

RG

061.3:621.039.58

In8e

1985

06.86.03

PROCEEDINGS SERIES

C.N.E.A. Biblioteca	
ARCHIVO PUBLICACIONES	
Nº 1	AÑO 1986

EMERGENCY PLANNING AND PREPAREDNESS FOR NUCLEAR FACILITIES

PROCEEDINGS OF AN INTERNATIONAL SYMPOSIUM
ON EMERGENCY PLANNING AND PREPAREDNESS
FOR NUCLEAR FACILITIES
ORGANIZED BY THE
INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY
AND HELD IN ROME, 4-8 NOVEMBER 1985

COMISIÓN NACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA
BIBLIOTECA

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY
VIENNA, 1986

581 p.

ANALISIS DE LAS CONTRAMEDIDAS Y SU ZONA DE APLICACION EN CASO DE ACCIDENTE NUCLEAR DE CONSECUENCIAS SEVERAS PARA EL PUBLICO

Norma Licarow Juan José
H. BRUNO, J.J. KUNST, L. BOUTET *Luis Bruno*
Departamento de Protección Radiológica,
Comisión Nacional de Energía Atómica,
Buenos Aires, Argentina

Abstract-Resumen

ANALYSIS OF COUNTERMEASURES AND THEIR AREA OF APPLICATION IN THE EVENT OF A NUCLEAR ACCIDENT WITH SERIOUS CONSEQUENCES FOR THE PUBLIC.

An analysis is given of the doses to the public in the event of a nuclear accident with significant releases of radioactive material to the environment. A computer code developed for this purpose which takes a PHWR 1100 MW(th) reactor as a model was used in the evaluation. Three hypothetical accidental releases were studied, characterized by the percentage of the radioactive inventory released to the environment in average and in adverse weather conditions. The purpose of this evaluation is to analyse the application of countermeasures and their area of implementation during the initial phases of the nuclear accident.

ANALISIS DE LAS CONTRAMEDIDAS Y SU ZONA DE APLICACION EN CASO DE ACCIDENTE NUCLEAR DE CONSECUENCIAS SEVERAS PARA EL PUBLICO.

Se analizan las dosis en el público en caso de un accidente nuclear con emisiones significativas de material radiactivo al ambiente. La evaluación se realizó mediante el empleo de un código de cálculo desarrollado al efecto, tomando como modelo un reactor de 1100 MW(t) del tipo PHWR. Se estudiaron tres liberaciones accidentales hipotéticas, caracterizadas por el porcentaje del inventario radiactivo emitido al ambiente en condiciones meteorológicas medias y adversas. El propósito de esta evaluación es analizar la aplicación de contramedidas y su zona de implementación durante las primeras fases del accidente nuclear.

1. INTRODUCCION

La ocurrencia de un accidente nuclear de gran magnitud en un reactor de potencia puede conducir a la liberación de productos de fisión al ambiente en cantidades y proporciones que dependerán de las características del accidente. Para que las consecuencias radiológicas del mismo alcancen niveles significativos en el público, es necesaria la fusión del combustible y la pérdida de la integridad de la envuelta de contención.

Para mitigar las consecuencias radiológicas se pueden aplicar diversas contramedidas, de acuerdo a un plan de emergencia previamente elaborado. El objetivo principal del plan es reducir las dosis que puedan producir efectos estocásticos y no estocásticos en la población.

En la fase temprana, las contramedidas están dirigidas a reducir las dosis debidas a la inhalación e irradiación externa producidas por el pasaje de la nube radiactiva. En general, el tiempo disponible para su implementación es escaso y las acciones se reducen a hacer que la población permanezca a cubierto ("sheltering"), que se utilicen métodos de protección respiratoria simples, el bloqueo de la glándula tiroides mediante la administración de fármacos que provean yodo estable y el control de accesos a la zona potencialmente involucrada.

En la fase intermedia de la emergencia, la irradiación se debe fundamentalmente al material depositado sobre el terreno y las dosis se reciben durante un tiempo más prolongado. En esta fase, la evacuación de la población es la contramedida más importante y se dispone de tiempo suficiente para llevarla a cabo. La evacuación tardía es mandatoria para evitar efectos no estocásticos por la irradiación producida por el suelo contaminado.

