INFORMACION Y CAPACITACION
SOBRE EMERGENCIAS NUCLEARES

miembros del CECOP

PROTECCION CIVIL
ESPAÑA

Ministerio del Interior
Dirección General de Protección Civil

INDICE

Página

MIEMBROS DEL CECOP

CAPITULO 1

PRINCIPIOS BASICOS DE LA FISICA ATOMICA Y NUCLEAR 5

La estructura de la materia 7
Núcleos y reacciones nucleares. La radiactividad 8
Interacción de la radiación con la materia 16

CAPITULO 2

CONCEPTOS BASICOS SOBRE UNA CENTRAL NUCLEAR 21

Descripción de una central nuclear 23
Tipos de reactores nucleares 27
Radiactividad en una central nuclear. Residuos radiactivos y efluentes líquidos y gaseosos 36
Seguridad de una central nuclear 39

CAPITULO 3

DETECCION Y MEDIDA DE LA RADIACION 51

Magnitudes y unidades de la radiación 53
Detectores de la radiación 55

CAPITULO 4

LA RADIACION Y EL HOMBRE 65

Fuentes de irradiación al hombre. Fuentes naturales y artificiales 67
La radiación y el hombre 76
Efectos agudos de la radiación 78
Efectos diferidos de la radiación 80
Riesgos debidos a la radiación 80

CAPITULO 5

EL CONTROL DEL RIESGO RADIOLOGICO 83

Radiación externa 85
Contaminación externa e interna 89
Contaminación del aire 95
Contaminación superficial 95
Contaminación de agua y alimentos 96

CAPITULO 6

NORMAS DE PROTECCION RADIOLOGICA 97

Objetivos de la protección radiológica 99
Clasificación y señalización de áreas 100
Vestuario de protección y equipo de protección respiratoria 101

CAPITULO 7

PLAN DE EMERGENCIA INTEGRADO 109

Introducción 111
Plan de emergencia interior 112
Clases de accidentes en centrales nucleares 113
El máximo accidente previsible 115
Clasificación de las situaciones de emergencia 118
Medidas de actuación en caso de emergencia interior 119

Plan de emergencia exterior 122
Interfase 123
Notificación de la emergencia 123
Categorías 124
Niveles de intervención 125
Fases y situaciones de emergencia 127
Zonas de planificación 129
Categorías, fases y situaciones 130
Riesgos y dificultades en la aplicación de las medidas de protección 132
Anexos 138

CAPITULO 8

ESTRUCTURA DEL PLAN DE EMERGENCIA PROVINCIAL 141

Introducción 143
Director del Plan 143
Puesto de mando 144
Comité asesor 144
Centro de Coordinación Operativa (CECOP) 144
Sala de Coordinación Operativa (SACOP) 145
Centro de Transmisiones (CETRA) 145
Gabinete de información 148
Grupos de acción 149
Medios de actuación: clasificación 162

CAPITULO 9

ACTUACIONES A EJECUTAR EN CASO DE EMERGENCIA DENTRO DEL PLAN PROVINCIAL 165

Actuación provincial 167
Actuación municipal 183

CAPITULO 10

MANTENIMIENTO DE LA EFECTIVIDAD Y OPERATIVIDAD DEL PLAN 193

Introducción 195
Conocimiento del plan 196
Operatividad de los equipos humanos y medios materiales 197
Actualización del plan 200

ADDENDA

BASES DE ACTUACION DE LOS GRUPOS DE ACCION 201

Grupo radiológico 203
Grupo sanitario 211
Grupo logístico 219

CAPITULO 1

PRINCIPIOS BASICOS DE LA FISICA ATOMICA Y NUCLEAR

LA ESTRUCTURA DE LA MATERIA

Elementos que la componen

El aire, el agua, la piedra, los metales y todos los cuerpos de la naturaleza, están compuestos por átomos. A cada átomo diferente le corresponde un "elemento natural": hidrógeno, oxígeno, carbono, hierro, etc. Del hidrógeno al uranio, hay 90 elementos naturales. Los átomos se agrupan entre ellos formando las moléculas; por ejemplo, el agua está formada por moléculas que tienen dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno.

El átomo es similar a un sistema solar en el que los electrones, lo mismo que los planetas, están girando en distintas órbitas alrededor del núcleo, el sol (figura 1).

El átomo está formado por tres clases de partículas:

– Los protones; partículas que poseen una carga eléctrica positiva.

– Los neutrones: partículas que no tienen carga eléctrica; protones y neutrones tienen prácticamente la misma masa.

– Los electrones: partículas que tienen una carga eléctrica negativa igual en valor absoluto a la del protón; tienen una masa unas 2.000 veces menor que la de protones y neutrones (figura 2).

Los protones y los neutrones constituyen el núcleo de los átomos. Los electrones giran alrededor del núcleo a gran velocidad. El número de electrones es igual al número de protones. Por tanto, el átomo es eléctricamente neutro.

El diámetro del átomo es del orden de 10.000 veces más grande que el diámetro del núcleo en el que se halla concentrada prácticamente toda la masa.

Existen otras partículas elementales además del protón, el neutrón y el electrón, pero éstas no intervienen directamente en los procesos de fisión del núcleo.

Elementos químicos e isótopos

Un átomo está definido por el número de protones y neutrones que constituyen su núcleo.

Las propiedades químicas de un átomo dependen del número y de la disposición de los electrones que giran en la corteza. Por tanto, dependen del número de protones del núcleo que recibe la denominación de Número atómico. Todos los átomos que tienen el mismo Número atómico poseen las mismas propiedades químicas, incluso aunque no tengan el mismo número de neutrones y pertenecen al mismo elemento químico designado por un mismo símbolo (ejemplos: H para el hidrógeno, C para el carbono, O para el oxígeno, Fe para el hierro, U para el uranio, etc.). Hay 90 elementos químicos naturales y 15 artificiales (por ejemplo, el plutonio).

En la Tabla Periódica de los elementos, éstos están ordenados en filas por números atómicos crecientes consecutivos mientras que en las columnas se encuentran los elementos que tienen la misma estructura de las capas electrónicas alrededor del núcleo, lo que les confiere propiedades químicas análogas (figura 3).

Los átomos que tienen el mismo número de protones y un número diferente de neutrones se denominan isótopos. El número de protones más neutrones se denomina Número másico. Las propiedades físicas de los isótopos de un mismo elemento son diferentes, lo mismo que sus propiedades nucleares.

Hay 325 isótopos naturales (siempre presentes en las mismas proporciones en el mismo elemento) y casi 1.200 isótopos artificiales. Simbólicamente, cada isótopo se representa por el símbolo del elemento correspondiente al que van asociados el número másico y el atómico. Por ejemplo, los tres isótopos del hidrógeno son el hidrógeno (H-1), el deuterio (H-2) y el tritio (H-3).

NUCLEOS Y REACCIONES NUCLEARES. LA RADIACTIVIDAD

Los núcleos están formados por un conjunto de nucleones (protones y neutrones). Los nucleones se mantienen unidos en el núcleo mediante las fuerzas nucleares. Estas son casi un millón de veces más grandes que las fuerzas interatómicas e intermoleculares –de origen electromagnético– que ligan a los electrones en atómos y moléculas.

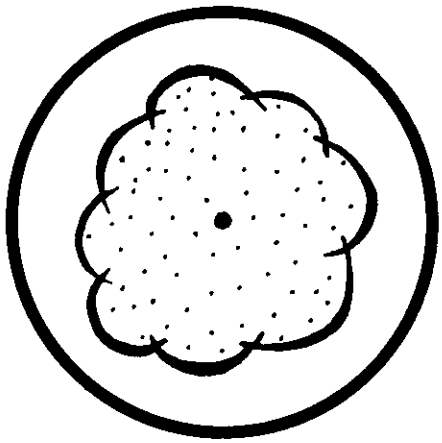


FIG. 1.

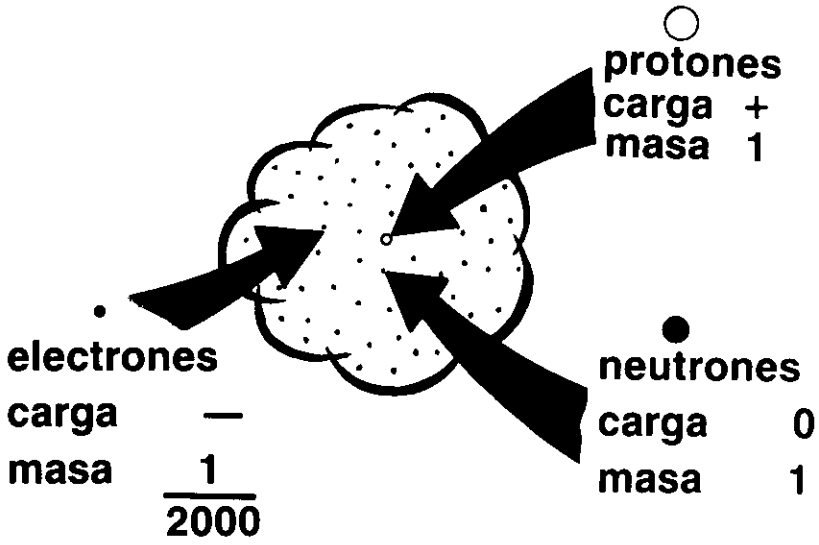

protones
carga +
masa 1
electrones
carga —
masa 1/2000
neutrones
carga 0
masa 1

FIG. 2.

Los núcleos presentes en la naturaleza son estables en su gran mayoría. Sólo los más pesados manifiestan una inestabilidad espontánea (radiactividad natural). Hay núcleos isótopos de los los núcleos estables que son inestables porque su estructura nuclear (protones más neutrones) no está suficientemente ligada, debido a una falta de cohesión entre los nucleones, y sufren una transformación espontánea; se dice que son radiactivos y se les denomina radionucleidos.

La radiactividad es un fenómeno puramente nuclear, totalmente independiente de los electrones que giran alrededor del núcleo. Es un fenómeno espontáneo (que se produce sin intervención exterior) e imprevisible a nivel individual: es un fenómeno estadístico. Esta transformación del núcleo para alcanzar un estado estable puede seguir caminos diferentes.

Tipos de radiación (figura 4)

Como resultado de la desintegración, el núcleo inicial inestable emite una o más partículas y se transforma en un núcleo de otro elemento químico. Estas partículas emitidas son las que se conocen con el nombre de radiación.

a) Radiación alfa (α)

La partícula emitida (α) es un núcleo de helio, formado por dos protones y dos neutrones. Por ejemplo:

$$^{226}_{88}Ra \rightarrow {}^{222}_{88}Rn + {}^{4}_{2}He$$

$$^{238}_{92}U \rightarrow {}^{234}_{90}Th + {}^{4}_{2}He$$

b) Radiación beta (β)

La partícula emitida es un electrón. Por ejemplo, el Torio-234, cuyo núcleo es muy rico en neutrones, se transforma en Protactinio-234. Un neutrón se transforma en un protón y el núcleo emite un electrón:

$$^{234}_{90}Th \rightarrow {}^{234}_{91}Pa + {}^{0}_{-1}e$$

Inversamente, un núcleo rico en protones puede emitir un positrón (electrón positivo) pero este tipo de radiactividad es menos frecuente. Por ejemplo, el Sodio-22, cuyo núcleo tiene un exceso de protones, se transforma en Neón-22.

$$^{22}_{11}Na \rightarrow {}^{22}_{10}Ne + {}^{0}_{+1}e$$

c) Radiación gamma

Generalmente, los núcleos producidos por la desintegración alfa o beta de otro núcleo, se hallan en un estado excitado. El número de nucleones que los constituye es correcto, pero tienen un exceso de energía. El núcleo se libera

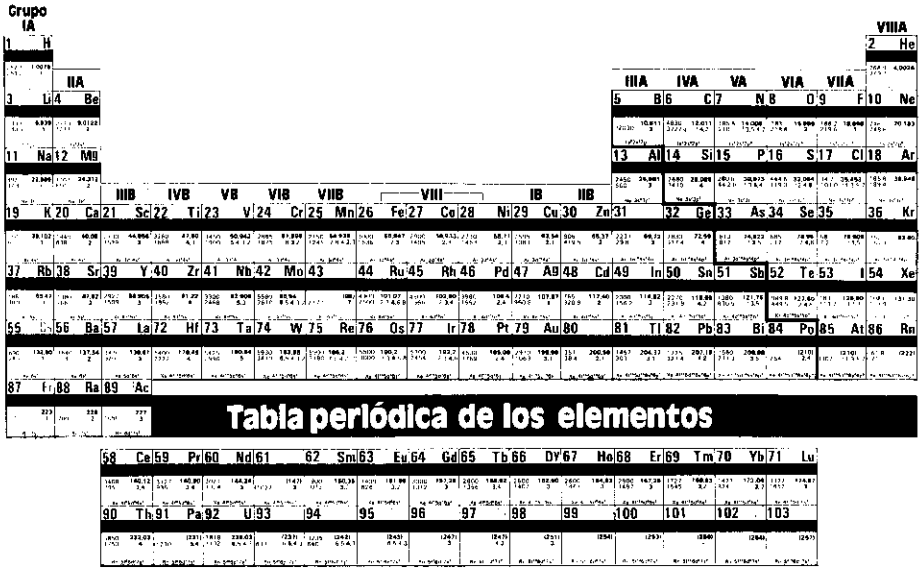


FIG. 3.

Tipos de radiación

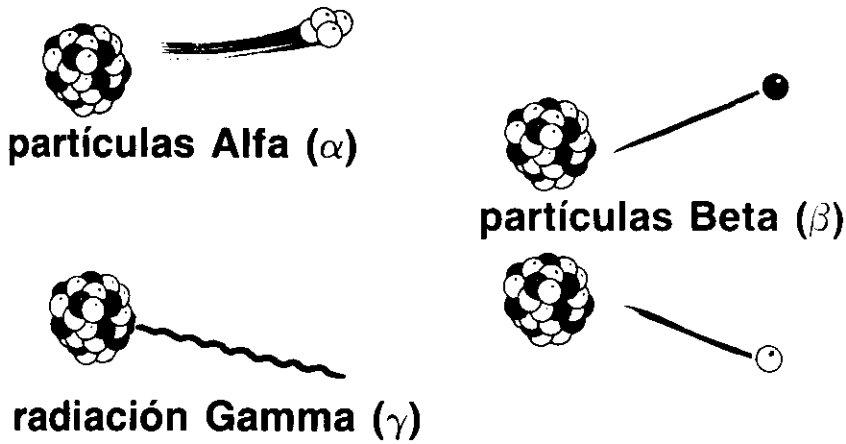


FIG. 4.

de esta energía emitiendo energía bajo la forma de un fotón o radiación gamma. Este fotón es de la misma naturaleza que la luz o los rayos X.

Cuando la radiactividad proviene de elementos que existen en la naturaleza, se habla de radiactividad natural. Pero, artificialmente, pueden crearse numerosos elementos radiactivos bombardeando elementos naturales con partículas producidas en un reactor nuclear o emitidas por fuentes radiactivas; tales elementos radiactivos aparecen en grandes cantidades como productos de fisión en los reactores nucleares. La radiactividad que ellos generan se denomina radiactividad artificial. Ambos tipos de radiactividad son de la misma naturaleza, esto es, dan lugar a la emisión de rayos alfa, beta y gamma.

Leyes de desintegración radiactiva

La radiactividad obedece a la siguiente ley:

"El número de desintegraciones por unidad de tiempo es proporcional al número de átomos radiactivos presentes."

La constante de proporcionalidad entre los que están presentes y los que desaparecen en la unidad de tiempo es la llamada constante de desintegración radiactiva que se denota con la letra griega lambda minúscula, λ.

Se define el período de semidesintegración como el tiempo que debe transcurrir para que el número inicial de átomos radiactivos se reduzca a la mitad. Los períodos varían entre miles de años y milésimas de segundo.

La disminución del número de átomos radiactivos con el tiempo sigue una ley exponencial que corresponde a la siguiente expresión:

$$N = N_0 \, e^{-\lambda t}$$

siendo N_0 el número inicial de átomos radiactivos, N el número de ellos presentes al cabo del tiempo t y λ la constante de desintegración.

Como la actividad, o número de desintegraciones por unidad de tiempo que se producen en una sustancia considerada, es proporcional en cada momento al número de átomos radiactivos presentes, se tendrá también:

$$A = \lambda N \qquad y \qquad A_0 = \lambda N_0$$

$$\text{luego } A = A_0 \, e^{-\lambda t}$$

siendo A_0 la actividad inicial y A la actividad al cabo del tiempo t (figura 5).

La fisión

La fisión del núcleo es una desintegración particular por la cual un núcleo se escinde en otros dos (figura 6).

La fisión espontánea es posible, pero es muy rara entre los núcleos existentes en la naturaleza; sin embargo, es muy importante para los núcleos pesados obtenidos artificialmente. Por el contrario, se puede obtener bastante fácilmente la fisión de los núcleos pesados naturales o artificiales bombardeándolos con neutrones. Estos isótopos, llamados fisionables, son los isótopos del ura-

nio y del torio para los elementos naturales y diversos isótopos, en particular los de plutonio, para los elementos artificiales. El más comúnmente empleado es el isótopo del uranio, Uranio-235.

La fisión del núcleo se produce cuando la absorción de un neutrón por un núcleo pesado crea un nuevo núcleo en el que la estructura protones-neutrones es muy inestable: el nuevo núcleo se rompe en dos núcleos cuyas masas son del orden de la mitad de la inicial.

Los nucleones que constituyen el núcleo están unidos entre ellos por las fuerzas nucleares, que impiden la acción de las fuerzas de repulsión entre los protones. Existe entre los nucleones una energía de enlace que asegura la cohesión del núcleo: es la energía que sería necesario suministrar al núcleo para separar las partículas que lo componen. Esta energía es equivalente al llamado defecto de masa que se constata experimentalmente: la masa de un núcleo es siempre inferior a la suma de sus constituyentes si éstos estuvieran libres.

El defecto de masa no es el mismo para todos los núcleos: es relativamente pequeño para los núcleos ligeros como el hidrógeno y máximo para los núcleos de masa intermedia como el hierro y es de nuevo más pequeño para los núcleos pesados como el uranio.

Como consecuencia, cuando un núcleo pesado se rompe en dos, se pasa de un núcleo "medianamente" unido a dos "fuertemente" unidos. Se produce la liberación de cierta cantidad de energía puesto que sería necesario suministrar más energía para configurar estos dos nuevos núcleos que para constituir el inicial.

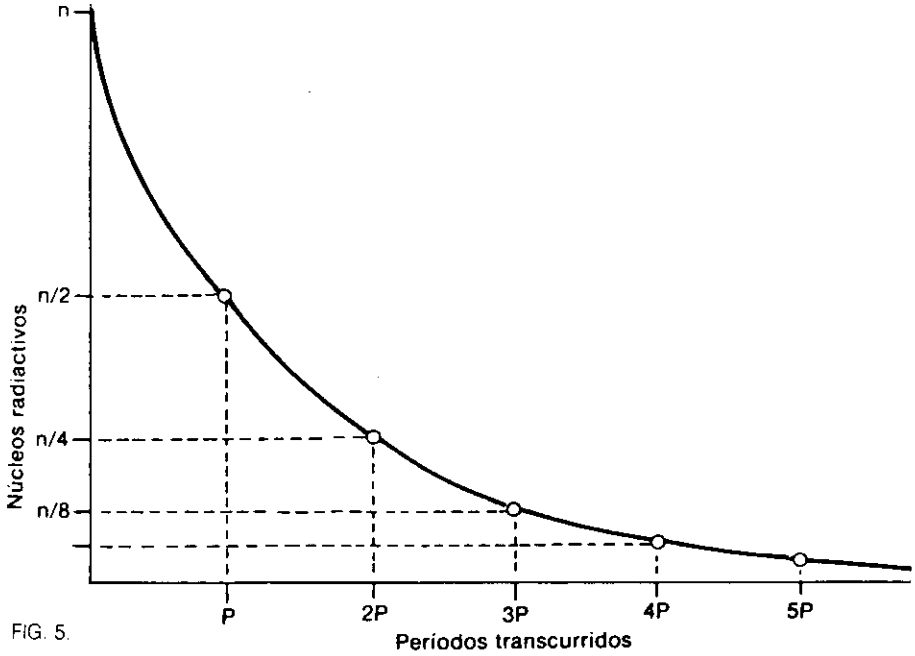


FIG. 5.

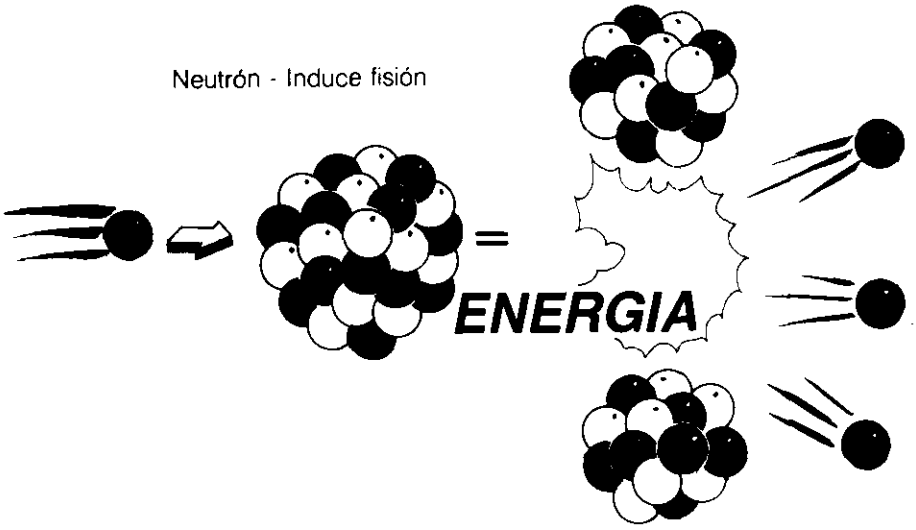


FIG. 6.

La primera característica de la fisión nuclear es que va acompañada de una liberación de energía: la energía nuclear. Esta energía se manifiesta fundamentalmente como energía cinética de los dos fragmentos de fisión, que son siempre radiactivos y cuya emisión se acompaña de la emisión de dos o tres neutrones. La radiactividad de los productos de fisión consiste en una compleja emisión de radiaciones beta y gamma.

La cantidad total de energía liberada por la fisión de todos los núcleos de 1 gramo de U-235 es igual a 2.000 J. Esta energía es igual a la que se libera por la combustión completa de 2,5 toneladas de carbón.

$$^{235}_{92}U + {}^{1}_{0}n \rightarrow + {}^{94}_{38}Sr + {}^{140}_{54}Xe + 2\,{}^{1}_{0}n + \text{energía}$$

Reacción en cadena y criticidad

Los neutrones liberados por la reacción de fisión pueden provocar a su vez la fisión de otros núcleos de uranio y la liberación de más neutrones y así sucesivamente. Esto es lo que se denomina reacción en cadena. Cuando esta reacción en cadena es capaz de automantenerse, de modo estacionario, se dice que el sistema es crítico o ha alcanzado la criticidad (figura 7).

No todos los núcleos de uranio sufren fisión con la misma facilidad. En la naturaleza hay tres isótopos del uranio (234, 235 y 238) que contienen todos 92 protones y 142, 143 y 146 neutrones respectivamente. En el uranio natural estos tres isótopos están mezclados en proporciones invariables: 0,0058 % de U-234, 0,71 % de U-235 y 99,28 % de U-238. Si se considera una masa de uranio, los neutrones pueden producir fisiones pero también pueden ser absorbidos por el uranio, sobre todo el U-238, o escapar sin producir fisión.

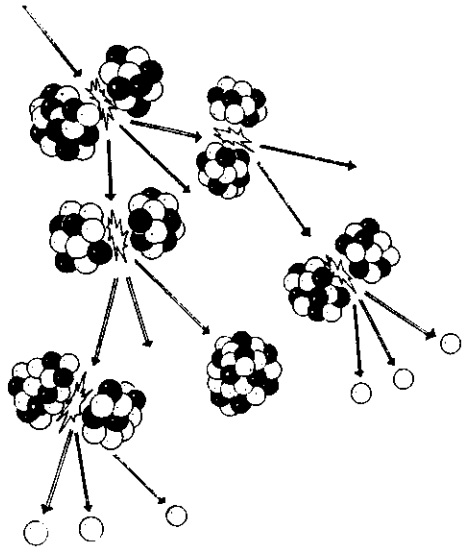


FIG. 7. REACCION EN CADENA

La cantidad mínima de U-235 necesaria para mantener la reacción en cadena se denomina masa crítica. Para masas menores que la crítica, muchos neutrones escapan sin producir fisión. A medida que se incrementa la masa de U-235 escapa una fracción más pequeña de neutrones y al alcanzar la masa crítica es posible la reacción automantenida.

