoría de los países coinciden en que, en el marco internacional, se debe establecer el acuerdo de los siguientes puntos:

- 1) Creación de un "pool" atómico mundial.
 - 2) Un acuerdo económico, a largo plazo.
 - 3) Una reducción de los gastos militares y el financiamiento de los países subdesarrollados.-
- b) Situaciones nacionales.- Los efectos que el empleo de la energía nuclear puede producir, diferirán según se trate de:
- 1) País desarrollado
 - 2) País subdesarrollado.
- 1) Países desarrollados.
- La liberación de determinados recursos nacionales, que pueden servir en el futuro para nuevas actividades. Este potencial productivo, así liberado, ocasionará un aumento de la renta nacional. La proporción de este aumento dependerá, ante todo, de la importancia de la reducción del coste de la energía.
 - Se originarán repercusiones importantes en la distribución regional de las industrias.

- Se originarán repercusiones importantes en la distribución en la mano de obra.
- Limitará la importancia de algunas de las otras fuentes de energía convencionales, como el carbón, lo que tendrá como consecuencia desplazar una gran parte de la mano obra ocupada en la actualidad en las minas.
- La limitación de la duración del trabajo se convertirá en una necesidad imperativa en la era atómica.
- La Agricultura logrará grandes ventajas, gracias al uso de la energía nuclear y también de los radioisótopos. La disminución de pérdidas ocasionadas por enfermedades, por parásitos o bacterias, así como la adopción de diversas técnicas más ventajosas, permitirán un aumento considerable de la producción en regiones ya cultivadas.
- Los radioisótopos prestan, también, enormes servicios a la ciencia, a la medicina y a la salud de los hombres.-

2) Países subdesarrollados. - La energía nuclear está llamada a beneficiar, en mayor escala, a los países subdesarrollados, para el aprovechamiento de su potencial económico.

En estos países, el coste de la electricidad es tan elevado que les resulta imposible producir la energía que necesitan. Las grandes distancias, las

malas comunicaciones, la carencia de recursos energéticos, constituyen factores desfavorables, que aumentan los costes del kilovatio-hora y mantienen su economía en un estado primitivo. La gran ventaja de la energía nuclear reside en el hecho de que puede ser transportada fácil y rápidamente a los territorios más aislados del mundo.

-La importancia del uso de la energía nuclear no se limita solamente al campo de la industrialización. También desempeña un papel decisivo en el desarrollo agrícola. Se podrá, en primer término, hacer aprovechables para el cultivo las regiones áridas, que generalmente abundan en los países subdesarrollados.

-La desmineralización del agua de mar, que puede ser lograda por la energía nuclear, permitirá la irrigación de regiones desprovistas de agua dulce, que se hallen situadas cerca del mar.

-Los pueblos mal alimentados, mal vestidos y mal alojados, pueden ser sacados de esa situación, en un tiempo escaso, mediante la industrialización acelerada, lo que se podrá hacer mediante el empleo de energía nuclear.-

C) FUTURO DE LA ENERGIA NUCLEAR.-

La potencia a generarse con la energía nuclear, no es sola eléctrica: es una potencia social y económica. La corriente de electrones procedentes de la energía nuclear

puede ser la sangre vivificadora de los pueblos no privilegiados. Puede fertilizar los desiertos, transformar en bienestar los recursos del subsuelo, aumentar al mismo tiempo la salud y la duración de la vida, y multiplicar la producción de alimentos. La energía nuclear y sus subproductos, pueden tener una repercusión tan decisiva sobre la paz, como la bomba atómica la tuvo sobre la guerra.

Como resultado de la actividad febril con que en varios países del mundo se está trabajando para resolver los numerosos y difíciles problemas que se presentan en el aprovechamiento de la energía nuclear, no es arriesgado predecir que dentro de poco, plantas atómicas compactas, fácilmente transportables, llevarán la energía y con ella los beneficios de la civilización, a las heladas regiones polares, a las cálidas regiones del trópico y a regiones montañosas, hasta ahora inaccesibles, para la generación de energía.