Durante la fase final de la emergencia, las decisiones se basan en la limitación del riesgo estocástico y en consideraciones costo-beneficio de las acciones a tomar, tales como descontaminación del terreno, control de las cadenas alimenticias, etc., con el objeto de permitir el gradual retorno de la población, eventualmente evacuada durante la fase intermedia, a sus naturales asentamientos, y la recuperación de las actividades productivas.

2. CRITERIOS REGULATORIOS PARA EMERGENCIAS

El principal objetivo de la aplicación de contramedidas es evitar las dosis que puedan producir efectos no estocásticos y reducir al mínimo las que produzcan efectos estocásticos.

Teniendo en cuenta el objetivo anterior, la autoridad argentina en materia de protección radiológica ha establecido que 1 rem de dosis equivalente efectiva o 10 rem en un órgano son valores adecuados para poner en práctica las contramedidas durante el pasaje de la nube radiactiva, entre las cuales figuran principalmente la puesta a cubierto ("sheltering") y la provisión de yodo estable como agente protector de la glándula tiroides.

Por otra parte, si debido al depósito de material radiactivo sobre el terreno un individuo recibe más de 10 rem en las primeras 6 horas posteriores al accidente, se debe realizar la evacuación tardía [1].

Si la misma dosis se integra en las primeras 24 horas posteriores al accidente, la evacuación será condicional, es decir, sólo se evacuarán aquellos casos fáciles de hacerlo y cuando la contramedida por sí misma no introduzca riesgos significativos en la población involucrada [1].

CUADRO I. INVENTARIO DE NUCLEIDOS CONSIDERADOS EN ESTE TRABAJO

Nucleido	Inventario (10 ⁶ Ci)	Nucleido	Inventario (10 ⁶ Ci)	Nucleido	Inventario (10 ⁶ Ci)	Nucleido	Inventario (10 ⁶ Ci)
⁸⁵ Kr	0,055	¹³⁶ Cs	0,56	¹⁴⁰ Ba	59,91	¹⁴¹ Ce	54,05
⁸⁵ Kr ^m	8,83	¹³⁷ Cs	0,45	⁹⁹ Mo	60,90	¹⁴³ Ce	50,77
⁸⁷ Kr	17,25	¹²⁷ Te	2,14	⁹⁹ Tc ^m	52,88	¹⁴⁴ Ce	12,37
⁸⁸ Kr	25,05	¹²⁷ Te ^m	0,23	¹⁰³ Ru	17,30	¹⁴³ Pr	49,60
¹³³ Xe	61,72	¹²⁹ Te	12,23	¹⁰⁵ Ru	30,15	¹⁴⁷ Nd	22,67
¹³⁵ Xe	4,60	¹²⁹ Te ^m	1,82	¹⁰⁶ Ru	3,30	²³⁹ Np	931,06
¹³¹ I	32,82	¹³¹ Te ^m	4,93	¹⁰⁶ Rh	20,0	²³⁸ Pu	4,0 × 10 ⁻⁴
¹³² I	48,64	¹³² Te	46,24	⁹⁰ Y	0,36	²³⁹ Pu	4,7 × 10 ⁻³
¹³³ I	65,09	¹²⁷ Sb	2,46	⁹¹ Y	34,91	²⁴⁰ Pu	3,9 × 10 ⁻³
¹³⁴ I	74,20	¹²⁹ Sb	13,09	⁹⁵ Zr	41,46	²⁴¹ Pu	0,25
¹³⁵ I	58,09	⁸⁹ Sr	29,53	⁹⁷ Zr	56,24	²⁴¹ Am	3,0 × 10 ⁻⁵
⁸⁶ Rb	0,005	⁹⁰ Sr	0,27	⁹⁵ Nb	29,33	²⁴² Cm	3,7 × 10 ⁻³
¹³⁴ Cs	0,165	⁹¹ Sr	41,58	¹⁴⁰ La	62,15	²⁴⁴ Cm	1,6 × 10 ⁻⁵

Con respecto a la política de reocupación de la zona eventualmente evacuada, todavía no hay valores de dosis fijados. Mientras no se establezca formalmente un valor, parece adecuado utilizar el de 5 rem por año como dosis equivalente efectiva en el planeamiento y evaluaciones propias a los planes de emergencia.