Obviamente, la masa no es el único factor que influye en la criticidad. A medida que aumenta la densidad del material, decrece la distancia interatómica e incrementa la probabilidad de que un neutrón interaccione con un núcleo.

Las impurezas presentes en el material fisionable representan centros de absorción de los neutrones que tienen el mismo efecto de pérdida que la fuga de neutrones. A medida que decrece el área de la superficie del combustible proporcionalmente a su volumen, hay menos oportunidad de que los neutrones escapen del conjunto. Si se transforma un plano en un cubo y éste en una esfera, el área de la superficie se hace cada vez más pequeña mientras que el volumen permanece constante. La distancia promedio que debe viajar un neutrón para escapar se incrementa, y por lo tanto, aumenta la probabilidad de que sea absorbido el neutrón y produzca la fisión. Si además, se rodea la masa con un reflector de neutrones, la criticidad se alcanza con menos masa. Cada material fisionable requiere una masa crítica diferente para mantener una reacción en cadena.

La bomba atómica está constituida por una masa crítica en la que, es tan rápida la propagación de la reacción en cadena, que da lugar a una explosión, liberándose, de este modo, una cantidad muy grande de energía. La reacción en cadena es divergente (el número de neutrones aumenta continuamente) y

el crecimiento del número de fisiones es tan rápido que tiene por resultado una explosión de toda la materia fisionable.

El reactor nuclear está constituido por una masa crítica en la que, mediante el control del número de neutrones en el núcleo del mismo, se obtiene una liberación continua y fijada de antemano de la energía nuclear.

La liberación de la energía de fisión se manifiesta por una liberación de calor. La energía cinética de los productos de fisión se pierde por múltiples choques con los átomos de alrededor, produciendo una agitación media mayor de estos átomos, lo que se traduce globalmente en una elevación de la temperatura de la masa crítica y una liberación de calor.

Materiales físiles y fértiles

Los núcleos capaces de experimentar la fisión reciben el nombre de fisionables y de ellos, los que son capaces de fisionarse por interacción con neutrones lentos se llaman físiles. Los neutrones rápidos, producidos directamente en la fisión, tienen una velocidad del orden de 20.000 km/s. A estas velocidades, los neutrones son difícilmente capturados por los núcleos físiles y no pueden producir una reacción en cadena nada más que en medios fuertemente enriquecidos en U-235 o Pu-239. Es el caso de los reactores rápidos.

Si los neutrones se propagan en un medio, en el que chocan con los núcleos sin ser capturados, se moderan y, finalmente, tienen una velocidad del orden de 2.000 m/s. Son los neutrones lentos o térmicos, muy eficaces en la fisión del U-235, que mantienen la reacción en cadena en los reactores térmicos. Para moderar eficazmente los neutrones, se utilizan los núcleos ligeros por lo que el grafito muy puro y el agua pesada son dos buenos moderadores. El agua ligera puede servir pero bajo la condición de utilizar uranio enriquecido con U-235, porque el hidrógeno captura bastante fácilmente los neutrones.

La captura de los neutrones por el U-238 es un fenómeno no deseado ya que aumenta las proporciones de la mínima masa crítica. Los núcleos que capturan un neutrón se transforman en radiactivos. Después de dos transformaciones sucesivas, el U-239 (238 + 1 neutrón) se transforma en Pu-239. El Pu-239 es un núcleo físil.

Los isótopos, tales como el U-238, que crean nuevos materiales físiles por absorción de neutrones, se denominan isótopos fértiles.

INTERACCION DE LA RADIACION CON LA MATERIA

Rayos alfa

Los rayos alfa son partículas cargadas (2 veces la carga del electrón) que tienen una gran masa (del orden de la masa de 4 protones), y pierden toda su energía en muy poco recorrido, pudiendo ser frenadas por una hoja de papel o, en el caso del cuerpo humano, por la capa externa de la piel formada por células muertas.

La pérdida de energía que experimentan estas partículas a su paso por la materia, es debida a las interacciones electromagnéticas con los átomos del medio. Esto puede producir una ionización si son arrancados los electrones de los átomos del medio, o excitación si hay movimiento de electrones entre las capas de los átomos del medio material atravesado.

Como consecuencia, podemos decir que los rayos alfa no revisten peligro de cara al exterior del cuerpo humano, puesto que son frenados por la piel, pero presentan un serio problema si el material emisor penetra en el interior del organismo, debido a la ionización específica tan grande, que puede dar lugar a daños intensos muy localizados.

Al no presentar riesgo de irradiación externa, no será necesario situar materiales absorbentes entre las fuentes emisoras alfa y las personas (blindar), pero sí será necesario manipular con cuidado dichas fuentes para evitar su entrada en el cuerpo humano por ingestión, inhalación o a través de heridas.

Rayos beta

Los rayos beta son partículas cargadas que interaccionan con los electrones de los átomos de la materia, creando ionizaciones de una forma muy similar a la de las partículas alfa. Sin embargo, como su masa es muchísimo más pequeña, la ionización específica es mucho menor y, en consecuencia, su penetración más alta.

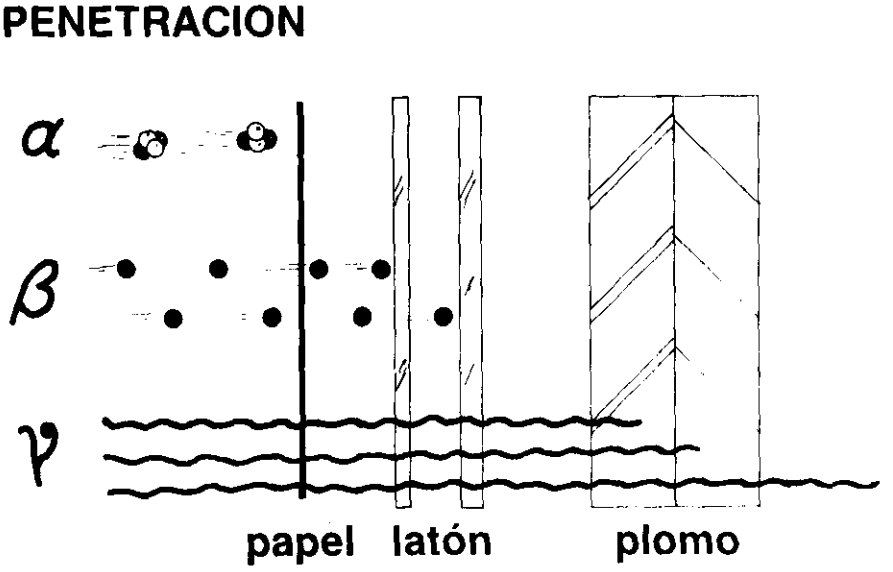


FIG. 8.

Las partículas beta de mayor energía, pueden llegar a interaccionar con el núcleo del átomo, produciendo una emisión de rayos X, denominada radiación de frenado. Este tipo de radiación varía con el Número atómico Z, del elemento con el que interaccionan las partículas beta. Por tanto para elementos de alto Z se producirá gran cantidad de radiación de frenado y viceversa.

Por lo tanto, ya vemos que las partículas beta pueden presentar un problema de irradiación externa, y en consecuencia, será necesario blindarlas. El mejor blindaje será un material de número atómico bajo, debido a la radiación de frenado. Por ello se utilizan principalmente el aluminio (figura 8) y plásticos. En lo referente a la irradiación interna, el daño es menor que el producido por la radiación alfa, debido a su más baja ionización específica.

Rayos gamma

Los rayos gamma son radiaciones electromagnéticas como son la luz visible, los rayos infrarrojos y las ondas ultravioletas, pero con mayor energía. Son emitidos por el núcleo del átomo.

Al contrario de la radiación alfa y beta, los rayos gamma, al interaccionar con la materia, arracan electrones de la corteza atómica y producen una pequeña ionización específica primaria. Estos electrones, animados de una cierta energía cinética, producen ionización de los átomos adyacentes, al interaccionar con éstos, dando lugar a la ionización secundaria que es la que juega un papel primordial en dicha interacción.

Debido a su poca capacidad de ionización específica, los rayos gamma tienen grandes alcances en aire y pueden presentar un riesgo apreciable a grandes distancias de la fuente emisora (figura 8).

Para protegerse de este tipo de radiación se utilizan blindajes de materiales pesados como el Plomo y el Hormigón y se define espesor de semirreducción, al espesor necesario de un material para reducir a la mitad la intensidad de radiación gamma. Así, para un rayo gamma de 1 MeV de energía el espesor de semirreducción del plomo es de 8,6 mm.

Como consecuencia, debido al gran poder de penetración de los rayos gamma, pueden atravesar el cuerpo humano, y desprender energía en cualquier punto, presentando un riesgo de irradiación externa mayor que las partículas alfa y beta. Sin embargo, el riesgo de irradiación interna es menor que para las partículas alfa y beta, debido a su menor ionización específica.

Neutrones

La radiación neutrónica, como su propio nombre indica, está constituida por neutrones. Como hemos visto, son partículas sin carga eléctrica y con una masa muy aproximada a la del protón.

Los neutrones son producidos, principalmente, en reacciones nucleares. Las fuentes comunes de neutrones son:

Reacciones: Bombardeando un elemento (blanco) con una partícula.

Reactores: En los reactores se produce el fenómeno de la fisión provocada.

Fisiones espontáneas: Hay materiales que sufren fisiones espontáneas, como el Plutonio-238, Californio-252.

Atendiendo a la energía, podemos clasificar los neutrones de la siguiente forma:

* Térmicos (energía media 0,025 eV)
* Intermedios (energía entre 0,5 eV y 10 KeV)
* Rápidos (energía entre 10 KeV y 10 MeV)
* Relativistas (energía mayor de 10 MeV)

Los neutrones, al interaccionar con la materia, pierden su energía fundamentalmente por choques con los núcleos de los átomos, hasta que llegan a la situación de térmicos y son absorbidos por un núcleo.

Al igual que la radiación gamma, los neutrones son peligrosos cuando se trata de irradiación externa, mientras que no se consideran importantes para la irradiación interna, ya que es bastante improbable ingerir una fuente de neutrones.

La elección del mejor blindaje para atenuar un haz de neutrones implicaría el siguiente proceso:

En primer lugar, se necesitaría un material con alto contenido en hidrógeno para reducir la energía de los neutrones mediante choques elásticos. Los mejores materiales son parafina o agua. Una vez que los neutrones han alcanzado la categoría de térmicos, se necesitará un material que los absorba. El mejor material es el cadmio.

El proceso de absorción neutrónica da lugar a emisiones de rayos gamma. Por lo tanto, es aconsejable colocar, a continuación, un blindaje de plomo para atenuar dicha radiación.

Sin embargo, el blindaje más comúnmente utilizado para la protección de los neutrones es el hormigón, y especialmente el llamado hormigón pesado, denominado así debido a que los minerales que lo componen contienen átomos pesados como el Hierro, el Bario, etc.

El hormigón, que en su composición tiene un alto contenido en agua, lo que actúa como un eficiente moderador, y que, como hemos dicho, el contenido en núcleos pesados le otorga propiedades de absorbente de neutrones, cumple las dos condiciones antes citadas lo que unido a su bajo costo y uso común le hace muy útil para el propósito de blindaje neutrónico. Las condiciones del hormigón común pueden mejorarse introduciendo en su composición minerales de Bario, Hierro, etc. que por ser metales pesados aumentan su densidad.

CAPITULO 2

CONCEPTOS BASICOS SOBRE UNA CENTRAL NUCLEAR

DESCRIPCION DE UNA CENTRAL NUCLEAR

Una central nuclear es esencialmente un dispositivo que transforma la energía liberada en el proceso de fisión, en energía eléctrica.

En el reactor nuclear se produce la fisión y los fragmentos de la misma ceden su energía cinética al medio, como energía calorífica, que es transferida a la turbina mediante vapor de agua. Este al expandirse convierte la energía calorífica en energía mecánica que, a través de un eje, arrastra un alternador eléctrico, donde se genera la electricidad (figura 9).

Una central nuclear es una instalación en la que puede iniciarse, mantenerse y controlarse una reacción de fisión nuclear en cadena. Necesita, pues, disponer de un recipiente adecuado, una cierta cantidad de material físil, un fluido refrigerante para extraer el calor generado y los adecuados mecanismos de control y seguridad.

Para unas determinadas condiciones del reactor, el ritmo de fisiones es proporcional a la población neutrónica en cada momento. Si ésta se mantiene constante, el reactor se dice que está en estado crítico.

Si la producción de neutrones es superior a las pérdidas, el reactor está supercrítico. En caso contrario se dice que el reactor está subcrítico. Si la mayoría de las fisiones se deben a neutrones térmicos, se dice que es un reactor térmico; si lo son con neutrones rápidos, el reactor se llama rápido.

El control de la potencia generada en el reactor, es decir, el control del ritmo de fisiones producido, puede hacerse, como se ha indicado antes, controlando el número de neutrones presente en el reactor.

Esto se consigue introduciendo en el reactor un material absorbente de neutrones que puede estar disuelto en el refrigerante o contenido en las llamadas barras de control o cambiando la cantidad de refrigerante-moderador líquido.

Componentes de un reactor nuclear

– *Combustible*

Los reactores térmicos actuales utilizan uranio como combustible nuclear. En cualquiera de ellos se trata de una mezcla de los isótopos U-238 y U-235 con diferentes porcentajes (enriquecimientos) de este último. A medida que la instalación va cumpliendo su ciclo de funcionamiento, el U-238 inmerso en el intenso flujo de neutrones del reactor, se va convirtiendo en Pu-239 que se fisiona también.

Algunos reactores utilizan como combustible el uranio natural cuya concentración en U-235 es muy baja (0,7 %) por lo que para mantener la reacción en cadena autosostenida se requiere que los restantes componentes del reactor absorban el menor número posible de neutrones. Otros reactores utilizan como combustible uranio que previamente se ha enriquecido en el isótopo U-235 hasta valores aproximados al 3 %-4 %. Este último caso comprende a la mayoría de las centrales nucleares de nuestro país.

El uranio puede utilizarse en tres formas físico-químicas diferentes, metal, óxido o carburo. La elección se hace en función de diferentes propiedades: comportamiento térmico, resistencia a las radiaciones, conducción del calor, etc.

Los reactores térmicos suelen utilizar óxido de uranio, UO_2, en forma de pastillas o barras encerradas en vainas herméticas para impedir su contacto directo con el refrigerante o moderador. Actualmente en Francia hay un proyecto para sustituir parte de las recargas de los PWR por combustible de óxidos mixtos (UO_2-PuO_2), llamado en forma abreviada MOX (Mixed Oxide).

Una característica esencial del combustible nuclear es su transformación y su evolución en el curso de su irradiación. Hay que tener en cuenta dos fenómenos:

* La captura de los neutrones por los núcleos fértiles origina nuevos núcleos fisionables: el U-238 se transforma en U-239. El Pu-239, captura a su vez neutrones, produce Pu-240 (fértil), Pu-241 (fisil) y Pu-242. La producción de Pu-239 permite prolongar considerablemente la presencia de los elementos combustibles en el reactor.

* La fisión de los núcleos fisionables da origen a los productos de fisión bajo la forma de isótopos radiactivos. Ciertos productos de fisión juegan un papel importante en los reactores, tales como el Xe-135 o el Sm-149 que capturan muy fácilmente los neutrones y actúan como "venenos neutrónicos".

– *Moderador*

La misión del moderador es la de reducir la energía de los neutrones desde el

nivel en que son emitidos en la fisión hasta el nivel de equilibrio térmico con el medio (neutrones térmicos).

Esta reducción se realiza mediante reacciones de dispersión, por lo que el moderador ideal debe cumplir las siguientes condiciones:

* Que tenga alta probabilidad de provocar reacciones de dispersión y baja probabilidad de capturar neutrones.

* Que tenga peso atómico ligero para que la pérdida de energía del neutrón en cada colisión sea la mayor posible.

* Que tenga una elevada densidad atómica y sea compatible con otros materiales del reactor.

No existen muchos elementos que cumplan estas condiciones. En la práctica se utiliza generalmente el hidrógeno, en forma de agua ligera, que tiene muy buenas características para la moderación de los neutrones pero tiene una sección eficaz de captura neutrónica relativamente alta por lo que no puede utilizarse en reactores de uranio natural. En este caso debe utilizarse el deuterio (agua pesada) o el carbono en forma de grafito.

Pero, mientras que los reactores moderados con grafito o agua pesada pueden funcionar con uranio natural, los reactores moderados con agua ligera necesitan uranio enriquecido para compensar la pérdida de neutrones por captura en el moderador.

Los reactores rápidos, cuyo combustible se fisiona con neutrones de alta energía, no utilizan moderador.

– *El refrigerante*

La energía desarrollada por la reacción de fisión se manifiesta en forma de calor que es necesario extraer de la vasija del reactor, por lo que debe preverse un sistema de refrigeración adecuado. Su función básica consiste en transportar el calor desde el núcleo hasta una serie de instalaciones auxiliares donde será aprovechado en la generación de energía útil.

El refrigerante debe ser:

* Suficientemente estable químicamente en presencia de reacciones nucleares.

* Capturar el menor número de neutrones posible.

* Tener una capacidad y una conductividad caloríficas elevadas.

* No corroer ni la vaina del combustible, ni los otros constituyentes del reactor.

Según el diseño de la instalación, el refrigerante puede ser líquido o gaseoso.

En los reactores térmicos el refrigerante, líquido o gaseoso, debe circular a presión. Esta puede variar entre 30 kg/cm^2 y 150 kg/cm^2, lo que tiene como consecuencia que la vasija del reactor debe soportar esta presión, lo mismo que el intercambiador de calor y las conducciones.

En los reactores de grafito, el refrigerante es gaseoso: gas carbónico, si la temperatura no es demasiado alta, o helio a alta temperatura.

En los reactores de agua ligera, ésta sirve a la vez como moderador y como refrigerante. Sin embargo, en los reactores de agua pesada, las funciones del moderador y del refrigerante están separadas.

El refrigerante más utilizado en los reactores rápidos es el sodio líquido. La circulación en el núcleo alrededor del combustible está asegurada por bombas y se hace prácticamente sin presión.

La potencia teórica de un reactor nuclear está limitada sólo por la capacidad de su refrigerante para disipar el calor del núcleo. El combustible en sí, podría proporcionar una potencia virtualmente ilimitada, pero en la práctica, si se sobrepasa la capacidad del circuito de refrigeración, el calor de fisión fundiría los elementos combustibles causando un daño gravísimo a la instalación. Gran parte de los sistemas de seguridad de la instalación están diseñados para impedir que esto suceda, aun en breves períodos de tiempo.

– *Elementos de control*

Este dispositivo sirve para mantener la reacción en cadena en un nivel determinado y para pararla si se detecta una situación anormal. Está formado por barras de material absorbente de neutrones (boro, cadmio). En la parada del reactor, estas barras se introducen en el núcleo del reactor.

Esquemáticamente pueden distinguirse dos tipos de barras: las barras de control y las barras de seguridad. El control normal de la reacción en cadena se obtiene introduciendo más o menos las barras de control en el núcleo del reactor. Las barras de seguridad se utilizan para detener la reacción nuclear en caso de incidente, y están dispuestas de tal forma que penentran en el núcleo en un tiempo muy corto. En ciertos casos, se prevé igualmente la introducción de dispositivos suplementarios de seguridad para detener la reacción en cadena (inyección de boro, etc.).

Otro dispositivo importante para el control de un reactor es la instalación de detectores de ruptura de vainas. Los elementos combustibles están encerrados en vainas metálicas para evitar que los productos de fisión radiactivos se expandan en el circuito de refrigeración. Estas vainas son susceptibles de romperse bajo la acción del calor y de las radiaciones.

– *Barreras de protección*

Todos los componentes que constituyen el reactor se albergan en un gran recipiente o vasija por cuyo interior circula el refrigerante. El combustible y las barras de control, así como el moderador cuando es sólido, están sostenidos por estructuras internas apropiadas. La vasija es de paredes metálicas y está rodeada a su vez por un gran espesor de hormigón u otro material similar. La pared metálica protege el resto de los materiales contra las radiaciones, mientras que el hormigón constituye una barrera de defensa de tipo biológico para impedir que el nivel de radiactividad fuera del reactor supere los límites admisibles.

Como resumen de lo anteriormente expuesto, los componentes de un reactor nuclear típico pueden describirse así:

El combustible en forma de pastillas se encuentra contenido en las vainas formando las barras de combustible. Un conjunto de barras forma un elemento combustible. El conjunto de elementos constituye el núcleo del reactor.

Entre las barras de combustible se encuentra el moderador que en la mayoría de los casos (todos los reactores de agua p. e.) hace también el papel de refrigerante circulando a lo largo de los elementos combustibles. Existen barras de control que contienen absorbentes de neutrones y que pueden desplazarse en el interior del núcleo para controlar el número de neutrones. Para absorber la energía de la radiación liberada en la fisión, se rodea el núcleo de una envoltura metálica –blindaje térmico– que transforma gran parte de la energía radiante en calor. Este blindaje térmico será refrigerado por el propio refrigerante del reactor. Todo el conjunto se encuentra contenido en la vasija nuclear o recipiente de presión que a su vez está rodeado de un grueso blindaje biológico que absorbe las radiaciones que pudieran escapar de ella.

Por último, el recinto de contención, que encierra la vasija nuclear y algunos otros componentes esenciales, tales como el sistema de refrigeración y otros sistemas auxiliares, y está diseñado para mantener su hermeticidad en las condiciones de accidente más severas.

TIPOS DE REACTORES NUCLEARES

En la actualidad, existen varios tipos de reactores que permiten producir electricidad como se ve en el cuadro siguiente:

	Moderador	Refrigerante	Combustible	Denominación
Neutrones térmicos	Grafito	CO_2	Uranio natural	UNGG (Francia y España)
Neutrones térmicos	Grafito	CO_2	Uranio natural	Magnox (G. B.)
			UO_2 enriquecido	AGR (G. B.)
Neutrones térmicos	Grafito	Helio	UO_2 enriquecido o carburo de uranio	HTR (EE. UU., RFA)
Neutrones térmicos	Grafito	Agua en ebullición	Aleación U metálico	RBMK (URSS)
Neutrones térmicos	Agua pesada	Agua pesada	UO_2 natural	HWR (Canadá, Suecia, India, RFA, G. B., Japón)
		Agua a presión	UO_2 enriquecido	ATR (Canadá, G. B., Japón)
Neutrones térmicos	Agua ligera	Agua en ebullición	UO_2 enriquecido	BWR (EE. UU., RFA, Suecia, Japón, España)
		Agua a presión	UO_2 enriquecido	PWR (EE. UU., URSS, RFA, Suecia, Francia, España)
Neutrones rápidos	Baja moderación	Sodio líquido	UO_2 - Pu O_2	RNR (Francia, RFA, Italia, G. B., URSS, EE. UU., Japón, India)

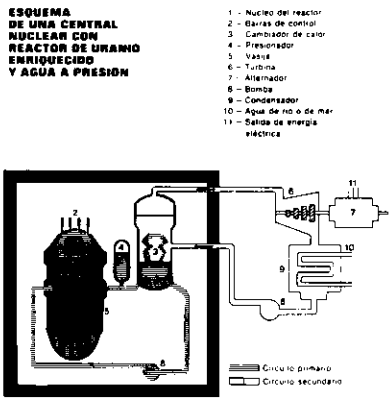


FIG. 9.

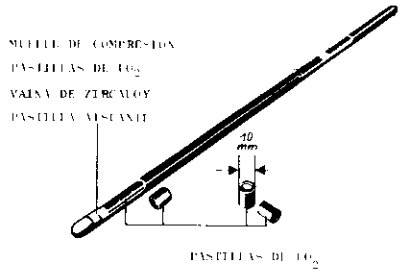


FIG. 10.