Las Naciones Unidas con el fin de cumplir uno de sus objetivos fundamentales: de fomentar la acción conjunta de las naciones del mundo para resolver los problemas que gravan a los pueblos, ha creado el organismo especializado en asuntos referentes a la energía nuclear, denominándolo: "Comisión Internacional de la Energía Atómica" (con sede en Viena - Austria). Esta Comisión, dentro de sus múltiples funciones, tendrá la de: Acelerar e intensificar la cooperación de la energía atómica al servicio de la paz, salud y prosperidad del mundo. Deberá asegurar, hasta donde sea posible que la ayuda que proporcione, solicite, inspeccione

o controle no se emplee para usos militares.

Para alcanzar estos objetivos, la Comisión, contará con una mesa directiva integrada por los representantes de más de 20 naciones. Esta mesa directiva representará no tan solo a los países más avanzados en materia nuclear y a los principales abastecedores de materias primas nucleares, si no a aquellos que necesitan con urgencia la energía atómica.

En general, existe una tendencia fuerte de ampliar el uso de la energía nuclear en todas partes del mundo y de construir centrales nucleares, reduciendo el costo de instalación y abaratando la energía eléctrica producida.

Actualmente (1958), hay 75 centrales nucleares y plantas pilotos en operación, construcción o contratadas, en el mundo, y 195 reactores de experimentación, tal como se indica a continuación:

	<u>En ope-</u> <u>ración</u>	<u>En cons-</u> <u>trucción</u>	<u>Contra-</u> <u>tados</u>
-Centrales Nucleares y <u>Plan</u> tas <u>Piloto</u> :	12	33	30
-Reactores de Experimentación:	79	65	51

Los países están acelerando el ritmo de sus investigaciones, a los efectos de hacer factible la aplicación de la energía nuclear en todas las medios de transporte. En este sentido, las comunicaciones más recientes son las proporcionadas por los Estados Unidos y por el Japón, sobre la construcción de barcos de superficie, con energía nuclear. Así pues:

- 1) Estados Unidos: Comunica, por intermedio del doctor Zinn, que se están confeccionando los planes para construir el primer barco mercante con propulsión nuclear: el "Savannah", y que dicha nave será puesta en actividad en 1960 y que será capaz de recorrer 300.000 millas a una velocidad ligeramente superior a 20 nudos, sin reabastecerse de combustible. Se espera que, la vida del primer núcleo del reactor del Savannah sea de tres años.
- 2) Japón: Informa a la segunda "Conferencia de Atomos para la Paz" (1958) que está diseñando un buque de pasajeros, movido por propulsión nuclear, para acelerar la emigración nipona hacia la América del Sur.

El buque, cuyo costo se calcula en unos 24.166.000 dólares, conducirá a más de 2.000 emigrantes y efectuará el viaje de ida y vuelta en 67 días, lo que supone reducir a la mitad el tiempo que emplea en la actualidad.

La incalculable multiplicidad de aplicación de los estudios nucleares se ha puesto de relieve con la invención del primer reloj atómico o "atomicrono", considerado como el reloj más exacto del mundo. Los técnicos norteamericanos que lo han construido expresan que su mecanismo funcionará con regularidad por espacio de 300 años, con un margen de error de sólo 5 segundos; pero, finalmente alcanzará una exactitud tan asombrosa que dicha diferencia se reducirá a un segundo en 30.000 años de actividad ininterrumpida.

Los relojes atómicos son de gran utilidad para las observaciones astronómicas, la navegación, los medios de comunicación (particularmente la radio), la agrimensura y el levan

tamiento de mapas, así como para hacer estudios fundamentales en el terreno de la física, tales como la determinación más exacta de la velocidad de la luz y la comprobación de algunos principios de la teoría de la relatividad de Einstein.