3. LIBERACION DE PRODUCTOS DE FISION

En los accidentes hipotéticos considerados en este trabajo se supone la fusión de la totalidad o gran parte del núcleo del reactor. Toda la información que se posee sobre las consecuencias de este tipo de accidente proviene de análisis teóricos de secuencias accidentales [2-4]. En los trabajos de referencia, los aspectos relativos a la emisión al ambiente han sido analizados bajo hipótesis sumamente conservativas que conducen a una sobrestimación de las descargas. Evaluaciones más recientes muestran que la cantidad de aerosoles liberada al ambiente sería por lo menos 10 veces menor que las cantidades consideradas inicialmente [5-9].

El inventario radiactivo del núcleo en el momento del accidente fue calculado para un reactor de 1100 MW(t) del tipo recipiente a presión, moderado y refrigerado con agua pesada. Se calculó empleando el código de cálculo ORIGEN [10], adaptado para reactores tipo PHWR [11, 12] y considerando un grado de quemado promedio de 700 MW día por tonelada de uranio. En el Cuadro I se presenta el

CUADRO II. EMISIONES ACCIDENTALES TIPO CONSIDERADAS EN LA PRESENTE EVALUACION

TIPO	tr (h)	td (h)	hs (m)	QH (MW)	Gases nobles	Iodos	Cs-Rb	Te-Sb	Sr-Ba	Ru	La
1	2,5	1,0	25	3,48	8×10^{-1}	7×10^{-2}	4×10^{-2}	3×10^{-2}	5×10^{-3}	4×10^{-2}	3×10^{-4}
2	2,0	3,0	0	0,18	6×10^{-1}	7×10^{-3}	4×10^{-3}	3×10^{-3}	5×10^{-4}	4×10^{-3}	3×10^{-5}
3	2,0	5,0	10	—	9×10^{-1}	$1,5 \times 10^{-4}$	$5,1 \times 10^{-4}$	5×10^{-4}	$5,7 \times 10^{-5}$	4×10^{-5}	$6,5 \times 10^{-6}$

tr: tiempo en horas desde la detención del reactor hasta la liberación.
 td: duración de la liberación en horas.
 hs: altura de emisión en metros.
 QH: calor que acompaña a la emisión.
 Ru: incluye Ru, Rh, Mo y Tc.
 La: incluye La, Y, Zr, Nb, Ce, Pr, Nd y Np.

inventario del núcleo, limitado a aquellos radionucleidos de potencial significación en la determinación de las consecuencias radiológicas.

Se han analizado 3 tipos de descargas accidentales al ambiente, cuyas características se muestran en el Cuadro II. En éste se indican la fracción del inventario de los distintos radionucleidos liberados al ambiente, la duración de la descarga, la altura de emisión, el tiempo transcurrido entre la detención del reactor y el momento de la emisión, y la energía térmica que acompaña a la liberación.

En términos generales, las características de la emisión 1 son típicas de accidentes con gran daño del núcleo postulados para reactores tipo PHWR. La emisión 2 es similar a la anterior pero las cantidades eliminadas al ambiente, a excepción de los gases nobles, es aproximadamente 10 veces menor. Finalmente la emisión 3 es típicamente una emisión de gases nobles.

4. MODELO DE CALCULO

La determinación de las dosis en función de la distancia al punto de emisión al ambiente se realizó utilizando el código de cálculo SEDA [13]. El mismo permite obtener las dosis debidas a la inmersión en la nube radiactiva, inhalación, e irradiación debida al material depositado sobre el terreno.

La estructura del código de cálculo lo hace sumamente versátil y su característica interactiva sistema-operador le confiere gran agilidad, evita errores por omisión en la entrada de datos y hace que el operador no necesite poseer conocimientos avanzados de computación.

Las salidas del programa permiten obtener tablas con los valores de dosis o concentraciones de actividad, o mapas de la zona hasta 10 km de radio de la instalación, por pantalla o gráficos impresos con la zona sombreada en la cual los valores calculados superan valores prefijados por el operador.

En el programa de cálculo se considera que la dispersión del material radiactivo se realiza según el modelo de la pluma gaussiana [14]. Los parámetros atmosféricos más importantes para evaluar las condiciones de transporte y la dilución de los contaminantes en el medio dispersivo son la dirección y la velocidad de viento, y el grado de estabilidad atmosférica de Pasquill. Los parámetros de dispersión (y) y $\sigma(z)$ se obtienen a través de las expresiones de Martin y Tickvard [15], corregidas teniendo en cuenta el "meander" de la dirección de viento y usando como parámetro el tiempo de emisión. La elevación de la pluma debida al calor contenido en la eliminación se determina con la metodología utilizada por Briggs [16]. Se tiene en cuenta, además, la disminución de la concentración de material radiactivo en la nube debida al depósito.