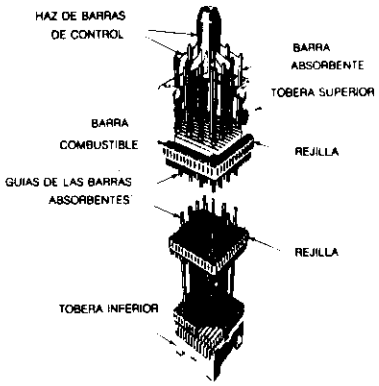


FIG. 11.

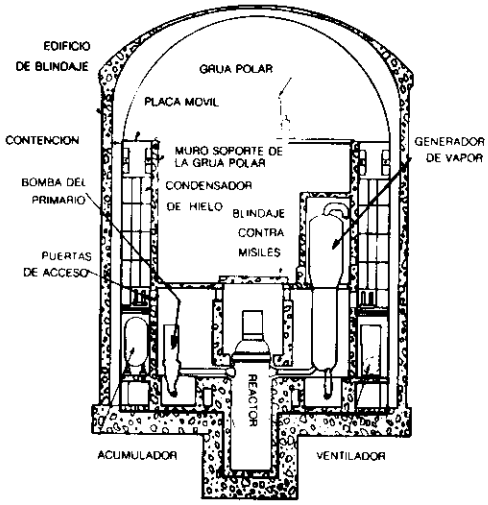


FIG. 12.

Los reactores de neutrones térmicos se distinguen por el tipo de refrigerante y por el material fisionable utilizado como combustible.

La técnica de los reactores PWR va a la cabeza con el 53 % de las centrales, frente al 35 % de las BWR, el 6 % del tipo de la de Chernobyl (RBMK), el 5 % de "grafito-gas" (moderador grafito y refrigerante un gas) y de reactores de agua pesada, y finalmente el 0,8 % de reactores de neutrones rápidos.

La situación de las centrales nucleares españolas se refleja en los siguientes cuadros:

CENTRALES EN OPERACION	ENTRADA EN FUNCION	POTENCIA ELECTRICA	TECNOLOGIA	TIPO
José Cabrera (Zorita)	1968	160 MW	Westinghouse	PWR
Santa María de Garoña	1971	440 MW	General Electric	BWR
Vandellós I	1972	480 MW	SFAC	GCR
Almaraz I	1981	930 MW	Westinghouse	PWR
Ascó I	1983	930 MW	Westinghouse	PWR
Almaraz II	1984	930 MW	Westinghouse	PWR
Cofrentes	1984	975 MW	General Electric	BWR
Ascó	1985	930 MW	Westinghouse	PWR
Vandellós II	1988	982 MW	Westinghouse	PWR
Trillo I	1988	1.041 MW	KWU	PWR

CENTRALES EN MORATORIA	POTENCIA	TECNOLOGIA	TIPO
Valcecaballeros I y II	1.950 MW	General Electric	BWR
Trillo II	1.032 MW	KWU	PWR
Lemoniz I y II	1.860 MW	Westinghouse	PWR

Centrales de agua a presión (PWR)

Una central PWR responde al esquema dibujado en la figura 9, en el que se distinguen dos partes perfectamente diferenciadas, el circuito primario y el secundario.

La energía de fisión, que se manifiesta en forma de calor, es transferida a un circuito cerrado de agua (primario) que se mantiene a gran presión para evitar su ebullición. Este agua del circuito primario cede su calor en los generadores de vapor al circuito secundario, produciéndose vapor saturado que se expansiona en la turbina generando electricidad en el alternador. Seguidamente, se describen brevemente los detalles esenciales de ambos circuitos.

Circuito primario

El circuito primario, denominado también sistema generador de vapor, consta fundamentalmente de:

* Vasija del reactor con sus elementos internos.

* Uno o más lazos de refrigeración.

* Un presionador.

Los lazos de refrigeración están conectados en paralelo con el reactor y cada uno de ellos cuenta con un generador de vapor y una bomba. El sistema completo de generación de vapor contiene un único presionador. El circuito es cerrado y se dice que estos reactores funcionan en ciclo indirecto.

– Vasija de presión

El componente más importante del sistema de refrigeración es la vasija de presión, que aloja en su interior los elementos combustibles que componen el núcleo, las estructuras de soporte del mismo, los haces de barras de control, el blindaje térmico y otros elementos directamente relacionados con el núcleo.

La vasija es un cilindro de eje vertical, cerrado en sus dos bases por cubiertas semiesféricas, de las cuales la inferior es fija y la superior desmontable. El material de la vasija suele ser acero con bajo contenido de carbono, o aleaciones especiales resistentes a la rotura frágil, recubierta en las partes en contacto con el refrigerante, con una lámina de acero inoxidable.

La presión en la vasija es del orden de 150 kg/cm^2 lo que permite alcanzar temperaturas de 320 °C sin que se produzca ebullición.

* Elementos combustibles

El combustible que forma el núcleo es óxido de uranio ligeramente enriquecido, dispuesto en forma de pastillas cilíndricas sinterizadas. Estas pastillas se encuentran en el interior de un tubo, cuyo material es de Zircaloy-4, denominado varilla (figura 10).

Un conjunto cuadrado de varillas de combustible estructuralmente unidas unas a otras constituye un elemento combustible. En ciertas posiciones de este conjunto cuadrado no existen varillas de combustible y en su lugar se colocan los tubos-guía de las barras de control. Cierto número de elementos llevan fuentes de neutrones o barras de veneno consumible o simplemente agua (figura 11).

* Barras de control

Los haces de barras de control se usan durante los arranques, los cambios de carga y para controlar pequeños cambios transitorios en la reactividad.

Los elementos componentes de un haz de barras de control son unas varillas cilíndricas que contienen el elemento absorbente de neutrones.

– Sistema de refrigeración

Se entiende por tal, la parte del circuito primario que hace posible la generación de vapor a partir del calor generado por fisión en el núcleo. Entre los componentes que lo forman destaca el generador de vapor.

En el generador modelo Westinghouse, se pueden distinguir dos partes, una de evaporación y otra de secado del vapor; la primera consiste en un cambia-

dor de calor de tubos en forma de U, por cuyo interior circula el agua del circuito primario, cediendo su calor a través de las paredes de los tubos al agua del circuito secundario convirtiéndola en vapor, el cual pasa a la parte superior, donde es secado por los separadores y sale por la tobera de vapor para ser utilizado en la turbina. La vasija es de acero al carbono y los tubos de Inconel.

El sistema de refrigeración está formado por varios lazos. Cada lazo lleva un generador de vapor.

– Presionador

El presionador mantiene la presión del sistema de refrigeración del reactor en estado estacionario y atenúa los cambios de la misma en los transitorios. También contribuye al mantenimiento de la cantidad de agua total del circuito primario, introduciendo o extrayendo agua del mismo en combinación con otros sistemas.

Circuito secundario

Puede considerarse como el de una central térmica convencional, en la que se ha sustituido la caldera de vapor por el generador de vapor.

El vapor sale de los generadores de vapor y pasa a los cuerpos de alta presión de la turbina. A continuación pasa a los cuerpos de baja presión de la turbina y de aquí al condensador desde donde vuelve al generador de vapor.

Edificio de contención

El recinto de contención es una estructura de hormigón armado, generalmente de forma cilíndrica, con un casquete esférico en la parte superior y una placa plana como cimiento. La parte cilíndrica está pretensada por un sistema de tensado que consiste en varios haces de tirantes horizontales y verticales. La cúpula tiene un sistema de tensado de dos direcciones. La placa de cimentación está reforzada con acero de alta resistencia.

En el modelo KWU (Trillo) la contención es esférica y presenta un esquema de contención doble, una interior de acero y otra exterior de hormigón pretensado.

Dentro del recinto se encuentran el reactor, los generadores de vapor, el presurizador, los circuitos de refrigeración, las bomas de refrigerante y parte de los sistemas auxiliares y de seguridad (figura 12).

Centrales de agua en ebullición

Una central BWR de ciclo directo responde al esquema reflejado en la figura 13.

En dicho esquema puede apreciarse que el agua circula a través del núcleo del reactor produciendo vapor que es separado del agua de recirculación, secado en la parte superior de la vasija y dirigido hacia el elemento turbina-generador. Aquí también se distingue entre sistema primario y sistema secundario.

Sistema primario

Se considera como tal al sistema de suministro de vapor, que está formado por la vasija del reactor y componentes internos, el sistema de recirculación, la tubería de agua de alimentación desde la válvula de aislamiento exterior a la contención y la tubería de vapor hasta la válvula de aislamiento exterior a la contención. A continuación se describen cada uno de los componentes:

– Vasija de presión

La vasija del reactor tiene forma cilíndrica rematada por dos casquetes semiesféricos, de los cuales el superior es desmontable. Está construida de acero al carbono y recubierta de acero inoxidable excepto el casquete superior. Aloja en su interior los elementos combustibles que componen el núcleo, las estructuras de soporte del mismo, las barras de control, la envuelta que rodea al núcleo, los separadores de vapor situados sobre el núcleo y los secadores de vapor situados a su vez sobre los anteriores y que permiten obtener vapor saturado sin agua de arrastre.

La presión en la vasija es del orden de 70 kg/cm^2, lo que corresponde a una temperatura de vapor de 300 °C.

* Elementos combustibles

Igual que en el caso de las centrales PWR, el combustible que forma el núcleo es dióxido de uranio ligeramente enriquecido dispuesto en varillas cerradas de Zircaloy-2 (figura 14). Se ensamblan en conjuntos de varillas y se alojan en un canal formando así lo que se denomina elemento combustible.

Algunas de las varillas de que consta un elemento combustible, no llevan pastillas y están abiertas en ambos extremos para permitir la circulación del refrigerante.

* Barras de control

Las barras de control tienen una sección cruciforme. El material absorbente es carburo de boro compactado en el interior de tubos de acero inoxidable. Las barras de control se introducen en el núcleo por la parte inferior del reactor, lo que impide el que las barras de control puedan ser introducidas simplemente por gravedad, por lo que debe diseñarse un sistema que asegure la inserción de las barras en el núcleo con una gran fiabilidad cuando ello sea necesario (figura 15).

* Separadores y secadores de vapor

El separador de vapor es la primera y más importante etapa de eliminación de humedad del vapor que asciende por la vasija. Los separadores de vapor suelen ser de tipo ciclónico, ya que poseen unos álabes fijos que imprimen a la mezcla agua-vapor un movimiento de rotación proyectando el líquido, más denso, hacia las paredes por el efecto de la fuerza centrífuga. El líquido separado es drenado retornando a la aspiración de las bombas de chorro, mientras que el vapor aún húmedo asciende hacia el secador de vapor.

El secador de vapor realiza la última etapa de eliminación de humedad, incrementando la calidad del vapor.

Son del tipo laberíntico, ya que poseen unos paneles que fuerzan al vapor a realizar cambios bruscos de dirección, que debido a la fuerza centrífuga y a la gravedad dirige la humedad al exterior donde es recogida en unas bandejas colectoras.

- Sistema de recirculación

La misión de este sistema es aumentar el caudal de recirculación en el núcleo. Consiste en dos lazos situados en el exterior de la vasija del reactor, conteniendo cada uno de ellos una bomba de recirculación, válvulas, un paso en derivación y en el interior de la vasija, las bombas de chorro.

El sistema de recirculación puede controlar la potencia generada en el núcleo entre amplios márgenes.

Edificio de contención

La estructura del edificio incluye el blindaje, la contención propiamente dicha, el pozo seco, el pedestal de la vasija, las paredes de blindaje del reactor y una losa de hormigón reforzado que sirve de apoyo al edificio, la cámara de supresión toroidal (mod. Mark I), o la piscina de supresión de presión (mod. Mark III) y el túnel de vapor.

El edificio de blindaje es un recinto de hormigón reforzado que encierra totalmente a una contención hermética de acero.

El pozo seco es un recinto en forma de bombilla (Mark I) o cilindro (Mark III) de hormigón reforzado, con una cubierta circular desmontable. Los componentes más importantes incluidos dentro del pozo seco son la vasija de presión, el sistema de recirculación, las líneas de vapor principal y otras estructuras necesarias para controlar el reactor.

Centrales de grafito-gas (CGG)

Una central de grafito-gas responde al siguiente esquema representado en la figura 16.

En él se distinguen dos circuitos, el primario de CO_2 y el secundario de agua. El calor extraído por el gas es cedido al agua a través de intercambiadores de calor, situados debajo del núcleo, produciéndose vapor saturado que se expande en la turbina generando electricidad en el alternador.

Circuito primario

El circuito primario consta de:

- Reactor.
- Intercambiadores de calor.

Todo el conjunto, reactor e intercambiadores de calor están alojados en el interior de un cajón de hormigón pretensado que constituye el recinto de contención (figura 17).

– Reactor

Este aloja en su interior los elementos combustibles, el moderador, el refrigerante y las barras de control.

* El núcleo

Este se presenta en forma de un apilamiento de "bloques" de grafito hexagonal. Cada bloque posee una parte central hueca en la cual va alojado el combustible, que es de uranio natural en forma metálica. Como todos los bloques, excepto los del reflector, tienen el hueco en la misma posición, al colocarse apilados coinciden sus huecos y se forma un tubo hueco o canal vertical. En cada canal se alojan seis barras de uranio que dejan libre una corona circular por la que discurre el CO_2. Además, en cada canal hay también un dispositivo de detección de deterioro de la vaina.

* Combustible

El elemento combustible que se introduce en el reactor recibe el nombre de "cartucho". Este está constituido por el combustible propiamente dicho, en forma de tubo de uranio natural, rodeado por una vaina de una aleación de magnesio y zirconio, provista de aletas para permitir una eficacia mejor del fluido de refrigeración (figura 18). En general, el cartucho está soportado por una "camisa de grafito" (tubo cilíndrico). El gas refrigerante circula entre el cartucho y la camisa y por el interior del cartucho.

Este tipo de reactores está provisto de un "dispositivo principal de manutención" de carga-descarga que permite el cambio de elementos combustibles aun con el reactor en marcha, y para ello se acopla una gran máquina a los pozos de manutención.

* Elementos de control

El control del reactor se efectúa por medio de barras de acero al boro, revestidas de una capa de acero inoxidable, suspendidas por cables de acero también inoxidable.

– Sistema de refrigeración

El gas anhídrido carbónico es el fluido de refrigeración del núcleo y el medio de transporte del calor en él producido hacia el circuito de los intercambiadores principales (generadores de vapor). La circulación forzada de este gas es mantenida por cuatro grandes grupos turbo-soplantes. La temperatura del gas es de 225 °C a la entrada y 400 °C a la salida y su presión de trabajo del orden de 30 kg/cm^2.

Los intercambiadores están situados bajo la superficie soporte del núcleo del reactor.

Circuito secundario

Puede considerarse como el de una central térmica convencional. El vapor producido sale de los generadores de vapor y pasa a los cuerpos de alta presión de la turbina. A continuación pasa a los cuerpos de baja presión de la turbina y de aquí al condensador desde donde vuelve al generador de vapor.

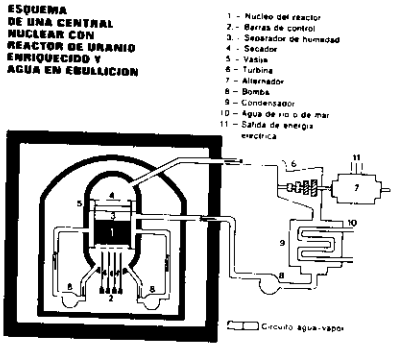


FIGURA 13

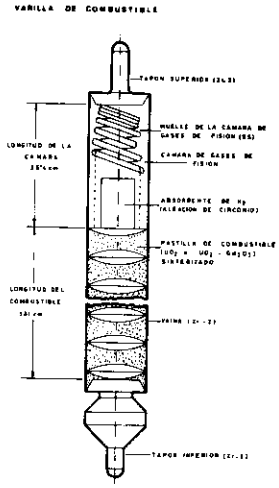
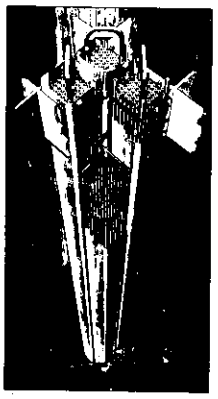


FIGURA 14



REACTOR DE AGUA EN EBULLICION.- ELEMENTOS COMBUSTIBLES Y BARRA DE CONTROL.

1.- Rejilla superior del núcleo.
2.- Separador de los canales.
3.- Placa soporte del combustible.
4.- Muelle de expansión.
5.- Tornillo de sujeción.
6.- Canal.
7.- Barra de control.
8.- Vaina de combustible.
9.- Espaciador.
10.- Rejilla de apoyo del núcleo.
11.- Pieza apoyo del combustible.
12.- Placa soporte del combustible.
13.- Pastilla de combustible.
14.- Tapón de la vaina.
15.- Espaciador de canales.
16.- Muelle interno de expansión.

FIGURA 15

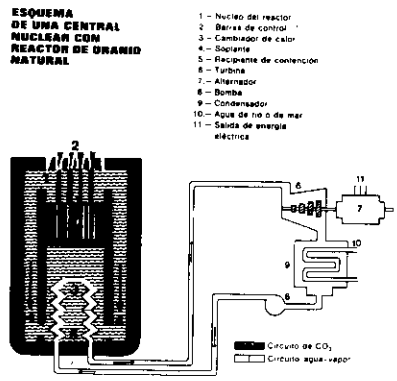


FIGURA 16

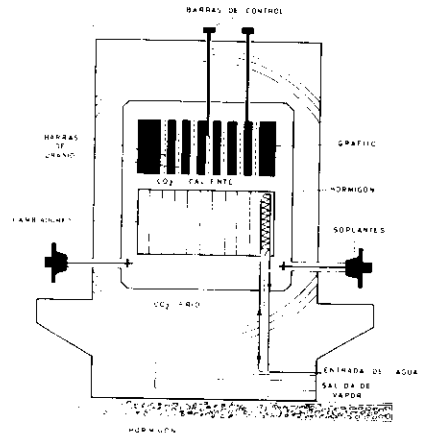


FIGURA 17

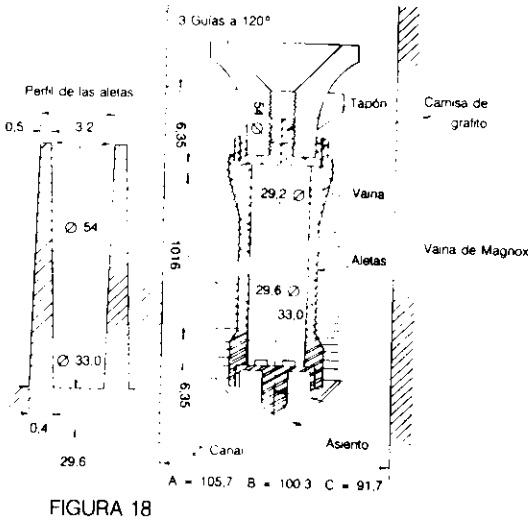


FIGURA 18

RADIACTIVIDAD EN UNA CENTRAL NUCLEAR, RESIDUOS RADIACTIVOS Y EFLUENTES LIQUIDOS Y GASEOSOS

Productos de fisión y de activación

Una central nuclear en funcionamiento emite al ambiente cierta cantidad de sustancias radiactivas en forma de gas, de aerosoles y de líquidos. La naturaleza y la cantidad de estas emisiones varía con el tipo del reactor considerado y estas emisiones son controladas y autorizadas por el Consejo de Seguridad Nuclear.

La presencia de elementos radiactivos en las emisiones de una central proviene de la contaminación del circuito de refrigeración. Esta contaminación puede deberse a la fuga de materiales radiactivos del combustible por rotura de las vainas, su difusión a través de la vaina o a la formación de nuevos elementos, productos de activación o de corrosión.

El paso de las sustancias radiactivas desde el circuito de refrigeración al exterior del reactor se produce a causa de la necesidad de purificar o renovar el refrigerante, o por fugas incontroladas.

Los problemas más importantes están relacionados con la formación de productos de fisión, de plutonio y de trasuránidos en el seno del combustible durante su estancia en el reactor, así como la formación de productos de activación por la acción de los neutrones sobre los materiales estructurales del reactor:

– El plutonio y otros elementos transuránidos se forman por capturas a partir del Uranio-238:

Plutonio 239, 240, 241, 242

Americio 241, 243

Curio 242, 244

Estos elementos que quedan en el combustible irradiado son esencialmente emisores de radiación alfa y tienen períodos de semidesintegración muy grandes.

– Los productos de fisión son de naturaleza muy variable, son esencialmente emisores beta y gamma, con períodos de semidesintegración muy diferentes. Los principales son los siguientes:

Radionucleido	Período de semidesintegración
H-3	12 años
Kr-85	10,7 años
Sr-90	28 años
Zr-95	65 días
Ru-106	1 año

I-129	$1,6 \times 10^7$ años
I-131	8 días
Xe-133	5,2 días
Cs-137	30 años
Ce-144	285 días
Pm-147	2,6 años

– Los productos de activación provienen de la acción de los neutrones, en primer lugar sobre ciertos constituyentes del material de la vaina (acero inoxidable, magnesio, aluminio y zircaloy), en segundo lugar sobre el refrigerante y las impurezas que él contiene y en tercer lugar sobre el moderador y los diversos elementos constituyentes del reactor. Una parte de estos productos de activación quedan en los elementos estructurales del reactor hasta que sean sustituidos o hasta que el reactor sea demolido y la otra parte pasa a los residuos o a las emisiones. Los principales radioisótopos originados de este modo son los siguientes:

Radionucleido	Período de semidesintegración
H-3 (a partir de Li-6)	12 años
Ar-41 (a partir de Ar-40)	1,8 horas
Mn-54 (a partir de Fe-54)	300 días
Fe-55 (a partir de Fe-54)	2,9 años
Co-60 (a partir de Co-59)	5,2 años
Cu-64 (a partir de Cu-63)	12,8 horas
Ni-65 (a partir de Ni-64)	2,6 horas
Cr-51 (a partir de Cr-50)	27 días
Zr-95 (a partir de Zr-94)	65 días

Sistema de tratamiento de residuos radiactivos

El tratamiento de los residuos radiactivos tiene como objetivo reducir el volumen de los mismos y acondicionarlos en una forma apta para su almacenamiento o emisión controlada al exterior.

Tratamiento de residuos gaseosos

Es preciso distinguir por una parte los productos radiactivos que se presentan en forma gaseosa (Yodo y gases nobles, principalmente) y por otra el aire procedente de orígenes diversos que contiene cierta cantidad de polvos radiactivos en suspensión en forma de aerosoles.

La extracción de estos aerosoles se obtiene mediante filtración.

La retención de los radionucleidos en forma gaseosa se efectúa por adsorción, extracción o difusión. El yodo, por ejemplo, se adsorbe sobre carbón activo u otra materia porosa impregnada de sales de plata, mientras que el Kriptón (gas noble) puede extraerse a baja temperatura por el Freón-12 (este procedimiento no se utiliza industrialmente). El Xenón se hace pasar por carbón activo refrigerado con nitrógeno líquido para su retención.

Tratamiento de líquidos

Se utilizan tres métodos fundamentalmente, la coprecipitación, el intercambiador de iones y la evaporación, con lo que finalmente se obtiene un residuo sólido.

– La coprecipitación se aplica para líquidos con grandes cantidades de sales en suspensión. El precipitado formado se trata como residuo sólido.

– La evaporación permite obtener factores de descontaminación mayores que los de la coprecipitación pero a un coste mayor.

– El intercambio de iones es una técnica basada en la propiedad que tienen ciertas resinas artificiales de fijar unos iones y eluir otros en la solución. A su vez los intercambiadores de iones se "regeneran" mediante ácidos o bases. Con esta técnica se consiguen altas tasas de descontaminación.

Estos tratamientos conducen a un residuo (lodos de filtración, concentrados de evaporación, etc.) en el que está concentrada la radiactividad del efluente. Este residuo debe transformarse en sustancias sólidas que ofrezcan la máxima resistencia a la acción de los agentes naturales tales como las aguas subterráneas, agua del mar, etc.

Estos lodos o concentrados se mezclan con agregados y cemento para ser embidonados.