En cuanto se refiere a la energía generada por la fusión nuclear, los técnicos de varios países continúan intensamente sus estudios, a fin de obtener la posibilidad del empleo de esta energía, que presenta mayores posibilidades que la energía generada por la fisión nuclear. Tanto es así que, se aprecia que cuando llegue el momento de poderse controlar la fusión nuclear, la humanidad iniciará una nueva etapa de la era atómica, y la producción de energía a partir de la fisión, podrá considerarse como terminada.

Se considera que el control de la fusión nuclear es es tá próximo y su aplicación no puede ser retardada por ningún obstáculo. La controversia ideológica del mundo, representa un poderoso factor para la conquista y el aprovechamiento de esta fuerza, cuyas posibilidades son infinitas.

Ahora bien, a la altura en que se encuentra la ciencia nuclear: Podría afirmarse que las posibilidades energéticas del átomo, han sido agotadas? En el presente, no cabe otro "continuo" que en la masa del electrón y del protón y en el medio que los envuelve. Sin embargo, Rutherford no excluye que ambas unidades fundamentales se hallen con el tiempo serdi visibles en otras más fundamentales; y si la opinión de Rutherford se confirmara algún día, los técnicos, de esa oportunidad podrían entonces anunciar al mundo, que el átomo ha acusado nuevas y superiores posibilidades energéticas.

Pero, como si todavía las posibilidades de las bombas, "H" y "C" fueran pocas, los teóricos yendo en pos de nuevas relaciones entre los diversos fenómenos de la naturaleza, no cejan en precisar nuevas síntesis intelectuales. Por de pronto, hay físicos que especulan ya sobre la relación fundamental entre el tiempo y la carga electrónica, una de las más básicas unidades de la naturaleza, y entre ellos no falta quien esté persuadido que esta relación, una vez haya sido bien formulada, resultará mucho más fundamental que la de la materia y energía. En el hipotético caso de llegar a esto, se prevé que el descubrimiento de la relación entre el tiempo y la carga, conduciría a encontrar el medio para iniciar la cadena en reacción exponencial, de positones y negatones, así como la relación entre materia y energía ha dado la cadena de reacción de neutrones. Si esto llegase a suceder, le ha llegado la hora a la humanidad de cerrar los ojos para siempre.-

VIII.- BIBLIOGRAFIA

- 1.- Necesidades energéticas del mundo y misión de la energía nuclear.
- 2.- Física nuclear y reactores para investigación.
- 3.- Generadores nucleares.
- 4.- Secciones eficaces importantes en el proyecto de los reactores.
- 5.- Física de los reactores.
- 6.- Geología del uranio y del torio.
- 7.- Química nuclear y efectos de las radiaciones.
- 8.- Tecnología de la producción de los materiales nucleares.
- 9.- Tecnología de los reactores y tratamiento químico.
- 10.- Los isótopos radioactivos y las radiaciones nucleares en medicina.
- 11.- Efectos biológicos de las radiaciones.
- 12.- Los isótopos radioactivos y las radiaciones ionizantes en agricultura, fisiología y bioquímica.
- 13.- Problemas jurídicos, administrativos y sanitarios que plantea la utilización, en gran escala de la energía. Normas de seguridad.
- 14.- Los isótopos radioactivos: **p**roblemas generales y dosimetría.

- 15.- Los isótopos radioactivos y los productos de fisión en la investigación y la industria.
- 16.- Aspectos generales de la Conferencia (1955) sobre "Utilización de la energía atómica con fines pacíficos" (Naciones Unidas).
- 17.- La energía atómica y sus aplicaciones.
por J.M.A. Lenihan.
- 18.- Política de la producción
por Pedro Gual Villalbí.
- 19.- La nueva visión del mundo
por Instituto de Altos Estudios Económicos de Sankt Gallen.
- 20.- Elementos para el estudio de la economía energética argentina.
por Aurelio González Climent.
- 21.- La energía nuclear.
por Ignacio Puig.
- 22.- Tratado de Física.
por Ganot - Maneuvrier
- 23.- Electrotecnia
por A. Thomälen.
- 24.- Elementos radioactivos y sus aplicaciones.
por Andrei Nesmeianov
- 25.- La bomba atómica y el futuro del hombre.
por Karl Jasper.