Los factores dosimétricos utilizados fueron calculados para cada vía de irradiación teniendo en cuenta la descendencia radiactiva e integrando las dosis hasta 50 años. Para el cálculo de las dosis debidas a la irradiación proveniente del material depositado sobre el terreno, analizadas en este trabajo, no se consideró

el efecto de la descontaminación del suelo por los agentes climáticos, dado que por los tiempos involucrados este efecto es despreciable.

5. DOSIS AL PUBLICO

El material radiactivo que escapa de la instalación se desplaza en la dirección del viento. El público ubicado en el área barrida por la nube radiactiva se irradia por el material transportado por la nube misma (dosis por inmersión) y por la inhalación de dicho material en suspensión (dosis por inhalación). Además, parte del material radiactivo contenido en la nube se deposita sobre el terreno y la irradiación del público, en el área involucrada, puede prolongarse durante mucho más tiempo después de ocurrido el accidente. Parte del material radiactivo depositado se incorpora a las cadenas alimenticias o se resuspende en el aire, irradiando al hombre por ingestión e inhalación respectivamente; no obstante, estas vías de irradiación no fueron consideradas en este trabajo.

La dosis por inmersión y la dosis por inhalación dependen de cómo se ha estado expuesto al pasaje de la nube. La dosis debida al material depositado, en cambio, se recibirá durante un período más largo y dependerá del lapso que los individuos permanezcan en la zona contaminada. Las distintas dosis en función de la distancia al punto de emisión se calcularon sobre el eje de la pluma radiactiva, asumiendo que los individuos del público se encontraban a la intemperie y sin considerar ningún factor de protección.

En las Figs 1 a 5 se muestran las dosis en función de la distancia para los distintos tipos de emisión considerados. Se presentan valores de dosis equivalente efectiva por inmersión en la nube radiactiva, de dosis equivalente en pulmón y en tiroides debidas a la inhalación y de dosis equivalente efectiva debida a la irradiación del material depositado sobre el terreno en las primeras 6 y 24 horas posteriores al accidente. Todos los cálculos se efectuaron para las clases de estabilidad D y F de Pasquill.

Las mayores dosis por inmersión en la nube radiactiva se reciben en liberaciones del tipo 3, que superan los 200 rem para la clase de estabilidad F dentro del primer kilómetro de distancia. La emisión del tipo 1 produce dosis menores pero a mayores distancias, debido a la energía térmica de la emisión que eleva la pluma en forma notable. En la Fig. 1 se presentan las dosis por inmersión en la nube radiactiva en función de la distancia al punto de emisión.

Las dosis producidas por inhalación fueron calculadas en pulmón y tiroides. Las mayores dosis en pulmón se producen con las emisiones del tipo 2 a distancias relativamente pequeñas del reactor (menos de 2 km), alcanzando para la clase F de Pasquill los 250 rem. El tipo 1 de emisión produce dosis superiores a los 10 rem a distancias más significativas (aproximadamente hasta 70 km de la instalación), con clase F de Pasquill (Fig. 2).

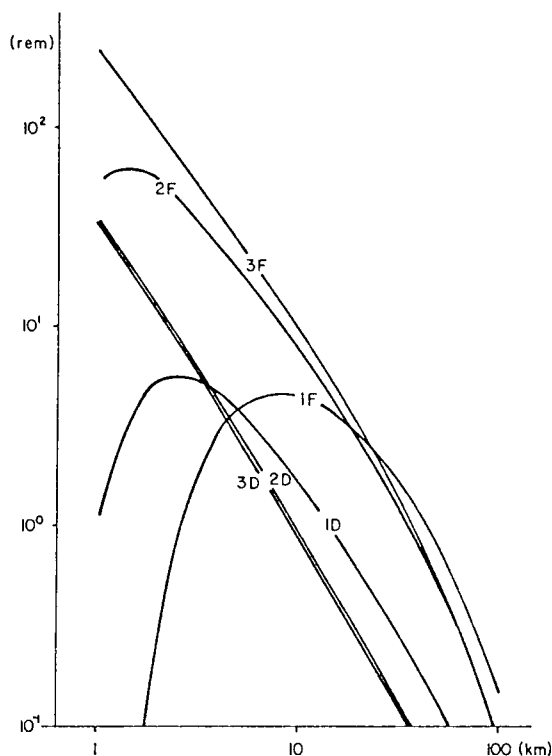


FIG. 1. Dosis equivalente efectiva debida a la inmersión en la nube.