Tratamiento de residuos sólidos

En los reactores nucleares, además de los combustibles irradiados, los residuos sólidos están constituidos por las resinas y los filtros utilizados en el tratamiento del agua del circuito primario, por las piezas no reutilizables o no descontaminables que provienen de los mantenimientos o reparaciones, y por los residuos del tratamiento de los efluentes líquidos.

Los residuos necesitan una selección previa siguiendo varios criterios: baja y media actividad, residuos sólidos comprensibles o no, combustibles o incombustibles, etc.

Los métodos más utilizados son la compresión y la incineración. Este último posee problemas de depuración de los gases y de corrosión. Los residuos comprimidos y las cenizas de incineración son posteriormente embidonados.

Sistema de vigilancia de la radiactividad

Tipos de sistemas

El sistema de vigilancia de la radiactividad tiene como objetivo fundamental

comprobar que los niveles de radiactividad coinciden con los previstos en el proyecto, que en todo caso han de encontrarse dentro de los niveles tolerados. La superación de tales valores será una clara indicación de una circunstancia accidental, que puede ser corregida, automática o manualmente, previa la correspondiente alarma.

El sistema de vigilancia de una central nuclear puede ser dividido en tres subsistemas:

- *Subsistema de vigilancia de procesos.*
- *Subsistema de vigilancia de áreas.*
- *Subsistema de vigilancia ambiental.*

El primero tiene como objetivo el control del funcionamiento de la central, el segundo la protección del personal laboral de la misma y el tercero la protección del público. Todos dan una señal automática que permite tomar las medidas oportunas al equipo de la Instalación.

Tales medidas van desde la interrupción del funcionamiento de parte o toda la planta, a, en el caso más grave, la evacuación parcial o total de la misma.

SEGURIDAD DE UNA CENTRAL NUCLEAR

La seguridad de una instalación es su aptitud para no producir daños al medio ambiente, al personal de la explotación o a la población.

En términos probabilísticos, se define seguridad como la probabilidad de que no se produzca ningún accidente, que ponga la salud de los trabajadores o de la población en peligro, durante el tiempo de funcionamiento de la instalación.

La seguridad del reactor y de la central reposa en primer lugar sobre las propiedades físicas del combustible, rodeado o no de un moderador y un refrigerante. A lo largo del funcionamiento de la central, el combustible se empobrece en materia físil (p. ej. U-235) y se enriquece en nuevos núcleos pesados (p. ej. Pu) y en productos de fisión, la mayoría sólidos y algunos gaseosos. Estos productos de fisión son muy peligrosos y en ningún caso deben escapar al ambiente.

El combustible utilizado deberá mantener su integridad, que constituye una barrera para los productos de fisión, en un cierto intervalo de condiciones físicas, especialmente de temperatura.

Además del combustible, y para impedir y controlar la migración de los productos radiactivos, el sistema, basándose en el llamado principio de "defensa a ultranza", dispone de "múltiples barreras" que son:

– *La primera barrera.* Es la vaina que rodea al combustible. Es un estuche metálico estanco. Retiene los productos de fisión y los núcleos pesados producidos en el combustible durante el funcionamiento del reactor. La vaina evita un contacto directo entre el refrigerante y el combustible. Esta barrera

funciona a temperaturas elevadas y está sometida a fuertes presiones debidas a la presencia de los productos de fisión gaseosos.

– *La segunda barrera.* Es la barrera de presión constituida por el contorno del circuito primario que contiene el refrigerante. Según su naturaleza, este refrigerante puede activarse o no, al pasar por el núcleo. Por otra parte, puede contener productos de fisión y fragmentos de combustible en caso de fuga o ruptura de la vaina. Por esta razón, es necesario que este circuito sea cerrado para impedir todo contacto físico entre el refrigerante y el exterior.

– *La tercera barrera.* Es el recinto de contención. Está generalmente constituida por un recinto estanco de hormigón. Puede asegurar una protección contra la radiación del núcleo y contener toda fuga del primario.

Hay que señalar que para los reactores de grafito-gas, el cajón hermético constituye la segunda y la tercera barrera; para los reactores BWR, la tercera barrera no encierra el circuito primario en su conjunto ya que éste atraviesa el recinto de contención para ir a la turbina.

El análisis de seguridad impuesto por los organismos de control consiste en primer lugar en asegurar la validez de cada una de las barreras y su funcionamiento correcto en condiciones normales de operación y en caso de accidente. Para ello, es necesario protegerlas y vigilarlas constantemente. A tal fin, se establecen dos nuevos niveles de seguridad, uno técnico y otro administrativo.

El nivel técnico está constituido por elementos de protección y control que vigilan constantemente la evolución de los distintos parámetros de la instalación, y los corrigen automáticamente, sin permitir que se alcancen los valores que podrían poner en peligro la integridad de las barreras de contención.

El nivel administrativo está constituido por un cuerpo de requisitos técnicos, normas, códigos y reglamentos que imponen las distintas escalas jerárquicas a fin de garantizar, hasta límites razonables, que todos los aspectos técnicos y de explotación de la central se han considerado y se están poniendo en práctica de forma adecuada.

Estos tres niveles de seguridad revelan la redundancia y precauciones que se toman y que constituye la expresión más genérica de la aplicación del concepto de seguridad a ultranza, es decir, seguridad por encima de todo.

La seguridad nuclear en los reactores PWR y BWR

El sistema de defensa de este tipo de reactores se caracteriza por la existencia de tres barreras ya citadas:

– La vaina.

– El circuito primario.

– El recinto de contención.

Accidentes

Los accidentes que se pueden producir son de diferentes órdenes de gravedad. La primera categoría es la de los accidentes de funcionamiento que

pueden interrumpir (incluso durante largo tiempo) la marcha del reactor, sin causar daños ni a los trabajadores, ni a la población.

La segunda categoría se refiere a los accidentes que pueden inducir la ruptura de una o varias barreras y, como consecuencia, la liberación de materiales radiactivos.

Uno de los objetivos principales de los estudios de seguridad es, en este caso, asegurar la integridad de las barreras antes citadas.

En caso de accidente, la integridad de la mayoría o totalidad de las vainas y del circuito primario dependen fundamentalmente de que aseguremos la refrigeración del combustible. Los accidentes considerados como capaces de degradar esta refrigeración son los llamados accidentes de pérdida de refrigerante y accidentes de pérdida de presión.

– Accidentes de pérdida de refrigerante

La pérdida del refrigerante puede tener varios orígenes:

* Taponamiento de uno o varios subcanales.

* Disminución o cese del caudal de refrigerante.

* Pérdida de refrigerante por ruptura del circuito primario.

El taponamiento puede ser provocado por depósitos (de corrosión por ejemplo), por deformaciones de los elementos combustibles o por cuerpos extraños.

La disminución o cese del caudal de refrigeración puede provenir de la parada de una o varias bombas del circuito primario. La consecuencia sería un aumento rápido de la temperatura de la vaina.

La pérdida del agua de refrigeración por ruptura del circuito primario es un accidente mucho más grave que necesita dispositivos de refrigeración de seguridad para limitar el deterioro de la vaina y evitar la fusión del núcleo.

– Accidentes de pérdida de presión

Pueden producirse a causa de:

* La ruptura de la vasija, de una tubería de entrada o de una tubería de salida del primario.

* La ruptura de una tubería de uno de los circuitos conectados al primario.

* Fallo de uno o varios elementos del conjunto del sistema de refrigeración.

La ruptura de la vasija puede ser consecuencia de causas externas tales como un sabotaje, un seísmo, impactos externos o una acumulación de errores humanos graves. Entre las causas relacionadas con la concepción, construcción y explotación de la instalación están un defecto de fabricación, un defecto menor que evoluciona durante el funcionamiento por erosión, corrosión, vibraciones o el empleo de materiales demasiado frágiles frente a la irradiación de neutrones.

– EL LOCA

La ruptura del circuito primario conduce a la pérdida de refrigerante, lo que tiene como consecuencia un aumento de la temperatura de las vainas y del combustible a causa del calor residual debido a la radiactividad del combustible. Un accidente de este tipo, LOCA (Loss of Coolant Accident), necesita dispositivos de refrigeración de seguridad que deben inundar el núcleo suficientemente pronto para limitar el deterioro de las vainas.

La seguridad nuclear en los reactores de uranio natural, grafito-gas

Características intrínsecas de seguridad

El sistema de seguridad implica la existencia de dos barreras de protección entre el combustible radiactivo y el exterior: la vaina del combustible y el límite del circuito primario.

El gran tamaño de los núcleos de estos reactores favorece la seguridad por la inercia térmica de la gran masa de grafito y por la gran dispersión de la materia fisible. Los sistemas más recientes (Vandellós I) son del tipo INTEGRADO, es decir, que el núcleo y los intercambiadores del calor están situados juntos en el "cajón" (de hormigón pretensado). La concepción "integrado" aumenta la seguridad.

La baja presión de trabajo del refrigerante gaseoso es también una característica que favorece la seguridad, sin embargo, la vulnerabilidad del combustible metálico es muy grande y un accidente sin repercusiones en el exterior puede hacer el reactor inutilizable durante varios meses o definitivamente.

El gran tamaño de los núcleos implica inestabilidades espaciales de potencia, lo que se resuelve con el empleo de numerosas barras de control.

Los accidentes

– Accidente de pérdida de presión

Este es el accidente de referencia y puede producirse por varias causas:

* La ruptura de una tubería principal (diámetro de 40 cm). En este caso la pérdida de presión es lenta debido principalmente a la acción de los restrictores de caudal en las canalizaciones de CO_2. Se estima que en el reactor, si han actuado las barras de control de parada, lo que aquí se considera siempre posible dado su gran número, la refrigeración estará asegurada.

* Pérdida de presión de un canal por pérdida del tapón superior. En este caso, si el flujo de gas va de abajo hacia arriba, algunos de los cartuchos pueden salir y prenderse fuego con el correspondiente riesgo de fusión y oxidación del uranio, sobre todo si los cartuchos atraviesan el cajón. Por ello, en estas centrales se ha dispuesto un doble tapón superior.

– Accidente por falta de refrigeración

* La pérdida total de impulsión del gas se considera como altamente improbable, siempre que se tomen todas las precauciones. Pero estudiando las

posibles consecuencias se pueden tomar las medidas correctoras adecuadas para evitar la fusión del combustible que puede producirse al cabo de cinco minutos, si esto llegara a ocurrir.

* Otro elemento importante para producir una pérdida de refrigeración puede ser el fallo del Dispositivo Principal de Manutención (DPM). Esta máquina de carga y descarga opera con el reactor en marcha o en parada. Su control es completamente automático. Pero está previsto su control manual de emergencia en caso de fallo del automatismo. El canal en el que se está realizando la manutención debe ser refrigerado por el CO_2 del propio reactor y el que se impulsa desde la máquina de manutención (DPM).

Las salvaguardias tecnológicas

El nombre de salvaguardias tecnológicas engloba una serie de sistemas que tienen como misión llevar a la central a una situación segura en caso de accidentes, en los que pueden resultar dañados los elementos combustibles del núcleo.

Asimismo, evitan la degradación de las barreras que están diseñadas para contener los productos radiactivos que resultan del proceso de fisión y minimizan o impiden el escape de dichos productos al medio ambiente.

Salvaguardias de la refrigeración de emergencia

Estas salvaguardias se diseñan e instalan para hacer frente a los accidentes con pérdida de refrigerante, de modo que no se produzca la rotura catastrófica de la primera barrera de contención, la vaina del combustible. Su concepción ha de basarse en uno de los accidentes base de proyecto. En el caso particular de la familia de los reactores de agua ligera se hace la hipótesis de que se rompe la tubería del sistema de refrigeración del núcleo en el lugar donde puede causar más daño, como se indica en la figura 19. No se considera por demasiado improbable la rotura catastrófica de la propia vasija del reactor, que traería consecuencias peores, de modo que las salvaguardias de refrigeración actuales no podrían hacer frente a tal suceso. Dada su misión, el conjunto de sistemas que constituyen las salvaguardias de refrigeración recibe el nombre de sistema de refrigeración de emergencia.

Una vez postulada la rotura, instantánea, tipo guillotina, en el lugar definido, el sistema se despresuriza rápidamente, como se indica en la figura 19. Al principio, el núcleo del reactor se enfría a causa del mayor caudal de refrigerante a su través, pero posteriormente, cuando el inventario de refrigerantes es pequeño, empieza un período de calentamiento del combustible que de no atajarse traería como consecuencia la fusión del núcleo. Antes de terminar la descarga del fluido original ha de comenzar la inyección del fluido de emergencia capaz de extraer el calor residual.

– Reactores de agua a presión

En los reactores de agua a presión el sistema de refrigeración de emergencia,

que se indica esquemáticamente en la figura 20, se subdivide en los tres subsistemas siguientes:

Subsistema de inyección por acumuladores.

Subsistema de inyección a alta presión.

Subsistema de inyección a baja presión.

El subsistema de inyección por acumuladores consta de una serie de tanques a presión conectados con los lazos de refrigeración del reactor mediante válvulas que se abren automáticamente en cuanto la presión del refrigerante disminuye por debajo de un cierto valor preestablecido. El hecho de que se trate de un sistema pasivo, garantiza, mejor que en el caso de la inyección mediante bombas, la entrada de agua en el circuito en el momento oportuno, de modo que se prevé que sea el primero en actuar.

El subsistema de inyección a alta presión, que es el siguiente en actuar, consta de varias bombas con elevada presión de descarga, una de las cuales es suficiente para llevar a cabo la misión encomendada. Dichas bombas toman agua de un tanque de elevada capacidad. Dichas bombas inyectan el agua en el sistema primario, arrastrando previamente ácido bórico para evitar que el reactor se haga crítico por entrada de agua fría. De esta forma, el agua que descarga en la tubería rota se pierde a través de la rotura, el que llega a través de los otros lazos de refrigeración penetra en el núcleo y evita o mitiga la elevación de temperatura.

Finalmente, el subsistema de inyección a baja presión consta, por lo general, de bombas centrífugas de baja presión de descarga, una de las cuales es suficiente para realizar la misión encomendada. En caso de actuación, toman agua del sumidero de la contención, donde se ha descargado el refrigerante original que escapó a través de la rotura, y que se hizo condensar posteriormente con las salvaguardias de la contención. También se habrá acumulado allí el agua descargada por los acumuladores y por el sistema de inyección a alta presión. Estas bombas devuelven el agua a cada uno de los lazos de recirculación, haciéndola pasar previamente a través de intercambiadores de calor que la refrigeran. De esta manera queda garantizada la extracción del calor residual.

– Reactores de agua en ebullición

En el caso de los reactores de agua en ebullición los sistemas son análogos.

En la figura 21, se representa de forma esquemática el sistema normalmente utilizado, cuyos subsistemas, por orden cronológico de actuación prevista, son:

* Subsistema de aspersión del núcleo a alta presión.
* Subsistema de descompresión automática del reactor.
* Subsistema de aspersión del núcleo a baja presión.
* Subsistema de inyección de refrigerante a baja presión.

El subsistema de aspersión del núcleo a alta presión consiste en un dispositi-

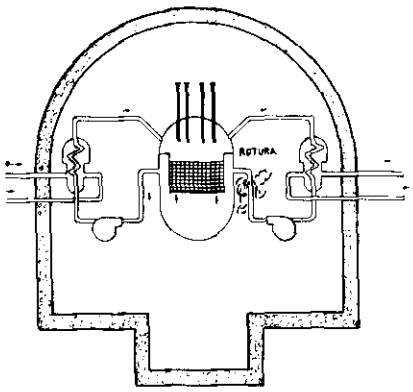
EL ACCIDENTE DE PERDIDA DE REFRIGERANTE

EN UN REACTOR DE AGUA A PRESION

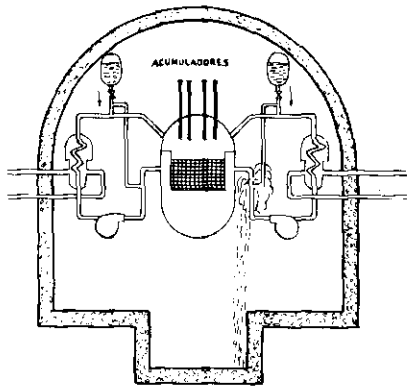
(LOCA)

ACCIDENTE BASE DE DISEÑO

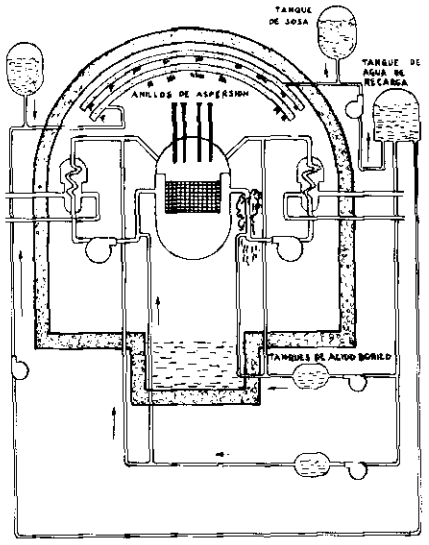
ETAPA 1 Suceso inicial (rotura en guillotina)



ETAPA 2 Descarga de acumuladores (sistema pasivo)



ETAPA 3 Sistemas de inyeccion de emergencia (sistemas activos)



ETAPA 4 Extraccion del calor residual

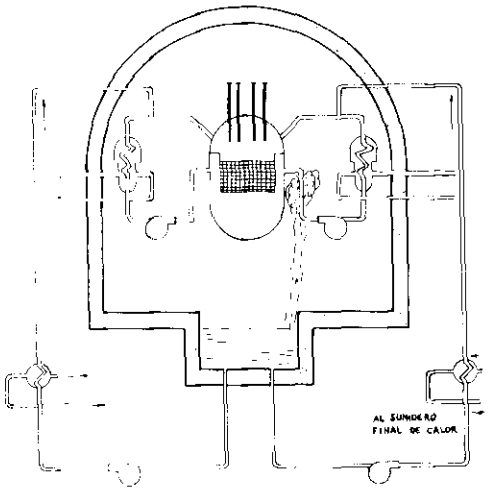


FIG. 19.

vo de duchas servido por una bomba de alta presión que aspira del depósito de almacenamiento de condensado o de la piscina de supresión.

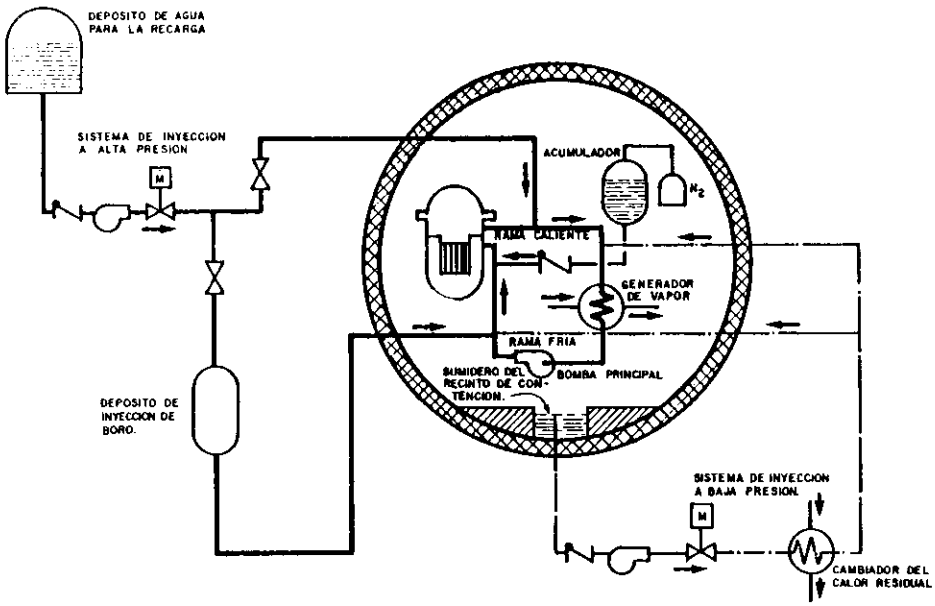
El subsistema de descompresión automática del reactor actúa cuando los sistemas de refrigeración de alta presión no son capaces de mantener el nivel de agua adecuado en el núcleo. Conduce el vapor de la vasija a la piscina de supresión, permitiendo actuar a los sistemas de baja presión.

El subsistema de aspersión del núcleo a baja presión, consta de una tubería con toberas para el rociado del agua de refrigeración; esta tubería está servida por una bomba que aspira de la piscina de supresión.

El subsistema de inyección de refrigerante a baja presión utiliza las bombas centrífugas del sistema de evacuación del calor residual, así como sus cambiadores de calor. Establece, pues, un circuito cerrado que permite la evacuación del calor en los mencionados cambiadores.

Salvaguardias de la contención

Las salvaguardias de la contención tienen como misión fundamental la de proteger la integridad y hermeticidad de la tercera barrera de contención, aun en el caso de que se hayan roto las dos barreras precedentes. Como en los casos anteriores, las soluciones utilizadas dependen del tipo de reactor; si bien dentro de un mismo tipo puede haber diferencias apreciables de acuerdo con los criterios del proyectista.



SISTEMA INTEGRADO DE REFRIGERACION DE EMERGENCIA DEL NUCLEO DE UN REACTOR DE AGUA A PRESION.

FIGURA 20.

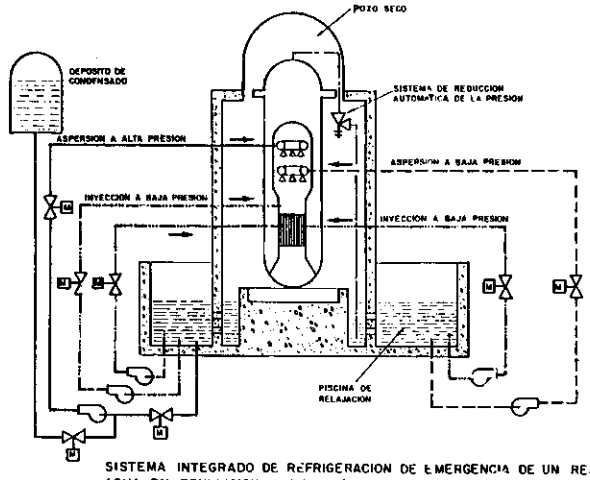


FIGURA 21.

SISTEMA INTEGRADO DE REFRIGERACION DE EMERGENCIA DE UN REACTOR DE AGUA EN EBULLICION MODELO BWR/6

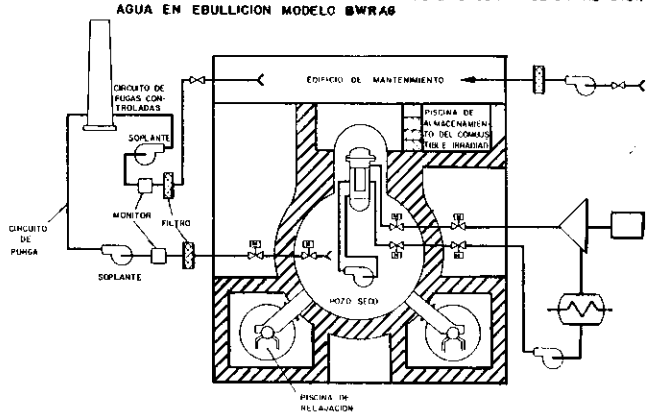


FIGURA 22.

REACTOR DE AGUA EN EBULLICION EN SISTEMA DE RELAJACION DE LA PRESION

SISTEMA DE DEPURACION POR VENTILACION

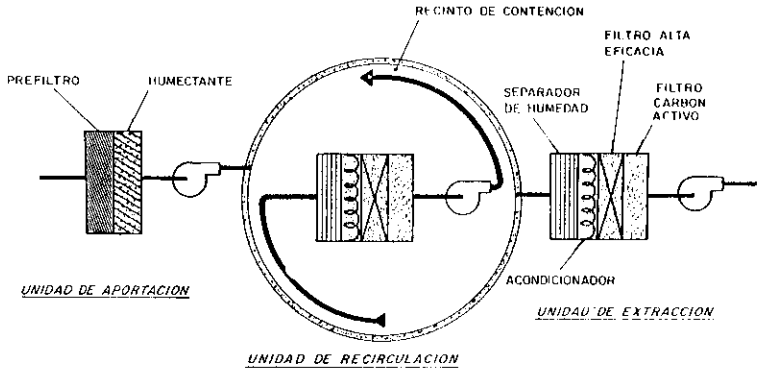


FIGURA 23.