- 26.- Calder Hall.
por Kenneth Jay
- 27.- Los minerales de uranio, sus yacimientos y prospección.
por Victorio Angelelli
- 28.- La política energética argentina.
por Bruno A. Defelippe
- 29.- La energética nuclear.
por D.I. Voskoboinik
- 30.- Energía atómica.
por Varios Especialistas del Scientific American
- 31.- El átomo, dueño del mundo.
por Charles Noël Martin
- 32.- Planificación general para el aprovechamiento de combustibles y energías en la República Argentina.
por Gustavo Sorojovich
- 33.- Tratado de Química Inorgánica.
por A.F. Holleman
- 34.- Los isótopos radioactivos y sus aplicaciones.
por Varios autores.
- 35.- Qué es el átomo.
por Desiderio Papp
- 36.- Historia y principios de la bomba atómica.
por C. Ugarteche - S. Bertran
- 37.- La naturaleza del mundo físico.
por Sir A. S. Eddington

- 38.- En pos del átomo
por Arthur Holly Compton
- 39.- Unirá el átomo al mundo?
por Angelos Angelopoulos
- 40.- Compendio de Derecho de Minería y de la energía.
por Eduardo A. Pérez Llana
- 41.- Aspectos económicos de la energía atómica.
por S.H. Schurr. - J. Marschak
- 42.- Qué es el átomo?
por Arthur K. Solomon
- 43.- Por qué se desintegra el átomo?
por Arthur K. Solomon.
- 44.- Cómo se desintegra el átomo?
por Arthur K. Solomon
- 45.- Aprovechamiento de la energía atómica.
por Germán E. Villar
- 46.- L'énergie nucléaire
por Jacqueline Blazot
- 47.- Informaciones.
Publicación del Servicio Cultural e Informativo de
los Estados Unidos.
- 48.- La energía nuclear y su utilización para fines pacíficos.
por Gerald Wendt
- 49.- El Economista.
Semanao Ecoómico Financiero.

- 50.- La nueva era atómica.
Publicación de las Naciones Unidas
- 51.- El Organismo Internacional de Energía Atómica: Una librería de la
Asociación de naciones.
Publicación de las Naciones Unidas.
- 52.- La Nación.
Diario Argentino
- 53.- Utilización práctica de la energía atómica.
Publicación de las Naciones Unidas
- 54.- Criterio.
Revista quincenal
- 55.- La energía en América Latina.
Publicación de las Naciones Unidas.
- 56.- Aplicaciones económicas de la energía atómica - Producción de energía eléctrica y su empleo industrial y agrícola.
Publicación de las Naciones Unidas
- 57.- Nuevas fuentes de energía y desarrollo económico.
Publicación de las Naciones Unidas
- 58.- Energía nuclear, hidro-eléctrica y térmica.
Revista Argentina de información energética.
- 59.- Teoría y práctica de la Diplomacia.
por José Julio Santa Pinter
- 60.- Información personal de la Oficina de las Naciones Unidas

- 61.- Información, por correspondencia, de la Comisión Internacional de la Energía Atómica (Viena - Austria).
- 62.- Información personal de la Dirección Nacional de la Energía.
- 63.- Información personal de los técnicos especializados y de la biblioteca de la Comisión Nacional de la Energía.
- 64.- La ciencia en la guerra.
por George W. Gray
- 65.- Información personal del Instituto de Economía y Política de los Transportes y de la Energía de la Facultad de Ciencias Económicas de la Universidad de Buenos Aires.-

Nota.- Las obras indicadas de 1 a 16, han sido publicadas por las Naciones Unidas y constituyen los resultados obtenidos de la Conferencia sobre "Utilización de la energía atómica con fines pacíficos", realizada en Ginebra (Suiza) en 1955.-

Alejandro S. Larian