La dosis máxima en la tiroides se produce por la emisión del tipo 2 y resulta ser de 1200 rem a 1,3 km de distancia de la instalación en la dirección del viento (para la clase F de Pasquill). La emisión del tipo 1, en cambio, produce dosis que superan los 20 rem a distancias de aproximadamente 100 km, también en clase de estabilidad F. En la Fig. 3 se muestran las dosis en la tiroides debidas a inhalación en función de la distancia al punto de emisión.

El mayor valor de dosis equivalente efectiva integrada en las primeras 6 horas, debida a la irradiación producida por el material depositado sobre el terreno, es de 15 rem y se produce para el tipo de liberación 2, con condición de estabilidad F, a 1300 m del punto de emisión. El valor de 10 rem no se supera en ninguno de los tipos de emisión y condiciones meteorológicas estudiados, más allá de los 10 km del punto de emisión (Fig. 4). En cuanto a las dosis integradas en las primeras 24 horas posteriores al accidente, el valor máximo se produce con el tipo de emisión 2, y es de 45 rem aproximadamente a 1300 m, con clase de estabilidad F de Pasquill. En este caso pueden producirse, tratándose de la emisión del tipo 1 y clase F de estabilidad, valores que superen los 10 rem hasta distancias de alrededor de 20 km.

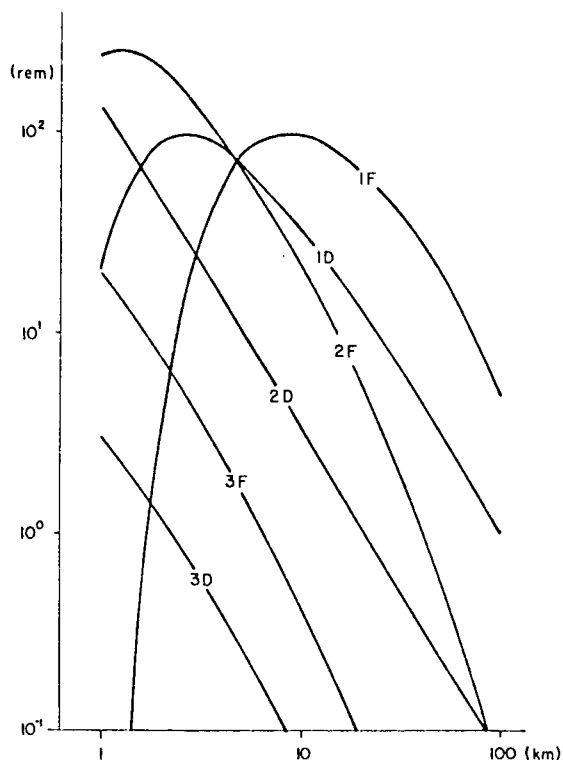


FIG. 2. Dosis equivalente en el pulmón debida a inhalación.

6. MEDIDAS PROTECTORAS

El diseño de las medidas protectoras está basado en el aprovechamiento de los medios existentes, de acuerdo a su efectividad y a la rapidez de su implementación con respecto a los tiempos característicos del accidente en cuestión.

Por ejemplo, se puede observar que el frente de la nube, con una velocidad de 4 m/s alcanza los 10 km en aproximadamente 40 min. Por lo tanto, parece inadecuado implementar la evacuación de la población en el caso de un accidente de rápida evolución porque, por un lado, el tiempo disponible es escaso y, por otro, la población en evacuación podría quedar expuesta al pasaje de la nube sin protección alguna por un cambio repentino de la dirección del viento.

Las medidas protectoras que parecen más viables son: la puesta a cubierto durante el pasaje de la nube, la ingestión de pastillas de yodo estable y la evacuación tardía.