En los reactores de la familia de agua ligera el accidente base de diseño para este tipo de salvaguardias es también el accidente con pérdida de refrigerante por rotura súbita del lazo de recirculación. Cuando esto tiene lugar pasan al recinto de contención la masa de refrigerante, que se habrá vaporizado, así como la energía en él contenida, salvo la necesaria para la evaporación, aumentando así la presión y la temperatura.

Aparte de lo anterior, pasarán también a dicha atmósfera el hidrógeno generado en las posibles reacciones metal-agua o en la radiolisis del agua, así como otros gases no condensables que se pudieran desprender.

Se trata, por tanto, de reducir la presión y la temperatura del recinto, así como la de controlar el contenido en hidrógeno, previniendo explosiones o deflagraciones que provocarían ondas de presión y más acumulación de energía.

Para reducir drásticamente la presión, en el caso de los reactores de la familia de agua ligera, se comprende que resultará muy eficaz condensar el vapor. A tal fin, se establece una aspersión de agua fría, que partiendo de la parte superior del recinto de contención barra todo el espacio libre, condensando el vapor y relajando la presión y la temperatura. Un esquema de uno de estos circuitos se representa en la figura 22.

En realidad, la condensación del vapor es un método tan eficaz de relajación de la presión que hay algunos sistemas especialmente diseñados para hacer uso de este efecto de forma pasiva e inmediata. Este es el caso de los sistemas de contención que utiliza General Electric para albergar los reactores de agua en ebullición, también lo utilizan los reactores alemanes y suecos de este tipo.

Consideración aparte merece el control de hidrógeno, que adquirió una relevancia especial en el caso del accidente de la Central de la Isla de las Tres Millas (TMI-2). Para controlar este gas se pueden utilizar dos procedimientos, cuya idoneidad depende del grado de contaminación radiactiva de la atmósfera encerrada en el recinto.

En el caso de que el recinto no se encuentre contaminado, es entonces posible eliminar al exterior los gases del mismo. En este caso, el control del hidrógeno puede hacerse fácilmente disponiendo en la parte superior del recinto de ventiladores que impidan la acumulación del hidrógeno en las partes altas del sistema, tendencia del gas a causa de su menor densidad. El gas se hace después salir al exterior purgando el sistema.

En el caso de que la atmósfera encerrada en el recinto de contención se encuentre contaminada de forma que la purga resultase inaceptable, como de hecho ocurrió en la central TMI-2, se puede controlar el contenido en hidrógeno recirculando los gases a través de un recombinador de hidrógeno y oxígeno, de modo que los gases cargados de hidrógeno que se toman del recinto se devuelven al mismo sin este componente, con lo que el recinto va perdiendo el hidrógeno. Esta operación demostró ser muy eficaz en las condiciones reales creadas por el accidente en la central TMI-2, una vez superadas las primeras dificultades de instalación del recombinador.

Otros sistemas de eliminación del hidrógeno del aire de la contención se han desarrollado en la actualidad.

Salvaguardias de limitación de las consecuencias

En este grupo se incluyen aquellas salvaguardias cuya misión principal consiste en retener los productos radiactivos en el caso de que se hayan puesto en libertad como consecuencia de la rotura de las dos primeras barreras. Existen muchas posibles soluciones a este problema, que dependerán del tipo de reactor a proteger.

En la figura 23, se indica uno de los siete más utilizados para este fin en los reactores de la familia del agua ligera. Consta en esencia de un sistema de recirculación de la atmósfera encerrada por el recinto de contención, de modo que al recircular los gases allí contenidos se retienen los productos radiactivos, con lo que la atmósfera se va purificando. La retención se hace en filtros de alta eficacia y en filtros de carbón activo que tienen la propiedad de retener fácilmente el yodo. Estos sistemas son múltiples, a veces se utilizan hasta cuatro, aunque teóricamente uno solo es capaz de realizar la misión encomendada. El paso de estos gases por un intercambiador de calor permite la refrigeración del aire de la contención.

Los reactores nucleares y la bomba atómica

Con frecuencia se escucha esta pregunta:

¿Puede explotar un reactor nuclear lo mismo que una bomba atómica?

De un modo tajante diremos que NO, pero para demostrarlo vamos a ver cómo ambos sistemas funcionan según criterios distintos. En efecto los tres factores que modifican la criticidad de una cierta cantidad de material fisionable son: LA DENSIDAD, LA CONCENTRACION O PUREZA y LA GEOMETRIA DEL MATERIAL. Por ello, un explosivo nuclear deberá ser de alta densidad de núcleos físiles, con un alto grado de pureza y con condiciones geométricas adecuadas.

En efecto, el enriquecimiento de material fisionable en una bomba es superior al 90 % mientras que en los reactores comerciales es inferior al 4 %.

En cuanto a la densidad, la disposición del material en la bomba, en los diseños más sencillos, es de dos semiesferas que se unen íntimamente por la acción de un explosivo que impulsa a una junto a la otra.

Y, finalmente, la disposición geométrica, en forma cilíndrica alargada, del combustible nuclear hace que sea mucho mayor la fuga de neutrones que en una compacta, y suficientemente grande, esfera de material fisionable como ocurre en la bomba.

En los reactores de neutrones térmicos, ya sean de agua ligera o de grafito-gas, puede haber determinadas condiciones en las que se acelera la reacción en cadena. Esta aceleración produce un aumento de la potencia liberada por el combustible, y por tanto un aumento de su temperatura, el combustible se

deteriora y se funde sin que se produzca una reacción comparable a una explosión nuclear. El combustible fundido puede juntarse de nuevo, pero como está compacto, lejos de su configuración óptima con respecto al moderador y como la cantidad de materia fisible es pequeña frente a la masa total, se está lejos de la situación crítica y la reacción en cadena automantenida no se produce. No hay ninguna reacción nuclear comparable a la explosión de una bomba atómica.

CAPITULO 3

DETECCION Y MEDIDA DE LA RADIACION

MAGNITUDES Y UNIDADES DE LA RADIACION

En la descripción de todo fenómeno físico se define una magnitud asociada al mismo; por ejemplo, la longitud es la magnitud asociada a la distancia. También se define una cantidad determinada de dicha magnitud que se usa como patrón de medida y recibe el nombre de unidad (tabla 1).

Unidades de radiactividad

La radiactividad es la desintegración espontánea de un núcleo de un átomo.

Se define la actividad de un nucleido radiactivo en un estado determinado de energía, en un momento dado, como el cociente entre dN y dt, siendo dN el valor esperado del número de transiciones nucleares espontáneas, a partir de ese estado de energía, en el intervalo de tiempo dt:

$$A = dN/dt$$

La unidad de medida de actividad en el Sistema Internacional es el Bequerelio (Bq), siendo:

$$1\ Bq = \frac{1\ \text{Desintegración}}{1\ \text{Segundo}}$$

La unidad de actividad anteriormente usada era el Curio (Ci), que se relaciona con el Bequerelio mediante la expresión:

$$1\ Bq = 2{,}7 \times 10^{-11}\ Ci$$

$$1\ Ci = 3{,}7 \times 10^{10}\ Bq = 37\ GBq$$

– *Unidades de dosis*

La cantidad de radiación se mide por la energía impartida al interaccionar la radiación con la materia.

* Dosis absorbida. El Gray.

Se define la dosis absorbida como el cociente entre dε̄ y dm, siendo dε̄ la media de la energía impartida por la radiación ionizante a una masa dm de materia:

$$D = \frac{d\bar{\varepsilon}}{dm}$$

La unidad de dosis absorbida en el Sistema Internacional es el Gray (Gy), que equivale a 1 J/kg.

La unidad de dosis absorbida antes utilizada era el rad, que se relaciona con el Gy mediante la expresión:

$$1 \text{ Gray} = 100 \text{ rad}$$

La dosis absorbida es función de la naturaleza del material irradiado.

* Dosis equivalente. Sievert.

La dosis absorbida por un tejido no determina el efecto biológico resultante. Dosis iguales de radiaciones distintas dan lugar a efectos biológicos distintos. Esto es debido a diversos factores, como son: tipo de radiación, energía de la radiación, distribución de la radiación, etc. Dados estos condicionantes se establece una nueva magnitud denominada "dosis equivalente" que es el producto de D, Q y N siendo D la dosis absorbida, Q el factor de calidad y N el producto de todos los demás factores modificativos:

$$H = D\ Q\ N$$

La unidad de dosis equivalente en el Sistema Internacional es el Sievert (Sv) que equivale a 1 J/kg.

Anteriormente la dosis equivalente se expresaba con la unidad llamada rem, siendo:

$$1 \text{ Sv} = 100 \text{ rem}$$

El factor de calidad indica las distintas sensibilidades radiológicas del organismo para dosis absorbidas iguales de distintos tipos de radiaciones, que son expresadas en la siguiente tabla:

Tipo de radiación	Factor de calidad
Gamma o X y beta	1
Beta del tritio	2
Alfa	25
Neutrones	25
Protones e iones pesados	25

Hay que hacer la observación de que, cuando el campo de radiación es heterogéneo, la dosis equivalente es la suma de las dosis equivalentes parciales de cada tipo de radiación.

TABLA 1

MAGNITUD	UNIDAD S. I.	OTRAS UNIDADES
Actividad, A	Bequerelio (Bq)	Curio (Ci) Ci = 3.7 E 10 Bq
Dosis absorbida, D	Gray (Gy)	rad 100 rad = 1 Gy
Dosis equivalente, H	Sievert (Sv)	rem 100 rem = 1 Sv

Junto con estas unidades se utilizan los múltiplos y submúltiplos del Sistema Métrico Internacional, por ejemplo:

1 miliSievert = 1 mSv = 0,001 Sv
1 centiGray = 1 cGy = 0,01 Gy

DETECTORES DE LA RADIACION

Puesto que el ser humano no posee sentidos capaces de detectar las radiaciones ionizantes, la detección y medida de la radiación dependen completamente de los aparatos sensibles a la misma. De modo que en el trabajo y utilización de radiaciones ionizantes es necesaria la existencia de equipos destinados a medir la radiación, que permitan evaluar sus potenciales consecuencias.

Así se tienen los distintos tipos de detectores que permiten mantener una vigilancia sobre los campos de radiación para que, en todo momento, se pueda conocer los niveles de radiación existente en una zona.

Los equipos de detección se basan en la interacción radiación-materia producida en el llamado "volumen sensible" del detector, que consiste en la absorción de la energía de la radiación por el material que atraviesa.

Midiendo dicha interacción, se puede conocer la cantidad de radiación. La electrónica asociada al conjunto detector transforma dicha interacción en magnitudes eléctricas, fácilmente medibles. De modo que un equipo de detección se compone básicamente de tres partes: detector, electrónica asociada y sistema de lectura o escala.

En este capítulo, se estudian los principios de funcionamiento de los diversos tipos de detectores utilizados en Protección Radiológica.

Detectores de ionización gaseosa

La ionización gaseosa es uno de los más simples y antiguos medios de detec-

ción de la radiación. Se basa en la medida de la carga eléctrica de los iones formados en un gas de llenado de una cámara al ser atravesada por la radiación.

El proceso seguido es el siguiente:

– La radiación entra en la cámara e ioniza el gas de llenado, formándose pares de iones.

– La aplicación de un voltaje a las paredes crea un campo eléctrico en la cámara que orienta los pares de iones hacia los respectivos electrodos.

– Variando el voltaje aplicado, se consiguen diferentes respuestas en las distintas regiones de operación, lo que permite los siguientes tipos de detectores basados en la ionización de un gas:

Cámara de Ionización (figura 24).

Contador Proporcional.

Detector Geiger-Müller (figuras 25 y 26).

Detectores de centelleo

Otro tipo de detectores son los que utilizan el fenómeno de la luminiscencia. Materiales luminiscentes son aquellos que son capaces de emitir luz sin elevar su temperatura.

Cuando la radiación ionizante pasa a través de la sustancia luminiscente e interacciona, el material absorbe la energía de la radiación en forma de excitación electrónica.

La sustancia luminiscente inmediatamente se desexcita emitiendo luz visible.

La luz emitida es directamente proporcional a la energía total de excitación de los electrones y, por lo tanto, directamente proporcional a la energía total absorbida en la sustancia luminiscente.

El rayo de luz es ópticamente reflejado y focalizado a un fotomultiplicador (PM) (figura 27).

La luz entra en el fotomultiplicador y se dirige sobre la superficie del fotocátodo.

Esta superficie es muy sensible a la luz y emite fotoelectrones, convirtiendo, el fotocátodo, la energía luminosa en una señal eléctrica.

Todo este fenómeno se produce de una forma tan rápida que la señal eléctrica detectada es un impulso de corriente por cada interacción de la radiación.

Los fotoelectrones son acelerados y multiplicados por una serie de estados de amplificación llamados dinodos.

La señal de salida resultante de un fotomultiplicador es un impulso de corriente muy amplificado que es directamente proporcional a la cantidad de energía absorbida en la sustancia luminiscente.

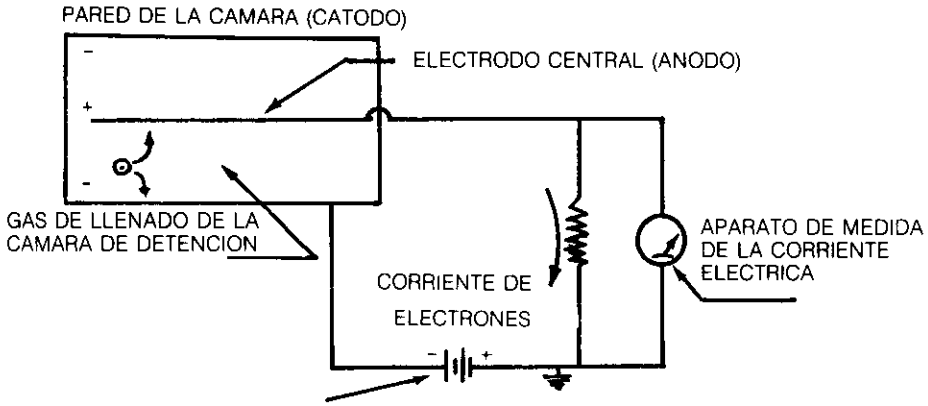


FIGURA 24.

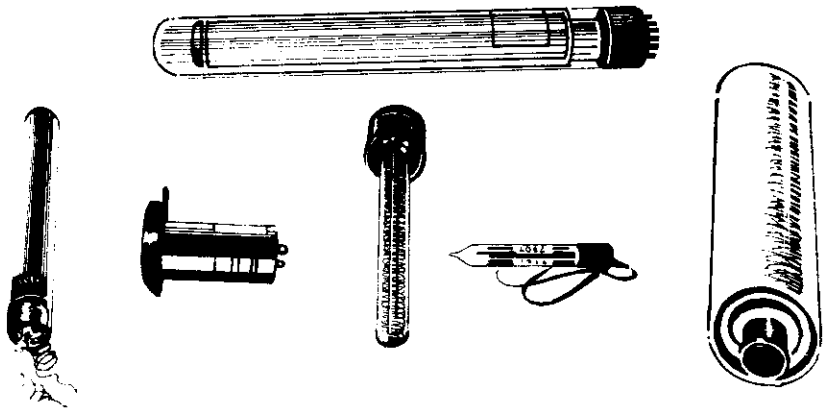


FIGURA 25.

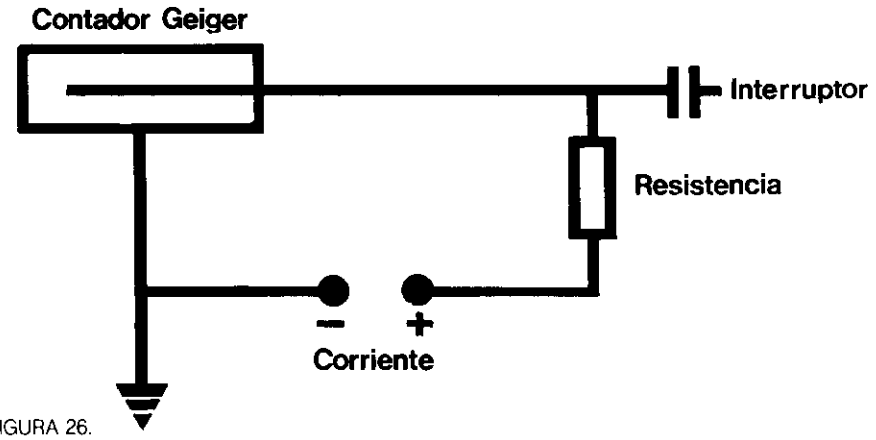


FIGURA 26.

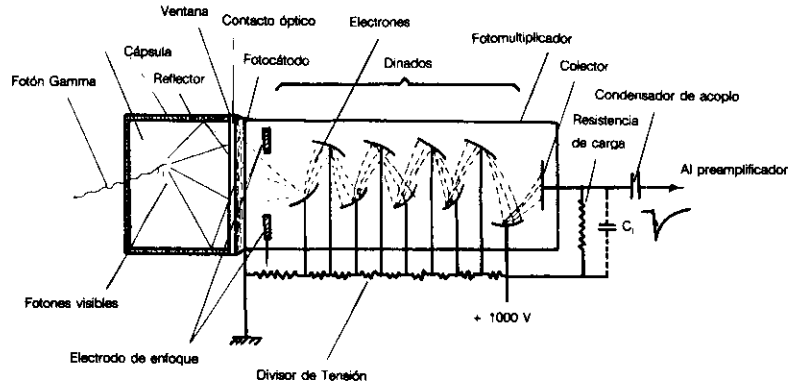


FIGURA 27.

DETECTOR DE CENTELLEO

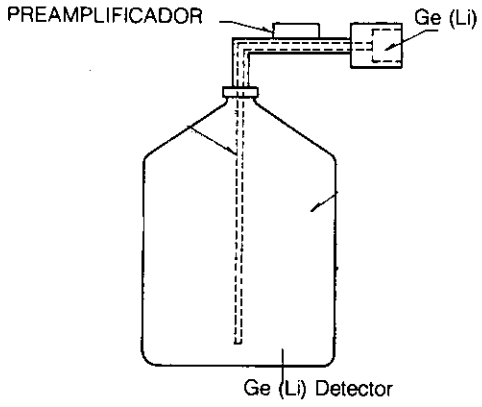
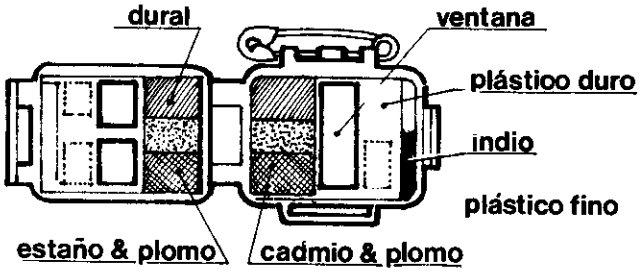


FIGURA 28.



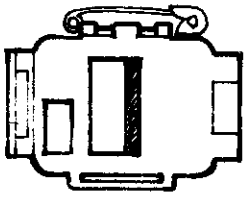


FIGURA 29.

– *Materiales luminiscentes*

Los materiales luminiscentes comúnmente empleados están en estado sólido o líquido. Los más comunes son:

* NaI (Tl). El más usado en la detección de rayos gamma.

* ZnS (Ag) en polvo para detección de partículas alfa.

* Centelleadores plásticos (terfenilo en polietileno). Se utiliza para la detección de radiación beta en presencia de gamma.

* Centelleadores líquidos, que se usan en la detección de muestras líquidas (análisis de aguas). La muestra se mezcla con el centelleador, alcanzando así una eficiencia del 100 % para la radiación beta y alfa.

Detectores de semiconductor

El material de detección es germanio o silicio, es decir, un semiconductor. Cuando una partícula nuclear cargada atraviesa un semiconductor crea abundantes pares electrón-hueco. El hueco consiste en la falta de un electrón en los enlaces interatómicos de la estructura del cristal. Mediante la recogida de estos portadores de carga puede detectarse el paso de la partícula y en determinadas condiciones medir su energía. Estos detectores operan a la temperatura del nitrógeno líquido (figura 28).

La captación de los portadores de carga da origen a la formación de un impulso eléctrico cuya amplitud es proporcional a la energía perdida por la partícula en el volumen del detector.

Los detectores de silicio se utilizan para partículas pesadas muy energéticas (protones, partículas alfa), así como para electrones. Los de germanio se utilizan para radiación gamma.

Dosímetros personales

Hasta ahora se han usado fundamentalmente dos tipos de dosímetros, los de película fotográfica y las cámaras de ionización de bolsillo. Actualmente, hay un interés creciente por los dosímetros termoluminiscentes y por los digitales.

– *Dosímetros de lectura indirecta*

* Dosímetros de película (figuras 29 y 30).

La radiación ionizante interacciona con la emulsión de la película, causando un cambio fotoquímico que produce el ennegrecimiento de la misma.

* Dosímetros de termoluminiscencia (TLD) (figura 31).

Al igual que los materiales luminiscentes, los materiales termoluminiscentes absorben la energía de la radiación en forma de excitación electrónica. Sin embargo, los materiales TLD liberan la energía almacenada en forma de luz solamente cuando son calentados a altas temperaturas. Así, los materiales TLD se pueden usar para ir acumulando la dosis recibida sobre un largo intervalo de tiempo.

Cuando se quiera medir la dosis, el material TLD se monta en un dispositivo óptico, se calienta y se mide la luz emitida por medio de un tubo fotomultiplicador. Como la energía absorbida en el material está directamente relacionada con la dosis absorbida debida a la radiación, la carga total recolectada en el fotocátodo estará relacionada con la dosis total.

Un detector TLD puede volverse a utilizar después de un proceso de borrado.

Estos dosímetros presentan el inconveniente de la pérdida de lectura con el tiempo (fading). Esto es debido a que los cambios de temperatura ambientales son suficientes para liberar algunas de las cargas eléctricas capturadas. Otro inconveniente es la pérdida de información cuando se realiza la lectura.

Los materiales termoluminiscentes que más se usan en la dosimetría son:

– Fluoruro de Litio, LiF es muy usado como dosímetro personal. Se usa en forma de polvo, como una tableta sólida, o impregnado detro de un disco o barra de teflón.

El LiF puro es sensible alrededor de 10 μGy y entre un intervalo desde 50 μGy hasta 1 Gy.

La respuesta en función de la energía para la radiación gamma es casi uniforme para energías superiores a 50 KeV. El LiF es además sensible a radiación beta de energía mayor de 100 KeV. Si se enriquece el LiF en Li-6, puede utilizarse para medir neutrones térmicos.

– CaF2: Mn es más sensible que el LiF. Es capaz de medir dosis menores de 10 μGy. Esta alta sensibilidad le da un uso muy específico en la dosimetría ambiental.

Estos dosímetros TLD serán suministrados a los actuantes conforme está dispuesto en cada Plan.

– *Dosímetros de lectura directa*

* Cámaras de ionización de bolsillo o estilo dosímetros (figura 32).

Los dosímetros de lectura directa, como su propio nombre indica, permiten una lectura inmediata y directa, sin necesidad de ningún equipo adicional, de la dosis que el dosímetro ha registrado hasta ese momento desde que ha sido expuesto.

Los más clásicos de estos dosímetros son los dosímetros tipo pluma, por su parecido con una pluma estilográfica.

* Dosímetros digitales (figura 33).

Los dosímetros digitales usan generalmente un tubo Geiger-Müller (G. M.) como detector de radiación. En los dosímetros digitales, la salida del tubo se conecta a un circuito electrónico que suministra una lectura digital de la dosis o tasa de radiación gamma. Una señal acústica avisa al portador del dosímetro que se ha superado el umbral de alarma. El tarado, que es el valor al que se ajusta esta señal de alarma, puede hacerse por dodis total o por tasa de dosis (en Sv o Sv/h, u otras unidades apropiadas), según los modelos.

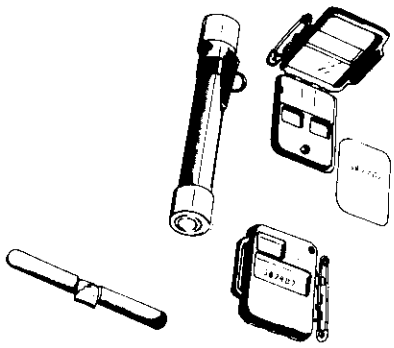


FIGURA 30.

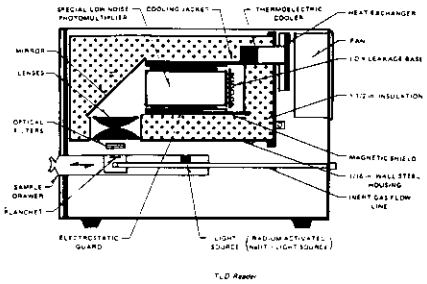


FIGURA 31.

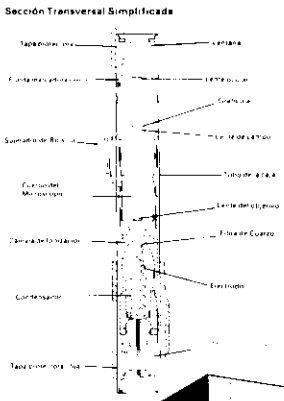


FIGURA 32.

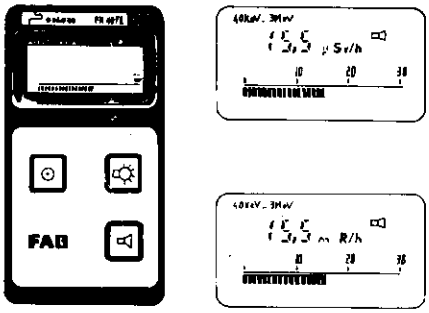


FIGURA 33

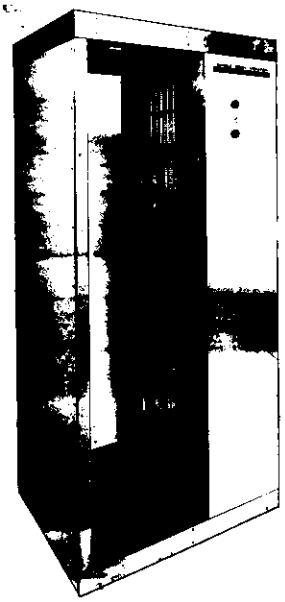
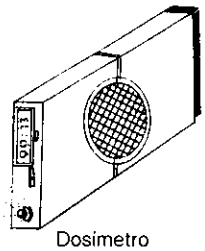


FIGURA 34.



Dosímetro
Digital

– *Otros equipos de vigilancia personal*

Además de los dosímetros personales, que dan la dosis acumulada durante un período de tiempo, otro aspecto importante del chequeo personal es la vigilancia de los individuos que salen de una zona en la que pueden haberse contaminado con material radiactivo. Estos equipos están formados por contadores proporcionales asociados a una escala de medida.

Para llevar a cabo la vigilancia del personal, se pasa la sonda que contiene el detector por todas las partes del cuerpo para detectar la posible presencia de radiactividad. Otros equipos comúnmente utilizados para la vigilancia personal, localizados en las zonas de salida de áreas contaminadas, son los contadores de pies y manos y los pórticos. Estos equipos están formados por un número variable de sondas (figuras 34 y 35).

La vigilancia de la contaminación personal interna se realiza con los contadores de radiactividad corporal (CRC). Estos equipos van provistos de detectores de NaI.

Equipos fijos y portátiles de detección de la radiación

Para la vigilancia de áreas por ejemplo, los equipos comúnmente utilizados son la cámara de ionización, si los niveles de radiación son altos, y los detectores G. M. y de centelleo si los niveles son bajos. Los contadores proporcionales se utilizan para la detección de neutrones para la medida de la contaminación superficial y para la medida de radiación beta-gamma.

– *Equipos fijos*

Los equipos fijos para radiación gamma se instalan en varios puntos en los que puede haber radiación. Suelen ser cámaras de ionización o detectores Geiger.

Los equipos fijos se utilizan también para determinar la contaminación radiactiva ambiental. El aire pasa continuamente a una tasa uniforme a través de un papel de filtro mediante una bomba y se mide la actividad beta y gamma del filtro o con un G. M. o con un detector de centelleo. El filtro puede ser fijo o móvil.

– *Equipos portátiles*

Los equipos portátiles se utilizan para detectar la contaminación de superficies y equipos y vigilar operaciones en las que se manejan materiales radiactivos.

* Detectores beta-gamma (figuras 36 y 37).

Los equipos que más se usan para niveles bajos de radiación beta y gamma (menores de 50 μGy/h) son los detectores G. M. y los contadores proporcionales. Se utilizan en operaciones de descontaminación y para la vigilancia del personal, ropas, equipos de protección, etc., donde una indicación cualitativa de la actividad es todo lo requerido.

Para niveles muy bajos de radiación gamma (hasta 50 μGy/h) se utilizan los

detectores de centelleo diseñados para ser insensibles a partículas beta. Para niveles de radiación beta y gamma por encima de 50 μGy/h, se utilizan las cámaras de ionización tanto para medidas cualitativas como cuantitativas. Estas cámaras van provistas de una ventana delgada que permite la entrada de radiación gamma y beta y otra gruesa que elimina casi todas las partículas beta.

* Detectores de partículas alfa (figura 38).

Los equipos más utilizados para detectar partículas alfa son las cámaras de ionización con una ventana muy delgada, para que puedan atrevesarla las partículas alfa, los detectores de centelleo de sulfuro de zinc y los contadores proporcionales.

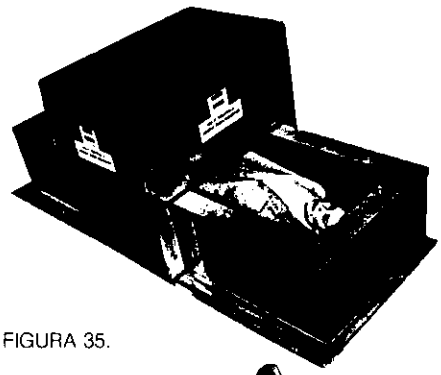


FIGURA 35.

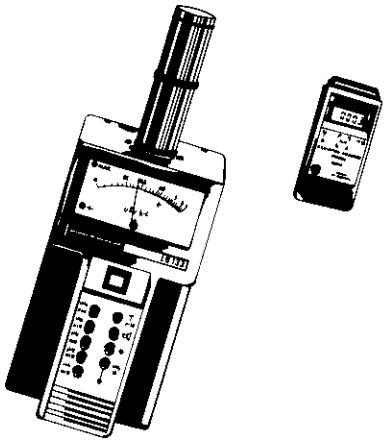


FIGURA 36.

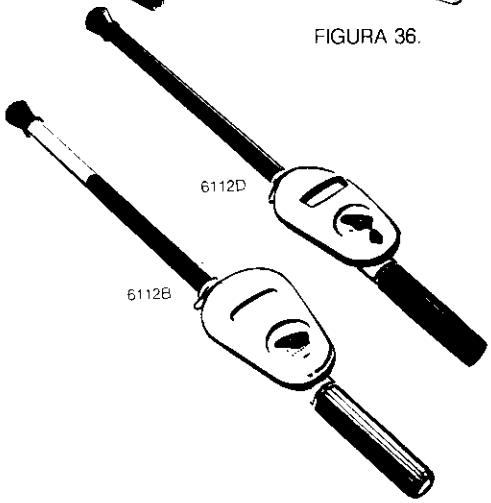


FIGURA 37.

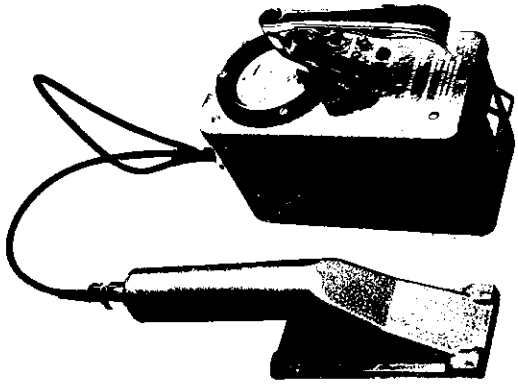


FIGURA 38.

CAPITULO 4

LA RADIACION Y EL HOMBRE

FUENTES DE IRRADIACION AL HOMBRE. FUENTES NATURALES Y ARTIFICIALES

En nuestros días, se observa una atención creciente de la opinión pública hacia los temas relacionados con el medio ambiente y la calidad de vida. Uno de los fenómenos que inciden sobre la sensibilidad del público es el del uso por el hombre de las radiaciones ionizantes. Existe, en ciertos medios, la opinión de que un individuo corre un riesgo desproporcionado al utilizar tales radiaciones ionizantes. Tal opinión parece basarse en la creencia de que el efecto de la radiactividad sobre una persona procede únicamente del uso humano de la radiación. Esta hipótesis es falsa. En efecto, como veremos más adelante, la radiactividad natural de orígenes diversos constituye la mayor fuente de radiación para el conjunto de la humanidad. E indudablemente, las múltiples aplicaciones con fines médicos, industriales, de investigación o militares han introducido nuevas fuentes de radiación, que denominaremos "fuentes artificiales", y que contribuyen a aumentar de un modo mucho menos constante y homogéneo que la radiactividad natural, el valor de la dosis actual para el conjunto de la población y, especialmente, para determinados grupos de ella.

Vamos a referirnos a continuación, de forma muy breve, a cada uno de los componentes de la radiactividad natural y artificial, con el fin de que pueda adquirirse un conocimiento de los mismos y una idea del orden de magnitud de la dosis que, de cada uno de ellos, se deriva para los seres humanos. Ello permitirá hacer una estimación adecuada de la incidencia biológica de las fuentes energéticas nucleares y del resto de las aplicaciones pacíficas de la energía nuclear.

Radiactividad natural

Los seres vivos están sometidos a la irradiación derivada de las fuentes que constituyen la radiactividad natural del medio ambiente y que proceden, por una parte, de la existente entre los materiales que constituyen la corteza terrestre y, por otra, de la correspondiente a fuentes extraterrestres originadas en nuestra galaxia y especialmente en el Sol, y constituyen la radiación cósmica. Ambas fuentes de radiación tienen un componente externo, que afecta al hombre desde el exterior del organismo y origina la irradiación externa, y un componente interno, que es consecuencia de la incorporación por el organismo de los radionucleidos naturales y los cosmogénicos, a través de la ingestión e inhalación, y que da lugar a la irradiación interna. Consecuencia de este componente interno es el hecho de que en todos los seres vivos se encuentren trazas de radiactividad natural (figura 39).

– *Radiactividad terrestre*

a) Radionucleidos primordiales

La irradiación del hombre por la radiactividad terrestre es debida a los radionucleidos que existen en el suelo y a aquellos que se han transferido desde el suelo a la atmósfera, a la hidrosfera y a los alimentos, es decir, que se encuentran en el medio ambiente.

De los 340 nucleidos que se han encontrado en la naturaleza, aproximadamente 70 son radiactivos y corresponden principalmente a elementos pesados. La mayoría de estos isótopos de elementos pesados pertenecen a las tres series radiactivas que están encabezadas por el Uranio-238, el Uranio-235 y el Torio-232 y que constituyen respectivamente las series del Uranio, del Actinio y del Torio. Varios de los radionucleidos de estas series y de los no pertenecientes a las mismas tienen períodos de semidesintegración del mismo orden de magnitud que el estimado para la edad de la Tierra, $4{,}5 \cdot 10^9$ años, y se desintegran hasta nucleidos estables, bien a través de una serie de radionucleidos, bien directamente. Los isótopos estables finales de las tres series citadas corresponden al elemento Plomo.

El Uranio, que se encuentra normalmente en la naturaleza, está constituido por los tres isótopos, Uranio-238, Uranio-235 y Uranio-234, en las proporciones de 99,28 %, 0,71 % y 0,0058 % respectivamente. Ahora bien, debido a su pequeñísima actividad específica, es decir actividad por gramo, tanto éstos como el Torio-232 apenas tienen influencia directa en la dosis total recibida por los seres vivos. Son sus descendientes, el Radio-226 y el Radio-224, los radionucleidos gaseosos Radón-222 y Radón-220 y todos sus sucesivos radionucleidos correspondientes a sus series radiactivas, que vuelven a ser sólidos y que, debido al carácter gaseoso de sus progenitores contribuyen considerablemente al grado de actividad de la atmósfera, especialmente en las capas inferiores de la misma.

De los radionucleidos primordiales que no pertenecen a ninguna serie radiactiva y que, por su desintegración, se transforman en núcleos estables, sola-

mente el Potasio-40 y el Rubidio-87 constituyen fuentes significativas de radiación; el K-40, por ser emisor beta-gamma, tiene interés por su contribución a la irradiación interna y se encuentra en la proporción de 0,63 Bq (17 pCi) por gramo de Potasio natural y el Rubidio-87 en la proporción de 0,074 Bq (2 pCi) por gramo de Rubidio natural, pero dada la abundancia de Potasio en relación con el Rubidio, es aquél el que contribuye entre los de este grupo con mayor intensidad al fondo de la radiactividad natural.

Con respecto a la irradiación externa, los radionucleidos de mayor importancia son el Potasio-40 y los diversos emisores gamma de las series del Uranio-238 y del Torio-232 y, como consecuencia del contenido típico de los suelos, se deduce que el Potasio-40 y la serie del Torio-232 dan lugar, cada uno, a una media de 150 a 300 μSv (15 a 35 mrem) por año, y la serie del Uranio a 100-200 μSv (10-12 mrem) por año. Esta dosis es debida al conjunto de los radionucleidos que se encuentran en el suelo y a los descendientes del Radón que se encuentran en la atmósfera. Las variaciones en los valores de las mismas dependen, además, de otros factores, tales como el contenido en humedad del suelo, la presencia de nieve y las condiciones meteorológicas.

Es interesante hacer constar que, a veces, y en función de los materiales de construcción empleados en las viviendas, el nivel de dosis existente en su interior puede ser superior al del exterior, ya que el blindaje que proporcionan con respecto a la radiación del exterior puede estar compensada o superada por la derivada de los radionucleidos contenidos en los materiales de construcción, por ejemplo, el empleo de granito o de yesos no naturales, resultantes, como subproductos, de la industria de los fosfatos, que contienen Radio en cantidad significativa.

El contenido en el interior del organismo de estos radionucleidos primordiales contribuye también, de forma importante, a la dosis total recibida por los seres vivos. Su incorporación a los seres humanos se produce a través de los alimentos, agua y aire principalmente, si bien no hay que olvidar que, ciertas costumbres también contribuyen a ello, por ejemplo, el fumar constituye una fuente importante de incorporación del Plomo-210 y del Polonio-210, ambos radiactivos.

De todos estos radionucleidos, el Potasio-40 es el que en mayor grado contribuye a la dosis interna, siguiéndole en orden decreciente de magnitud el Radio-226, Radio-228, Plomo-210, Polonio-210 y Uranio.
En la tabla siguiente se exponen los valores de las dosis equivalentes que los tejidos más significativos reciben internamente a causa de dichos radionucleidos.

Radionucleidos	Gónadas μSv/año (mrem/año)	Médula ósea μSv/año (mrem/año)	Osteocitos μSv/año (mrem/año)
Potasio-40	190 (19)	150 (15)	60 (6)
Rubidio-87	3 (0,3)	6 (0,6)	4 (0,4)

Radionucleidos	Gónadas µSv/año (mrem/año)	Médula ósea µSv/año (mrem/año)	Osteocitos µSv/año (mrem/año)
Uranio natural	8 (0,8)	9 (0,9)	124 (12,4)
Radio-226	2 (0,2)	12 (1,2)	164 (16,4)
Radio-228	3 (0,3)	10 (1,0)	190 (19,0)
Radón-222	4 (0,4)	4 (0,4)	2 (0,2)
Polonio-210	60 (6)	48 (4,8)	600 (60)

b) Radionucleidos cosmogénicos

Como consecuencia de la interacción de la radiación cósmica con los núcleos de los átomos de los elementos que se encuentran en la atmósfera se produce una serie de radionucleidos inducidos, a los que podemos denominar cosmogénicos y que se encuentran tanto en la superficie de la Tierra como en la atmósfera. También se originan en menor proporción por interacción de los neutrones, protones y piones secundarios con los materiales situados en los dos primeros metros de la superficie terrestre.

Estos radionucleidos son los que a continuación se especifican, incluyendo entre paréntesis su período de semidesintegración y emisión radiactiva.

- Tritio (12,3 años, beta)
- Berilio-7 (53 días, gamma)
- Carbono-14 (5.730 años, beta)
- Sodio-22 (2,62 años, beta y gamma)
- Fósforo-32 (14,5 días, beta)
- Fósforo-33 (24,4 días, beta)
- Azufre-35 (87,9 días, beta)
- Cloro-36 ($3{,}08 \times 10^5$ años, beta)
- Kriptón-81 ($2{,}1 \times 10^4$ años, rayos X)
- Argón-39 (269 años, beta)

Entre estos radionucleidos se encuentran, en consecuencia, emisores beta, gamma y de rayos X y de ellos, los más importantes, desde el punto de vista de su incidencia en las dosis que reciben los seres vivos, son el Tritio (H3), el Carbono-14, el Sodio-22 y el Berilio-7. Los tres primeros son isótopos de elementos que forman parte de las moléculas constitutivas de los seres vivos.

El Carbono-14 se produce a partir del Nitrógeno-14, por captura de neutrones en la parte superior de la atmósfera. Su ritmo de producción se mantuvo prácticamente constante durante, por lo menos, 15.000 años antes de 1954, fecha a partir de la cual, y como consecuencia de las pruebas con bombas nucleares primero y posteriormente de la operación de los reactores nuclea-

res, se han producido nuevas cantidades que han modificado los valores naturales.

El Tritio, que se forma por interacción con los gases de la capa superior atmosférica, se encuentra principalmente en forma de vapor de agua y se deposita en la superficie terrestre con la lluvia y la nieve. Su concentración también se ha modificado a partir de 1954.

El contenido de Carbono en el organismo de las personas es de 12,6 kg para un peso de 70 kg; en consecuencia, el contenido total de Carbono-14 es del orden de 3.700 Bq. Debido a la pequeña energía de las partículas beta emitidas por dicho radionucleido, la dosis que se ha estimado recibe el organismo a partir de él es del orden de 8 μSv (0,8 mrem) al año por el esqueleto y 7 μSv (0,7 mrem) por las gónadas.

El Tritio se encuentra en las aguas de los ríos en una concentración de 5×10^{-18} con respecto al Hidrógeno, o sea 0.55 Bq/litro, aproximadamente; en consecuencia, y suponiendo que se encuentra en la misma proporción en los tejidos orgánicos, se ha calculado que dará lugar a una dosis de 18×10^{-13} μSv ($1{,}8 \times 10^{-13}$ mrem) al año a todos los tejidos blandos.

Para el Sodio-22 se ha calculado una dosis de 200 nSv al año y para el Berilio-7 de 80 nSv al año.

O sea, que el promedio de tasa de dosis a la totalidad del organismo humano, a partir de estos radionucleidos cosmogénicos, es inferior a 10 μSv (1 mrem) por año.

– *Radiación cósmica*

El término "radiación cósmica" incluye las partículas primarias energéticas de origen extraterrestre, que interaccionan con la atmósfera de la Tierra, y las partículas secundarias que se generan por dicha interacción con los componentes de la atmósfera.

La radiación primaria está constituida por dos componentes, las "partículas de la galaxia", que proceden del exterior del sistema solar, y las "partículas solares" que son emitidas por el sol.

La radiación de la galaxia está constituida en un 87 % de protones, un 11 % de partículas alfa, un 1 %, aproximadamente, de núcleos pesados y un 1 %, aproximadamente, de electrones.

El sol genera un flujo continuo de partículas cargadas de muy baja energía, el viento solar, que no alcanzan la atmósfera, sin embargo, como consecuencia de las perturbaciones magnéticas, que se producen ocasionalmente en el sol, se generan gran cantidad de partículas. La composición del flujo de partículas es variable, con valores de 10 a 90 para la relación entre protones y partículas alfa. También es variable el flujo anual de partículas a lo largo de los ciclos solares, con valores comprendidos entre 10^5 y 10^{10} partículas por cm^2 y año.

La radiación secundaria está constituida principalmente por neutrones, protones y piones y comprende la mayor parte de la radiación que existe entre el

nivel del mar y los 3.000 metros. La desintegración de los piones da lugar, a su vez, a la producción de electrones, fotones y muones.

El conjunto de todos estos componentes especificados contribuye de un 30 a un 50 % a la dosis total recibida externamente por los individuos como consecuencia del conjunto de la radiactividad ambiental.

En la tabla siguiente se exponen los valores correspondientes a la variación de la dosis debida a la radiación cósmica en función de la altura (figura 40).

Altura, m	mGy/año	mrad/año
1.500	0,4-0,6	40-60
3.000	0,8-1,2	80-120
5.000	1,6-2,4	160-240
6.500	3-4,5	300-450
10.000	14	1.400
12.000	28	2.800
15.000	42	4.200
20.000	52	5.200

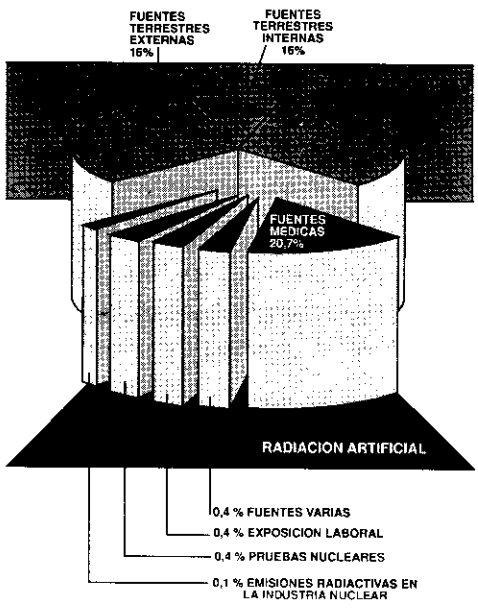
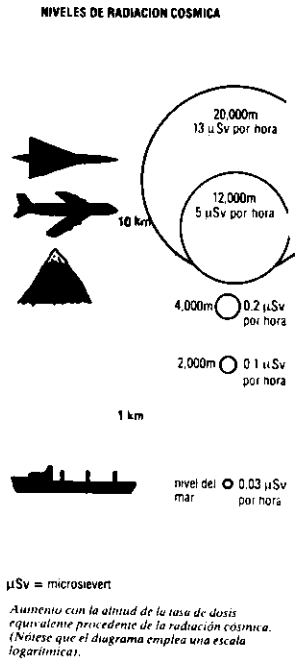


FIGURA 39.



Aumento con la altitud de la tasa de dosis equivalente procedente de la radiación cósmica. (Nótese que el diagrama emplea una escala logarítmica).

FIGURA 40.

Radiactividad artificial

Como consecuencia de la utilización por el hombre de las radiaciones ionizantes para infinidad de aplicaciones médicas, industriales, bélicas y de investigación, se ha añadido un nuevo componente a la radiactividad natural que contribuye, de modo importante, al incremento de la dosis de radiación que actualmente reciben los seres humanos. Si bien este componente, como veremos posteriormente, sigue manteniéndose en valores inferiores al derivado de la radiactividad natural, en las naciones fuertemente industrializadas se está aproximando bastante a aquél. Por ejemplo, en los Estados Unidos, el valor medio individual, en 1971, se estimó que era del orden de los 1,18 mSv/año (118 mrem/año), mientras que la dosis media individual recibida de fuentes naturales es de 1,3 mSv/año (130 mrem/año).

La dosis debida a la que podemos denominar radiactividad artificial, tiene su fuente principal en las irradiaciones con fines médicos, y de menor importancia son las debidas a la utilización industrial de las radiaciones, al empleo con fines domésticos de aparatos que utilizan radionucleidos o generan radiaciones y finalmente a la contaminación producida por las pruebas de armas nucleares.

Las aplicaciones con fines de diagnóstico y terapia médicas son las que, como veremos a continuación, contribuyen en mayor grado a la dosis recibida por la población.