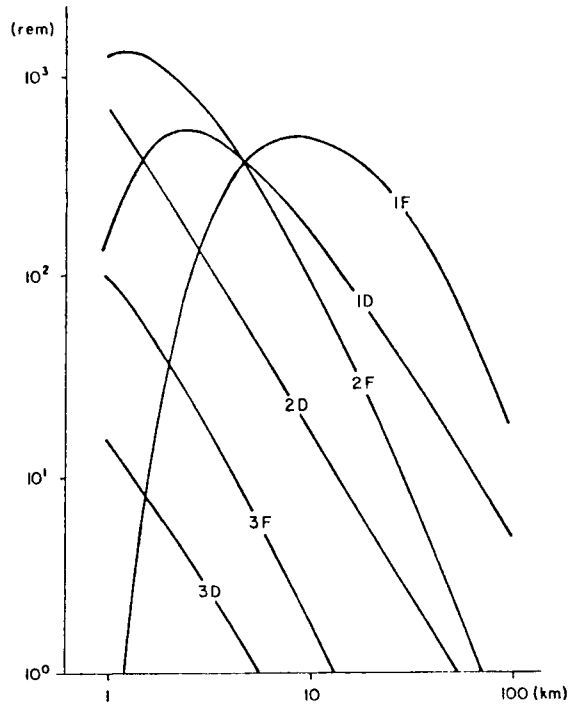


FIG. 3. Dosis equivalente en la tiroides debida a la inhalación.

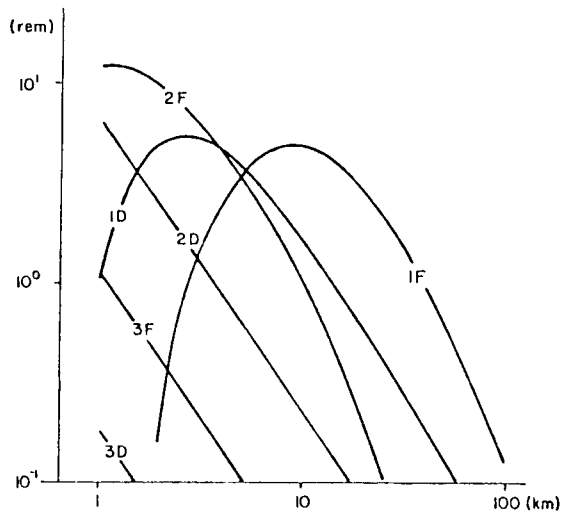


FIG. 4. Dosis debida al depósito integrada en las primeras 6 horas.

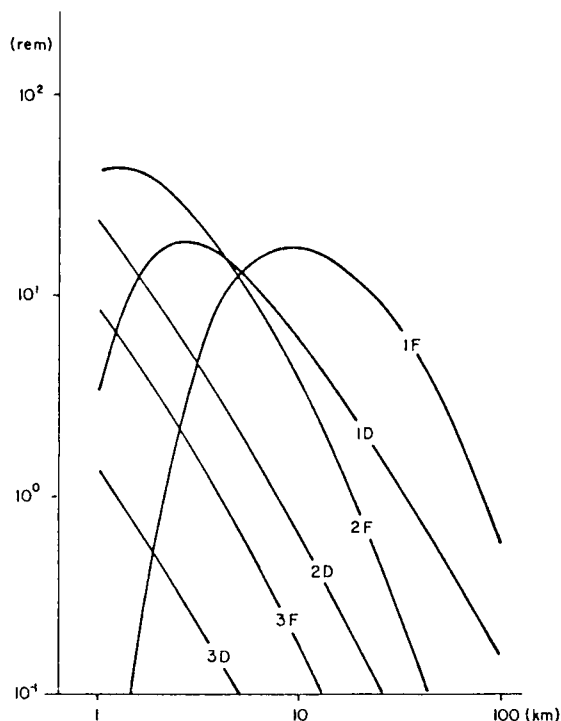


FIG. 5. Dosis debida al depósito integrada en las primeras 24 horas.

6.1. Puesta a cubierto

La puesta a cubierto es la medida de protección que consiste en hacer permanecer a la población dentro de los edificios con puertas y ventanas cerradas y ubicados en las habitaciones centrales. De este modo se logra reducir la contaminación interna por inhalación al disminuir la presencia de aerosoles radiactivos por sedimentación e impactación en las habitaciones externas. La irradiación externa disminuye fundamentalmente por el factor de distancia a la fuente de irradiación y el blindaje aportado por las estructuras.