- *Aplicaciones médicas*

Los rayos X y los radionucleidos, que cada vez se utilizan más en medicina y biología, han contribuido enormemente al progreso alcanzado en el diagnóstico y la terapia, pero presentan como contrapartida el incrementar considerablemente la dosis de radiación media de los individuos y de la población en su conjunto. La causa principal es la radiografía con fines de diagnóstico que, en 1971 y en Estados Unidos, se ha calculado es la responsable del 90 %, aproximadamente, de la dosis total recibida a causa de fuentes artificiales. Para dar una idea al respecto indicaremos que, según una evaluación efectuada por el Servicio de Salud Pública de U.S.A., en 1964, las dosis en la superficie de la piel variaban entre 1,17 mGy (117 mrad) por radiografía para las extremidades y 7,9 mGy (790 mrad) para el abdomen.

La radiografía dental supone una dosis media en el cristalino de 0,2 a 10 mGy (1.139 mrad). Ahora bien, las dosis recibidas varían considerablemente en función de las técnicas y equipos empleados, siendo la radioscopia la causante de las mayores dosis.

Las estimaciones realizadas en Estados Unidos y Francia sobre las dosis recibidas en la totalidad del organismo para el conjunto de la población como consecuencia de las aplicaciones médicas de las radiaciones, son las siguientes:

Origen	Dosis, μSv (nrem/año) Estados Unidos	Francia
Radiodiagnóstico	1030 (103)	600 (60)
Radioterapia	60 (6)	30 (3)
Radiofármacos	20 (2)	12 (1,2)

Como se verá, por comparación con las dosis recibidas a partir de otras fuentes artificiales de radiactividad, las aplicaciones médicas constituyen la mayor contribución a la dosis de radiación resultante de dichas fuentes artificiales.

– *Producción de energía electronuclear*

Como consecuencia del desarrollo de la industria electronuclear se producirá una gran cantidad de residuos que constituirán una fuente de radiación para la población. La mayor parte de estos residuos pueden ser confinados de forma que no impliquen un riesgo importante de irradiación. Sin embargo, hay una determinada cantidad de ellos que en estado líquido o gaseoso, pueden ser evacuados al medio ambiente a partir de ciertas fases de esta industria nuclear y que darán lugar a una determinada dosis de radiación al público.

Teniendo en cuenta los procedimientos que en la actualidad existen para el tratamiento de los residuos radiactivos gaseosos en las diversas instalaciones, los contaminantes con incidencia universal, que contribuyen en mayor grado a las dosis de radiación que la población mundial puede recibir a causa del funcionamiento de esta industria, son: Tritio, Carbono-14, Kriptón-85 y Yodo-129.

Desde el punto de vista de su incidencia sobre la población que habita en las proximidades de las centrales nucleares, y en función del tipo de reactor, hay que considerar, además, otros radionucleidos gaseosos, con períodos de semidesintegración pequeños, tales como los Argón-41, Xenón-133 y otros isótopos del Xenón y del Kriptón.

Como consecuencia de las estimaciones efectuadas para determinar la dosis total que puede recibir la población a partir de la explotación del conjunto de instalaciones que intervienen en la generación de la energía eléctrica, es decir, desde la minería del Uranio hasta el tratamiento de los combustibles irradiados, e incluyendo el transporte de los materiales radiactivos e incluso la probabilidad de accidentes, se ha llegado a la conclusión de que el conjunto de operaciones necesarias para la operación de una central nuclear de 1.000 MW(e) origina una dosis colectiva de 6 Sievert-persona. Teniendo en cuenta una media de consumo de 1 kilowatio eléctrico por persona y año, se deduce que la dosis que a cada persona corresponde a partir de estas fuentes, es del orden de los 60 μSv (6 mrem) por año.

– *Precipitaciones radiactivas derivadas de las pruebas nucleares*

Como consecuencia de las pruebas realizadas con bombas termonucleares,

un conjunto de radionucleidos pasaron a la estratosfera y, posteriormente, se van depositando sobre la superficie terrestre en forma de pequeñas partículas. Entre estos radionucleidos se encuentran, materiales fisionables no fisionados o producidos por interacción con neutrones, tales como el Plutonio-239, productos de fisión (Estroncio-90, Cesio-137, etc.), Tritio, originado principalmente durante el proceso de fusión utilizado para las bombas termonucleares, productos de activación formados en la cubierta de las bombas (Hiero-55, Zinc-65, Manganeso-54, Cobalto-60, etc.), y/o formados en el medio ambiente, en especial cuando la explosión tiene lugar en el suelo o próximo a él (Silicio-21, Aluminio-28, Sodio-24, Zinc-65, Hierro-55, etc.) y Carbono-14.

Estas precipitaciones, que fueron bastante importantes en los primeros años de la década de los sesenta, han ido reduciéndose a partir de la supresión de las pruebas atómicas. Estimaciones realizadas por UNSCEAR (Comité de las Naciones Unidas) han permitido deducir que la dosis derivada de esta fuente de radiación para los seres humanos será, hasta el año 2000, del orden de 33 μSv (3,3 mrem) por año en las gónadas, 75 μSv (7,5 mrem) por año para los huesos y 53 μSv (5,3 mrem) por año para la médula ósea.

- *Otras actividades*

Existen numerosas fuentes de radiación que forman parte de equipos de amplio uso público, cuya incidencia sobre el público no depende de las dosis que pueden originar individualmente, en general débiles, sino de su amplia distribución y frecuencia de utilización. Entre ellas se encuentran los relojes y otros objetos radioluminiscentes, los receptores de televisión en color, ciertos dispositivos electrónicos (tubos y lámparas para descarga; los pararrayos radiactivos, actualmente ilegales en España; detectores de humo, que emplean fuentes radiactivas, etc.).

Por otra parte, y como consecuencia de la radiación cósmica, los pasajeros y tripulaciones de los aviones reciben, durante los vuelos, tasas de dosis del orden de los 3 μSv (0,3 mrem) por hora; tasas de dosis que se duplican en los vuelos supersónicos como consecuencia de la mayor altura a que se realizan.

En la tabla siguiente se da la exposición a la radiación, procedente de fuentes naturales y artificiales (figura 41).

Dosis Equivalente efectiva media anual en mSv
(UNSCEAR - 1988)

	FUENTES NATURALES	
	INTERNAS	EXTERNAS
Cósmicas (Rayos cósmicos + Radionucleidos de origen cósmico)	0,015	0,355
Terrestres (K-40, Rb-87, Familias del U-238 y Th-232)	1,385	0,445
Total fuentes naturales	2,44	

	FUENTES ARTIFICIALES	
	INTERNAS	EXTERNAS
Médicas	0,01	0,4 – 1 (*)
Precipitación radiactiva	0,004	0,006
Energía nuclear	0,002	
Total	0,43 – 1,03	

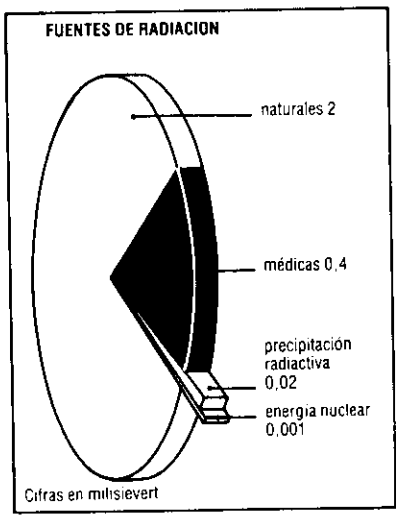
(*) Países desarrollados.

LA RADIACION Y EL HOMBRE

Todo organismo vivo, y en particular el cuerpo humano, está compuesto de muchas variedades y tipos de células, que son las unidades básicas de vida (figura 42).

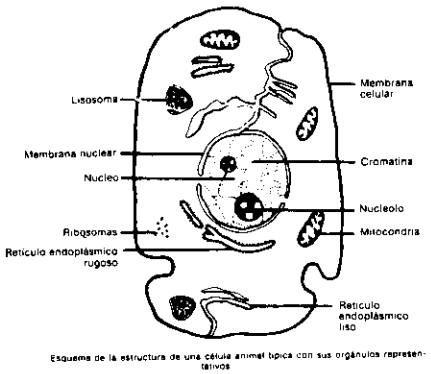
Un organismo se compone de órganos agrupados en sistemas, y tales órganos están constituidos por los distintos tejidos. Un tejido está constituido de células con las mismas funciones especializadas, como el tejido muscular, tejido óseo y tejido epitelial (piel y revestimiento de las paredes de los pulmones y de los órganos del sistema digestivo).

Los tejidos típicamente crecen en capas desde una capa germinal de células. Las células varían en sus sucesivas etapas de desarrollo de células primitivas o inmaduras a las células adultas completamente maduras. La figura 43 ilustra el desarrollo de las células dentro de un tejido.



Dosis equivalente efectiva media anual procedente de fuentes naturales y artificiales de radiación

FIGURA 41.



Esquema de la estructura de una célula animal típica con sus orgánulos representativos

FIGURA 42.

Mientras que las células adultas están completamente especializadas y son capaces de realizar sus funciones celulares, las células inmaduras no están tan especializadas, y están en un proceso de desarrollo, para finalmente reemplazar a las células adultas.

1. Las células adultas pueden ser caracterizadas por un ritmo bajo de división celular. Algunas células adultas, tales como las células de los glóbulos rojos, no se reproducen una vez que alcanzan su estado de madurez. A medida que se mueren las células adultas, van siendo reemplazadas por otras nuevas.

2. Las células primitivas o inmaduras tienen un ritmo mayor de división celular. Estas células crecen hacia el exterior desde una capa germinal mientras se dividen y desarrollan hasta células adultas. En la figura 43 se ve que las células adultas proporcionan un recubrimiento o capa sobre las células más jóvenes para protegerlas hasta que sean capaces de realizar la función de las células maduras.

La radiosensibilidad de una célula es una medida del grado (o facilidad) en que tipos específicos de células son afectadas por la radiación. Esto es generalmente valorado como la dosis de radiación absorbida que produce un efecto observado en la célula.

1. En general, las células primitivas o inmaduras, con un alto ritmo de división celular, son más radiosensibles que las adultas, que son células altamente especializadas.

2. Los tipos de células que son más radiosensibles a la radiación son:

a) Células inmaduras y adultas de los glóbulos blancos.

b) Células inmaduras de los glóbulos rojos.

c) Células inmaduras del sexo.

d) Células inmaduras intestinales.

e) Células inmaduras de la piel.

f) Células de los capilares sanguíneos.

3. Los tipos de células que son moderadamente sensibles a la radiación son:

a) Células inmaduras y adultas del hueso.

b) Células inmaduras de los cartílagos.

c) Células intermedias y adultas del sexo.

d) Células adultas de los glóbulos rojos.

e) Células de las venas.

4. Las células que son relativamente resistentes a la radiación son:

a) Células adultas de cicatrices.

b) Células adultas de cartílagos.

c) Células del tejido muscular.

d) Células nerviosas.

Debido a una severa irradiación de las células del tejido, resulta comúnmente una diferenciación del tejido, por ejemplo, las células inmaduras son mucho más afectadas que las células adultas y queda un hueco en el desarrollo de la célula del tejido, ya que mientras las células adultas mueren, éstas no van siendo reemplazadas por otras células (este efecto puede conducir a la ulceración del tejido).

Los tejidos pueden regenerar células germinales y reparar su daño, como la cicatrización de un corte en la piel. Los siguientes pasos se observan en la irradiación y regeneración del tejido:

1. Las células del tejido muestran signos de degeneración después de la exposición. El ritmo normal de división de la célula es anulado o reducido severamente.

2. Se produce una acumulación de sangre y fluido celular (edema) en un intento de limpiar las células muertas del tejido.

3. La reproducción celular se restablece, pero la división celular conduce a células degeneradas.

4. La reproducción celular continúa, posiblemente a un mayor ritmo, lo que conduce a la regeneración del tejido.

EFECTOS AGUDOS DE LA RADIACION

Exposiciones agudas (dosis > 1 Sv (100 rem) recibidos en 1 día) causan una serie de síntomas claramente identificables y signos médicos que pueden ser fácilmente relacionados con la dosis de radiación.

A este conjunto de efectos agudos se le denomina síndrome (conjunto de síntomas de una enfermedad) de irradiación aguda.

1. Síndrome hematopoyético (tejido formador de la sangre). Este síndrome se observa médicamente como una disminución de la cantidad de células de la sangre y ocurre para dosis del orden de los 1 Sv (100 rem) para todo el cuerpo y se hace más intensa a medida que las dosis se acercan a 5 Sv (500 rem).

Los signos visibles de este síndrome son: a) hemorragia interna y falta de coagulación de la sangre, b) anemia y fatiga, y c) susceptibilidad de infección bacteriana. Sin tratamiento, la muerte es probable que ocurra de las dos a las cuatro semanas, como resultado del intenso derrame o por infección bacteriana, para valores de dosis a todo el cuerpo entre 4 y 6 Sv (400 y 600 rem).

2. Síndrome del tracto gastrointestinal. En el rango de 5 a 20 Sv (500 a 2.000 rem) para el cuerpo entero, el síndrome es caracterizado por el inmediato comienzo de vómitos y diarrea, los cuales persisten durante un largo tiempo. Durante este período también puede haber una intensa hemorragia interna. La muerte puede ocurrir de los cinco a los diez días después de la exposición, y es causada por una intensa deshidratación y desequilibrio electrolítico en los tejidos del cuerpo como resultado de la excesiva diarrea.

3. Síndrome del sistema nervioso. Para dosis al cuerpo entero superiores a 50

Sv (5.000 rem), este síndrome está caracterizado por: a) falta de coordinación y confusión mental, b) coma intermitente y pérdida de conocimiento, y c) convulsiones. La muerte es inevitable, generalmente al cabo de dos días, por fallo respiratorio o del corazón.

Un resumen de estos efectos biológicos agudos causados por la radiación se puede contemplar en la figura 44, la cual relaciona el efecto con el rango de dosis estimada para la probable ocurrencia en el hombre.

Efectos agudos aparecen a distintos valores de dosis según cual sea el órgano irradiado, en el caso de irradiación parcial, por ejemplo si el órgano irradiado es la piel, aparece el enrojecimiento (eritema) de la misma o quemaduras de mayor o menor gravedad.

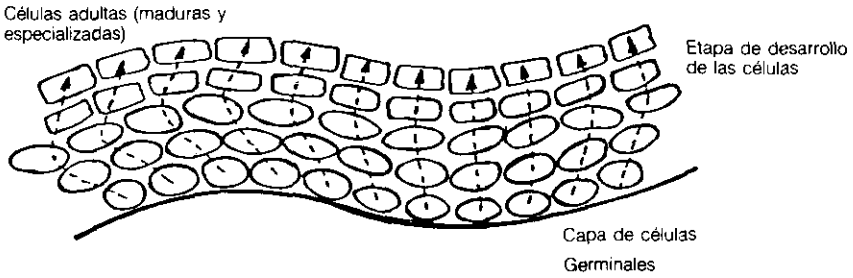


FIGURA 43.

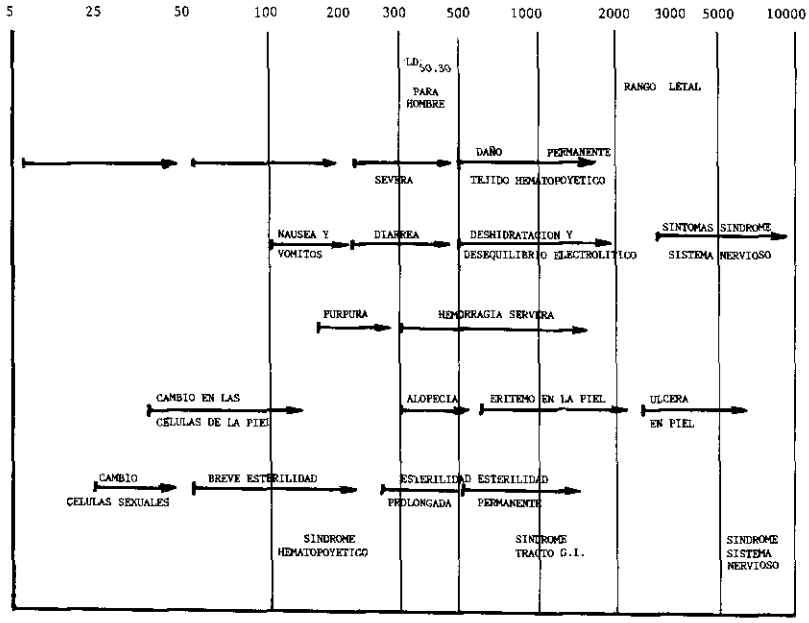


FIGURA 44.

EFECTOS DIFERIDOS DE LA RADIACION

Los efectos diferidos o tardíos de las radiaciones son básicamente dos, el cáncer y los efectos genéticos.

Los efectos tardíos de la radiación no pueden ser tan claramente identificados y relacionados con la dosis de radiación, como lo son los efectos agudos, por las siguientes razones:

1. Los efectos tardíos tienen un período latente largo y variable, el cual tiende a oscurecer la relación causa-efecto.

También deben transcurrir muchos años antes de que pueda obtenerse una información significativa, como es el caso de los pintores de esferas con Radio y de los supervivientes de la bomba atómica. En el caso de los efectos genéticos, el período latente puede ser de varias generaciones.

2. La frecuencia de aparición de efectos tardíos tiende a ser muy pequeña y, para estudiar estos efectos con algún grado de significación estadística, se requiere un grupo de sujetos expuestos extremadamente grande, ya sea un estudio sobre personas o sobre animales. En el caso de los supervivientes japoneses de la bomba atómica, cerca de 20.000 personas han sido estudiadas en un período de veinticinco años.

3. Otro problema asociado con la baja frecuencia de aparición de efectos tardíos es que la mayoría de los estudios sobre personas son de sujetos que recibieron una gran exposición aislada a todo el cuerpo o a parte de él (generalmente 1 Gy (100 rad) o más). Incluso después, los efectos tardíos observados fueron pequeños en magnitud. La cuestión de efectos tardíos resultantes de dosis relativamente bajas o de la acumulación de dosis a lo largo de la vida, tal como un trabajador de la industria nuclear, está todavía indeterminada.

4. Muchos de los estudios de los efectos tardíos, proceden de estudios sobre animales. Los resultados de estos estudios han suscitado muchas preguntas con relación a la extrapolación de estos efectos al hombre. En el caso de cataratas, no aparece correlación entre el efecto en las ratas y en el hombre.

Aunque la magnitud de los efectos tardíos es extremadamente pequeña, comparada con los efectos agudos, su existencia no puede ser olvidada cuando se aplica a grandes poblaciones y se considera posible para bajas dosis de radiación (figura 45).

RIESGOS DEBIDOS A LA RADIACION

El factor de riesgo (probabilidad de producción de un efecto sobre un individuo en función de la dosis que reciba) por la radiación ya ha sido comentado en el punto anterior. En este apartado se van a presentar unas consideraciones de la relación dosis-efecto y los factores de riesgo de mortalidad por cáncer o de producción de efectos genéticos importantes debidos a la Comisión Internacional de Protección Radiológica (C. I. P. R.).

Teniendo en cuenta que, con fines de protección, no debe considerarse la posibilidad de inducción de efectos biológicos no estocásticos, la C. I. P. R. ha realizado un amplio estudio de los conocimientos adquiridos, mediante la investigación animal y la experiencia humana, con respecto a la inducción de efectos estocásticos.

A partir de dicho estudio se ha determinado que la relación dosis-efecto responde, en general, a una curva sigmoide, que puede representarse mediante la expresión:

$$E = aD + bD^2$$

INCIDENCIA ACTUAL SOBRE LA POBLACION EN GENERAL POR MILLON DE NACIMIENTOS		EFECTO DE UN GRAY POR GENERACION Y POR MILLON DE NACIMIENTOS		
		EN LA 1.ª GENERACION	% EN 1.ª GENERACION	TOTAL
12.500	Mutaciones dominantes y recesivas	1.500	12	10.000
3.400	Alteraciones cromosómicas	240	7	400
90.000	Otras enfermedades hereditarias	450	0,5	4.500

EFECTOS HEREDITARIOS:

Los efectos hereditarios se encuentran moderadamente extendidos, pero las dosis adicionales pueden aumentar su incidencia. El diagrama muestra la incidencia presente de los defectos graves en la población en general (incluidos los efectos de la radiación de origen natural), así como el número adicional de casos que el UNSCEAR estima produciría un gray adicional de radiación suministrado a una generación, tanto en los hijos de las personas como en las sucesivas generaciones, de continuar el mismo nivel de exposición. Las cifras representan el número de niños nacidos con defectos graves por millón de nacimientos.

FIGURA 45.

donde E representa el efecto biológico, D la dosis equivalente total y a y b son constantes, cuyo valor relativo varía de una observación a otra. El término lineal (aD), y la pendiente que representa, a, corresponde a dosis y tasas de dosis pequeñas. El término cuadrático (bD^2) corresponde a dosis absorbidas altas. Considerando que todavía no se dispone de una información completa respecto a la relación dosis-efecto, que el valor de dicha relación se ha obtenido, en general, por extrapolación de los resultados obtenidos para dosis altas y que, por tanto y especialmente para dosis bajas de radiación, se necesita mucha investigación adicional, la C. I. P. R. ha considerado necesario asumir, para sus fines, ciertos supuestos simplificadores de la relación dirigidos a la determinación del riesgo en las instalaciones donde las dosis de radiación que pueden recibirse tienen un orden de magnitud análogo al de los límites establecidos, es decir, a los que se recibirán en el supuesto de la correcta aplicación de las normativas y medidas de protección.

Se considera una división entre los efectos de la radiación en dos tipos, los llamados efectos estocásticos, o que se producen al azar (cáncer, efectos hereditarios), y los no estocásticos que se producen con una dosis umbral (es el síndrome de irradiación aguda, el eritema).

Estos supuestos, con respecto a los efectos estocásticos, son los siguientes:

– Existe una relación lineal entre la dosis y la probabilidad de que se produzca un efecto.

– La medida del riesgo para cada persona es proporcional, en consecuencia a la suma de las dosis recibidas por cada tejido u órgano.

– El valor de la dosis equivalente colectiva puede considerarse como un índice del detrimento para la salud de la población.

Consecuencia de lo expuesto y ante la realidad de que la relación dosis-efecto es sigmoide, y que el riesgo añadido a causa de un incremento en la dosis absorbida depende de la pendiente de la curva en ese punto, la extrapolación lineal, para dosis pequeñas, de los resultados obtenidos experimentalmente para dosis altas, dará lugar a una sobreestimación del riesgo, lo cual, desde el punto de vista de la protección, no es ningún inconveniente grave; en todo caso supondrá un incremento de la misma. Ahora bien, a este respecto, conviene tener en cuenta siempre que la sobreestimación de los riesgos de la irradiación puede dar lugar a la elección de alternativas que sean más peligrosas, por otras causas, que las que implican la exposición a las radiaciones ionizantes, y que, por lo tanto, las estimaciones de los riesgos derivados de la irradiación deben utilizarse con gran precaución y con la idea de que los valores obtenidos significarán el valor máximo ocasionable por la causa analizada.

CAPITULO 5

EL CONTROL DEL RIESGO RADIOLOGICO

RADIACION EXTERNA

Principios básicos de protección

La protección radiológica práctica es un aspecto específico del control de los riesgos ambientales para la salud mediante medios técnicos. En la industria, el procedimiento usual, en el caso de tóxicos convencionales, es primero intentar la eliminación del riesgo, lo que se consigue, por ejemplo, sustituyendo un compuesto químico nocivo por otro que lo sea menos. Si la eliminación del riesgo no es posible se intenta entonces confinarlo. Esto es, limitar su acción a un lugar concreto, con lo que se consigue aislar al riesgo del ser humano. Si no se puede conseguir ninguna de las soluciones anteriores, el riesgo puede ser evitado normalmente aislando al individuo.

La manera exacta de aplicación de estos principios a la Protección Radiológica dependerá de cada situación particular. En Protección Radiológica práctica es conveniente diferenciar entre los distintos tipos de riesgos y para ello distinguiremos la protección contra la irradiación externa y la protección contra la contaminación personal resultante de la radiactividad inhalada, ingerida o transmitida tactilmente.