Sin embargo, es necesario aclarar que luego del pasaje de la nube se deberán abrir puertas y ventanas para reducir la concentración dentro de los edificios por ventilación, pues la permanencia en los mismos con los niveles de concentración alcanzados podría producir dosis del orden de magnitud de las que se ha tratado de evitar.

6.2. Ingestión de iodo estable

Este método de protección consiste en saturar la glándula tiroides por absorción masiva de iodo estable, con el objeto de evitar la fijación ulterior de

iodo radiactivo. La ingestión de 100 mg de iodo bajo la forma de yoduro o yodato, si se produce antes del pasaje de la nube, tiene un factor de reducción de dosis a la tiroides comprendido entre el 99% y el 90%, y del 50% si se ingiere después de 6 horas del pasaje de la nube.

6.3. Evacuación

La evacuación temprana durante el pasaje de la nube es desaconsejable en un accidente de rápida evolución (del orden de una hora). Sin embargo, deberá tenerse en cuenta que durante un accidente de cinética lenta, en el cual la liberación de material radiactivo se produce durante largo tiempo, la aplicación de esta contramedida puede lograr una substancial disminución de la dosis.

La evacuación tardía es mandatoria para evitar efectos no estocásticos por la irradiación producida por el suelo contaminado. Es necesario destacar que la evacuación tardía no responde a la evolución del accidente sino a la cinética de desintegración del material radiactivo depositado y puede por lo tanto decidirse en base a los datos del monitoreo.

7. ZONA DE APLICACION DE LAS MEDIDAS PROTECTORAS

El objetivo principal del plan de emergencia será reducir las dosis que puedan producir efectos estocásticos y no estocásticos en la población. En la primera etapa del diseño del plan se ha fijado como objetivo prioritario evitar la aparición de efectos no estocásticos.

Por lo tanto es necesario establecer niveles de referencia para la planificación, por encima de los cuales sea necesario aplicar las contramedidas adecuadas con el fin de reducir las dosis en las zonas donde se superen estos niveles de referencia.

Es bien conocido que los riesgos, dificultades y perturbaciones causados o la implementación de varias contramedidas son diferentes y, por tal motivo, el nivel de dosis al cual una contramedida dada será puesta en práctica es influenciado por tales consideraciones. Los niveles de dosis de intervención deben ser suficientemente flexibles en su aplicación para ser adaptados a la población particularmente afectada, su distribución geográfica y social, las condiciones meteorológicas prevalecientes en el momento de su aplicación y el curso potencial a seguir por el accidente.

Por estas razones no es posible fijar un nivel único de dosis por encima del cual las contramedidas deberán aplicarse y es más adecuado establecer una banda de dosis, limitada por una dosis de referencia inferior y otra superior, de tal manera que para dosis menores que el nivel inferior no se justifica la aplicación de las medidas protectoras y, por el contrario, para dosis mayores que las correspondientes al nivel superior la aplicación de las contramedidas es inevitable.

CUADRO III. NIVELES PARA EL ESTABLECIMIENTO DE ZONAS DE APLICACION DE CONTRAMEDIDAS

Puesta a cubierto y administración de iodo estable		
	Dosis equivalente efectiva	Organo (pulmón y/o tiroides)
Nivel inferior de dosis	1 rem	10 rem
Nivel superior de dosis	10 rem	500 rem
Evacuación tardía		
Nivel inferior de dosis	10 rem en las primeras 24 h posteriores al accidente	
Nivel superior de dosis	10 rem en las primeras 6 h posteriores al accidente	

Los niveles seleccionados para establecer las zonas en las cuales hay que aplicar las contramedidas se dan en el Cuadro III. Los valores que aparecen en éste implican que prácticamente no se producirán efectos no estocásticos sobre la población.

En las Figs. 1 a 5 puede observarse que, en las situaciones estudiadas, los niveles superiores de dosis de referencia no son superados más allá de los 10 km del punto de emisión. Por esa razón parece natural fijar, como zona dentro de la cual se debe planificar en forma detallada la aplicación de las medidas protectoras, un círculo con radio de 10 km centrado en el punto de emisión.

8. CONCLUSIONES

Las dosis en los individuos del público, en caso de un accidente nuclear que conlleve a emisiones significativas de material radiactivo al ambiente fueron calculadas sobre el eje de la pluma y sin considerar ningún factor de protección. Si bien el modelo de cálculo utilizado puede llevar a una sobrestimación de las dosis [17] (más allá de algunas decenas de kilómetros), el propósito de la evaluación es analizar la aplicación de las contramedidas y su zona de implementación.

Los resultados obtenidos permiten concluir que los planes de emergencia en las cercanías de una central nuclear del tipo estudiado deberían contemplar la implementación detallada de las medidas protectoras propuestas hasta una distancia de 10 km.

La aplicación eficiente de las contramedidas analizadas evitaría la aparición de efectos no estocásticos y reduciría el riesgo de aparición de efectos estocásticos.

REFERENCIAS

- [1] MIGLIORI de BENINSON, A., PALACIOS, E., BENINSON, D., "Evacuation and reentry policy for cases of ground deposition following nuclear accidents", International Radiological Protection Association, 6th International Congress, Berlin (West) (1984) 728.
- [2] UNITED STATES NUCLEAR REGULATORY COMMISSION, Reactor Safety Study: an Assessment of the Accident Risks in US Commercial Nuclear Power Plants, WASH-1400, USNRC, Washington, DC (1975).
- [3] GESELLSCHAFT FÜR REAKTORSICHERHEIT, Deutsche Risikostudie Kernkraftwerke, Eine Untersuchung zu dem durch Störfälle in Kernkraftwerken verursachten Risiko, Gesellschaft für Reaktorsicherheit (1981).
- [4] KELLY, G.N., CLARKE, R.H., An Assessment of the Radiological Consequences of Releases from Degraded Core Accidents for the Sizewell PWR, Natl Radiological Protection Board Rep. NRPB-R 137 (1982).
- [5] PARKER, G.N., CREEK, G.E., Impact of secondary effects on the reduction of fission products source terms in class IX reactor accidents, Nucl. Technol./Fusion 53 (1981) 135.
- [6] MOREWITZ, H.A., Fission product and aerosol and behaviour following degraded core accidents, Nucl. Technol./Fusion 53 (1981) 120.
- [7] LEVENSON, M., RAHN, F., Estimation réaliste de conséquences des accidents nucléaires, Rev. Gén. Nucl. 2 (1981) 121.
- [8] LEVENSON, M., Pour une estimation réaliste des émissions radioactives, Rev. Gén. Nucl. 3 (1982) 266.
- [9] WARMAN, E.A., GERGERON, C.F., VANASSE, R.E., "An assessment of the radiological consequences of postulated reactor accidents" Nuclear Technology Transfer, ICONT II, (Proc. 2nd Int. Conf. Buenos Aires, 1982), American Nuclear Society, Trans. Am. Nucl. Soc. 42 (1982) 157.
- [10] BELL, M.J., ORIGIN I: The ORNL Isotope Generation and Depletion Code, Oak Ridge Natl Lab. Rep. ORNL-4628 (1973).
- [11] KIRILOVSKY, L., VOLKIS, J., ORIGEN Modificado, Programa para el Cálculo de Concentraciones de Isótopos y su Correspondiente Fuente de Radiación, Manual de Uso Actualizado, Informe interno CNEA, RC.CA 78-14 (1978).
- [12] PARDO, O., Comunicación privada CNEA, 1982.
- [13] BOUTET, L., BRUNO, H., KUNST, J.J., "SEDA. Sistema de evaluación de dosis en emergencias" (1^{er} Congr. Argent. Radioprotec. Buenos Aires, 1983), Sociedad Argentina de Radioprotección, Buenos Aires (1983).
- [14] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGIA ATOMICA, Dispersión Atmosférica en Relación con el Emplazamiento de Centrales Nucleares, Guía de Seguridad, Colección Seguridad N° 50-SG-S3, OIEA, Viena (1982).
- [15] HEMMING, C.R., et al., Comparison of MARC and CRAC2 Programs for Assessing the Radiological Consequence of Accidental Releases of Radioactive Material, National Radiological Protection Board Rep. NRPB-R-149 (1983).
- [16] BRIGGS, G.A., Plume Rise, United States Atomic Energy Commission Rep. USAEC-TID-25075, CFSTI (1969).
- [17] BECHER, P.E., et al., Calculation of Dose Consequences of a Hypothetical Large Accident at a Nuclear Power Reactor, Risø Natl Lab. Rep. RISØ-M-2299 (1981).