Técnicas de minimización de dosis

La radiación externa se origina en los aparatos de rayos X u otros aparatos generadores de radiaciones ionizantes, en aparatos cuya producción de rayos X es un efecto colateral, como sucede en el microscopio electrónico y en la procedente de los radionucleidos.

Si no es posible alejar la fuente de radiación, entonces la exposición de las personas a la irradiación externa puede ser controlada mediante la aplicación conjunta de una o más de las técnicas siguientes:

- Minimización del tiempo de exposición.
- Maximización de la distancia a la fuente de radiación.
- Blindaje de la fuente de radiación.
- *El tiempo (figura 46)*

Aunque muchos efectos biológicos de la radiación dependen de la tasa de dosis, puede suponerse, para fines de control del riesgo, que se cumple la relación siguiente:

Tasa de dosis × Tiempo de exposición = Dosis total

Para valores dentro de dos órdenes de magnitud de los límites anuales de dosis no tenemos datos, ni teóricos ni experimentales que contradigan esta relación. Entonces, si un trabajador debe realizar su trabajo en un campo de radiación relativamente alto, tal como en la reparación de un ciclotrón que ha sido activado por absorción de neutrones, o en la manipulación de una fuente radiográfica para realizar un trabajo complejo, el método utilizado será la restricción del tiempo de exposición, de modo que el producto de la tasa de dosis y el tiempo de exposición no exceda de un valor admisible, para esos tipos de trabajos y de acuerdo con los criterios de seguridad radiológica. Por ejemplo, en el caso de un radiólogo que debe realizar su trabajo cinco días a la semana en un campo de radiación de 0,25 mSv/h (25 mrem/h), puede

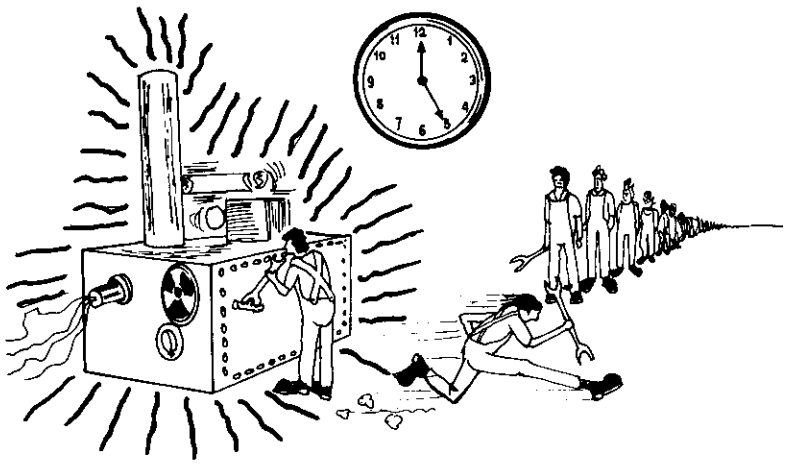


FIGURA 46.

prevenirse la sobreexposición limitando su tiempo diario de trabajo en el campo de radiación a cuarenta y ocho minutos, con lo que su dosis diaria sería únicamente de 0,2 mSv (20 mrem). Si el volumen de trabajo hiciera necesaria una exposición más larga, entonces sería necesario que, o bien otro radiólogo participara en ese trabajo, o bien la operación debería ser rediseñada con el fin de disminuir la intensidad del campo de radiación en el que el radiólogo debería trabajar (p. ej. utilizando un sistema de colimación).

– *Distancia (figura 47)*

Intuitivamente, es claro que la exposición a la radiación decrece conforme aumenta la distancia a la fuente de la radiación. De forma más rigurosa, es evidente que el flujo de partículas que proceden de una fuente que atraviese una superficie normal, disminuye con la distancia, al ser menor el ángulo sólido subtendido por dicha superficie. Cuando esto lo convertimos en una relación cuantitativa, este hecho se convierte en una poderosa herramienta para la protección radiológica.

El caso más sencillo es aquel en el que la fuente es puntual e isótropa (emite uniformemente en todas direcciones) y la absorción entre la fuente y el punto considerado se puede despreciar. Una fuente se considera puntual cuando sus dimensiones son muy inferiores a la distancia de la fuente al individuo situado en un campo de radiación. En este caso la dosis es función inversa del cuadrado de esta distancia a la fuente.

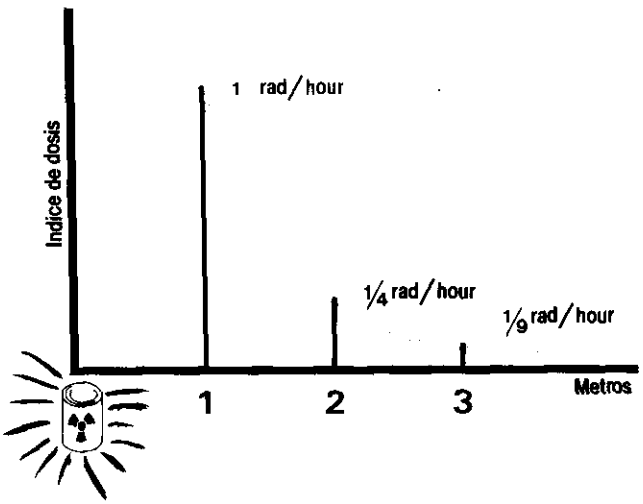


FIGURA 47.

– *El blindaje (figura 48).*

La interposición entre la fuente de radiación y los seres humanos de un espesor de material que atenúe la intensidad de aquélla constituye un BLINDAJE. La existencia de blindajes es indispensable cuando las fuentes son muy activas o el tiempo de exposición es prolongado.

La elección de un blindaje debe hacerse de acuerdo con el tipo y energía de la radiación considerada:

* El blindaje de la radiación alfa no tiene ningún problema presentando una peligrosidad escasa o nula, de tal modo que la práctica totalidad de ésta puede detenerse con una simple hoja de papel.

* El blindaje de la radiación beta es más dificultoso que el de las partículas alfa pero no obstante la mayoría de estas partículas se detienen con unos milímetros de aluminio o de metacrilato. El uso de materiales pesados para blindaje de emisores beta muy energéticos no es recomendable ya que se producen rayos X al ser frenadas estas partículas por los núcleos pesados.

* El blindaje de los rayos X y gamma sigue, en el caso más sencillo, una ley de atenuación exponencial de modo que la relación entre la dosis recibida con blindaje D, y la recibida sin él, D_o, viene dado por la expresión:

$$D = D_o\, e^{\mu x}$$

siendo μ el coeficiente de atenuación lineal y x el expesor del blindaje interpuesto.

Suele utilizarse, con fines prácticos, un parámetro muy útil llamado espesor de semirreducción. Se denomina espesor de semirreducción (ESR) al que, interpuesto entre la fuente y el punto de observación, reduce la dosis a la mitad.

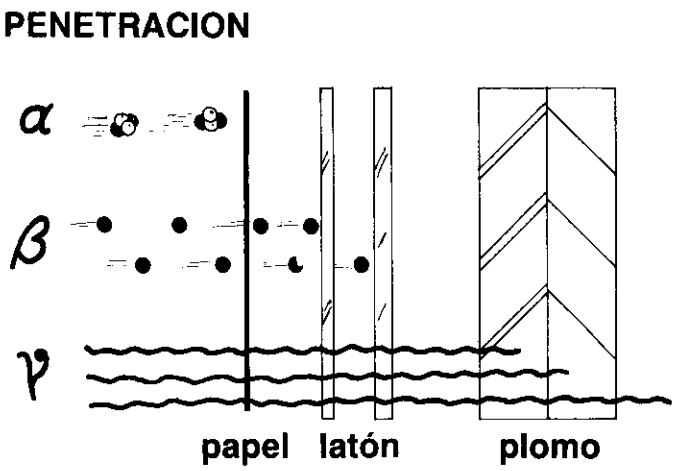


FIGURA 48.

$$D = D_o/2$$

luego: $$1/2 = e^{-\mu ESR}$$

con lo que: $$ESR = \frac{0.693}{\mu}$$

La variación de la dosis recibida en función del número de espesores de semirreducción se representa en la figura 49.

Antes de dar por concluido este apartado quisiéramos hacer notar algún detalle de interés, como que la geometría del blindaje es un factor muy importante. Lo que se quiere afirmar con ello es que el blindaje debe estar lo más próximo posible a la fuente radiactiva y que cuando se diseñe un blindaje deberán tenerse en cuenta los efectos de la radiación dispersa (figura 50).

CONTAMINACION EXTERNA E INTERNA

Contaminación externa

Podemos decir que una persona está contaminada externamente cuando sobre su piel se detecta material radiactivo depositado.

Generalmente este material radiactivo acompaña a suciedades tales como grasas, polvo, etc.

Por ello, es muy importante tomar algunas medidas de precaución cuando se tienen noticias de la posibilidad de existencia de alguna zona contaminada como:

- Cubrirse de ropa de pies a cabeza (no es necesaria una ropa muy especial: monos de trabajo, guantes de goma u otro material y calzado de goma puede servir).

- No pisar los charcos y evitar mojar la ropa.

- Evitar tocarse con las manos zonas que no estén cubiertas, por ejemplo: cara, nariz, ojos, cabello, oídos, etc.

Las partes del cuerpo que la experiencia demuestra que se contaminan más frecuentemente son: manos, pies, cabello y oídos por este orden.

- *Riesgos de la contaminación externa*

Los daños que se pueden derivar de mantener sobre la piel una contaminación externa pueden ser importantes dependiendo de las radiaciones que se emitan y de su cuantía.

Si por el contrario no se mantuviera esta contaminación eliminándola en breve plazo, realmente no se puede hablar de daños.

Para anular los riesgos derivados de una contaminación externa, se deben seguir las recomendaciones antes citadas y además:

* Pasar cuantos controles se señalen para una pronta detección de una posible contaminación, con lo que se evitará, a su vez, la posibilidad de una contaminación interna, la posibilidad de contaminar a otras personas y se conseguirá contener la contaminación dentro de las zonas limitadas.

* En el caso de que se detecte una contaminación, descontaminarse rápidamente, solicitando la ayuda del personal adecuado.

– *Descontaminación*

La descontaminación, como hemos dicho, la debe realizar personal preparado. Esto es debido a que, si lo hiciese el propio individuo, podría dispersarse la contaminación a lugares limpios, con el consiguiente riesgo para la propia persona y para los demás.

La contaminación externa, en general, es fácil de eliminar; sólo es necesario agua y jabón para que desaparezca.

En ocasiones, resulta más complicado, principalmente si la persona suda mucho, ya que al enfriarse se cierran los poros de la piel, confinando la contaminación y son necesarias duchas con agua templada, para que se vuelvan a abrir los poros y frotar con una esponja suavemente la piel, puesto que al hacerlo de una forma brusca puede dar lugar a irritaciones y descarnamiento, con la consiguiente probabilidad de una contaminación interna por entrada de material radiactivo a través de esa herida. Existen medios más activos que sólo podrán emplearse bajo supervisión médica.

Contaminación interna. Vías de incorporación en el organismo humano

Se dice que una persona se ha contaminado internamente, cuando han penetrado materiales radiactivos en el interior de su cuerpo.

Los elementos radiactivos pueden penetrar en el cuerpo a través de tres vías diferentes:

– Inhalación (respiración de aire contaminado).

– Ingestión (comida o bebida de alimentos contaminados).

– Absorción a través de la piel o heridas.

La vía más común de deposición interna de materiales radiactivos es la inhalación. Inicialmente, el material radiactivo se depositará en las primeras regiones del aparato respiratorio. De modo que la medida significativa de radiactividad en un frotis nasal será indicativo de que hay contaminación interna.

El medio específico de prevenir dichas entradas es usar equipos de protección respiratoria tales como máscaras con filtro o equipos de suministro de aire; a falta de tales medios y en caso de emergencia, como el que nos ocupa, pueden utilizarse pañuelos y bufandas, mascarillas antipolvo o cualquier medio que proteja las vías respiratorias.

La ingestión de materiales radiactivos es posible que ocurra cuando se permite comer, beber o fumar en zonas donde presumiblemente puede haber con-

taminación ambiental, o que ocurra cuando hay alguna parte contaminada de la persona, aunque vaya con medios de protección (por ejemplo, tocarse la boca con los guantes o la manga, estando contaminados). Por esta razón, está prohibido comer, beber y fumar en zonas con riesgo de contaminación (presencia de material radiactivo).

Los alimentos y aguas de bebida contaminadas pueden constituir un riesgo significativo, sobre todo en aquellos casos en que la dieta procede básicamente de productos propios de la zona contaminada. En dichas circunstancias, medidas tales como el uso de bebidas y alimentos de origen externo a la zona, pueden disminuir el riesgo de contaminación interna.

A la salida de áreas de posible contaminación radiactiva, se realizarán reconocimientos al personal mediante aparatos de detección, para controlar la dispersión de la contaminación personal (cuando sea necesario), y evitar que el material se ingiera.

La absorción a través de la piel es posible que ocurra, principalmente cuando se trabaja con contaminaciones de tipo húmedo (por ejemplo, trabajando con agua contaminada en contacto con la piel). Algunos isótopos radiactivos, tales como el yodo y el tritio, pueden ser absorbidos fácilmente a través de la piel. Otros isótopos pueden ser absorbidos a través de cortes o heridas.

Para este tipo de contaminación húmeda, es necesario el uso de trajes y guantes impermeables.

La impermeabilización de heridas y cortes, también reducirá la posibilidad de contaminación interna.

A los pequeños cortes y heridas producidos durante el trabajo, debe permitírseles sangrar, limpiarlos cuidadosamente y reconocerlos apropiadamente.

Los casos de contaminación personal, deben tratarse inmediatamente. La cantidad de radiactividad que penetra en el cuerpo está directamente relacionada con el tiempo en que la piel está contaminada.

Lo anteriormente referido para las personas tiene implicaciones en el uso de alimentos potencialmente contaminados, de aquí que, en ciertos casos, sea aconsejable tomar medidas restrictivas o prohibitivas en los usos de aguas y alimentos procedentes de zonas potencialmente contaminadas.

En el caso de contaminación de suelos y aguas de zonas agrícola-ganaderas los animales pueden resultar contaminados internamente si ingieren alimentos contaminados o respiran aire contaminado. Las medidas de estabulación obligatoria, control de alimentación junto con el suministro de aguas y alimentos procedentes de zonas no contaminadas o en último caso la evacuación de los mismos pueden llegar a ser las más indicadas. La descontaminación de los animales se realiza con métodos análogos a los usados para los seres humanos (ej.: lavados).

Comportamiento de los materiales radiactivos dentro del cuerpo.

Una vez producida la contaminación interna en el organismo humano, los

materiales radiactivos depositados en él se comportan de diferentes formas hasta llegar a su eliminación dependiendo de sus características (solubilidad e insolubilidad) (figura 51).

Así, el material radiactivo depositado en las vías respiratorias superiores (nariz, garganta y bronquios) se elimina rápidamente de esta zona en un intervalo de tiempo del orden de horas. Este material es transferido a la garganta por las mucosidades e inadvertidamente tragado. Esta actividad pasa al aparato gastrointestinal, aproximadamente veinticuatro horas después de la inhalación. La actividad que llega a los pulmones, se elimina por transferencia a la sangre o al sistema gastrointestinal o al sistema linfático, dependiendo de las características del material radiactivo (si es soluble o insoluble).

La radiactividad que entra al aparato gastrointestinal, bien por ingestión o por transferencia del sistema respiratorio, pasa a través del estómago, intestino delgado e intestino grueso y se elimina del cuerpo como residuo sólido por las heces fecales. Esto requiere aproximadamente dos días.

El material soluble puede ser absorbido en el intestino delgado por el flujo sanguíneo, mientras que el insoluble pasará a través de él, siguiendo el mismo proceso que en el apartado anterior.

El material radiactivo que alcanza el flujo sanguíneo, se desplaza con la sangre por todo el cuerpo y se va depositando en aquellos órganos que tengan afinidad por dicho material. Estos órganos se denominan órganos críticos. Así, por ejemplo, el Iodo-131 es un isótopo radiactivo que tiene afinidad por el tiroides. El tritio H-3 tiene afinidad por todo el cuerpo y se distribuye en él uniformemente.

Eliminación de materiales radiactivos del cuerpo

Los materiales radiactivos se eliminan del cuerpo por varios procesos biológicos como son:

– La radiactividad insoluble que pasa a través del aparato gastrointestinal se elimina con los residuos sólidos (heces fecales).

– La radiactividad soluble es eliminada del flujo sanguíneo por el riñón y, finalmente, expulsada del cuerpo humano mediante la orina.

– También se elimina por transpiración la radiactividad soluble, junto con el sudor.

– Por exhalación, sale la radiactividad gaseosa a través del sistema respiratorio.

Como conclusión, podemos decir que la eliminación de la radiactividad interna se realiza mediante los procesos biológicos anteriormente citados y por la propia desintegración radiactiva (figura 52).

Nace como consecuencia de esto, un nuevo concepto designado como período efectivo, y que se define como el tiempo necesario para que la actividad depositada en el cuerpo se reduzca a la mitad. Este período efectivo depen-

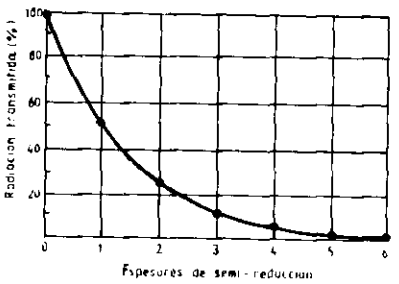


FIGURA 49.

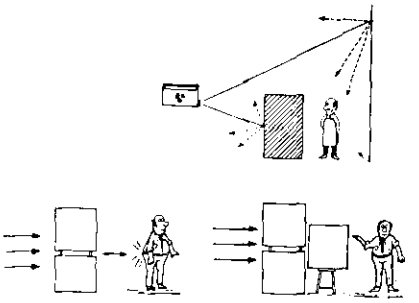


FIGURA 50.

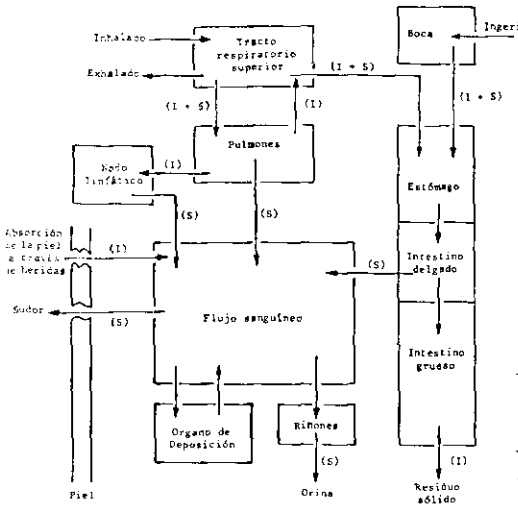
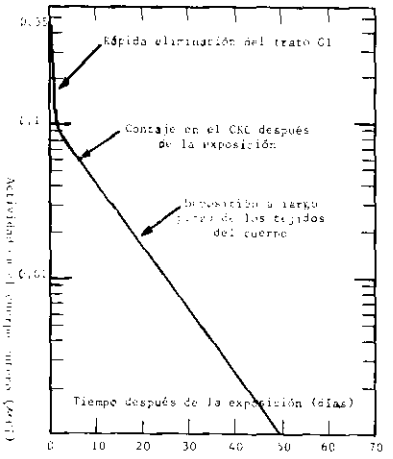


FIGURA 51.



RETENCION DE ACTIVIDAD EN EL CUERPO DEBIDO A UNA INCORPORACION UNICA

FIGURA 52.

de, en esta ocasión, de dos factores que son la desintegración radiactiva propiamente dicha y la eliminación biológica, ya que el cuerpo humano tarda más o menos en eliminar cada isótopo radiactivo.

Determinación de la actividad en el cuerpo

Para el cálculo de la radiactividad interna del personal, en caso de una contaminación, se utilizan dos técnicas:

– Contador de radiactividad corporal, equipo que mide directamente la actividad en parte del cuerpo o en su totalidad con un sistema de detección de radiación gamma.

– Análisis de orina. El personal proporcionará muestras de orina en las que se miden los elementos emisores gamma y la actividad alfa y beta total.

El contador de radiactividad corporal es la técnica más sensible y conveniente. Ahora bien, presenta una serie de inconvenientes, como son:

a) El C. R. C. es sensible únicamente a radionucleidos emisores gamma. Por tanto, no detecta actividad alfa y beta.

b) El C. R. C. no puede distinguir, normalmente, entre actividad soluble e insoluble. En resumidas cuentas, no sabemos si el material radiactivo se encuentra en el aparato gastrointestinal o disuelto en el flujo sanguíneo.

Sucesivas medidas en el contador de radiactividad corporal, nos darán una idea del ritmo de eliminación biológico del cuerpo.

Estas medidas proporcionan una pista de la situación de la actividad y pueden usarse para calcular la dosis de radiación recibida por causa de la contaminación interna.

Los análisis de las muestras de orina son un complemento del C. R. C. para el estudio de una contaminación interna.

En las muestras de orina pueden medirse todos los tipos de radiación. De aquí que la actividad beta y alfa pura, puedan determinarse mediante el análisis de orina.

Por otro lado, los análisis de orina reflejan la actividad que corre por el flujo sanguíneo, que es la actividad soluble, y con las medidas correspondientes tomadas en el C. R. C. permiten tener una idea más clara de cuál es la distribución de la radiactividad en el organismo.

Conclusiones

Como conclusiones podemos decir que, el factor fundamental para valorar el daño que pudiera ser recibido como consecuencia de una contaminación corporal, es el tiempo de permanencia.

En el caso de contaminación interna, además de este tiempo de permanencia, hay que tener en cuenta otros factores como son la cantidad de actividad absorbida, la forma de emisión de los isótopos radiactivos contaminantes, ya

que no es lo mismo radiación alfa, que beta o gamma y, por último, la distribución de la actividad en el cuerpo.

CONTAMINACION DEL AIRE

La radiactividad transportada por el aire, puede estar en forma de partículas (soportadas por partículas de polvo), radioyodos (generalmente I-131) o actividad gaseosa (gases nobles radiactivos; normalmente Kriptón y Xenón).

La radiactividad en el aire puede aparecer por:

1. Fugas de radiactividad: gases o vapores.

2. Trabajos sobre materiales contaminados.

3. Remoción de la contaminación desprendida de suelos.

Otras condiciones físicas que pueden afectar a las concentraciones en aire son:

1. Temperatura: Mayores temperaturas en el agua contaminada con radioyodos, pueden causar un aumento en la concentración de radioyodo en el aire.

2. Ventilación: Una ventilación pobre puede causar una concentración mayor de la actividad en el aire, especialmente en áreas cerradas.

– *Vigilancia ambiental*

En cualquier situación en que se presuma la existencia de contaminación ambiental, periódicamente se tomarán muestras de aire y se medirá la contaminación presente. De esta forma, se vigilan las condiciones ambientales.

Además de estas vigilancias programadas, se realizan tomas de muestras adicionales, si se tiene noticia de alguna variación significativa (p. ej. un aumento en la tasa de escape radiactivo), para vigilar, en todo momento, las condiciones ambientales.

La vigilancia de la contaminación ambiental se realiza mediante:

* Detectores especiales para gases nobles: Xe, Rn.

* Tomadores de muestras para partículas, con filtros de partículas (bombas aspirantes de aire).

* Tomadores de muestras para radioyodos, con filtros de carbono activado (bombas aspirantes de aire).

En los dos últimos casos se utilizan detectores adicionales tales como contadores o espectrómetros.

CONTAMINACION SUPERFICIAL

Los materiales radiactivos se depositan en las superficies de equipos, paredes, suelos, tuberías, etc. mezclándose con el polvo y la grasa, formando la contaminación superficial.

Esta contaminación puede estar presente en algunas zonas de una manera

más intensa, por esta razón es preciso vestirse con buzos, gorros, guantes y chanclos para entrar en ellas.

La ropa de protección impide que esa contaminación se ponga en contacto con la piel. Al mismo tiempo se evita esparcer la contaminación de las zonas que la poseen a las que no la tienen. Pero no disminuye, si lo hubiere, el riesgo de irradiación externa.

La contaminación superficial se vigila como la contaminación ambiental (con una vigilancia programada y otra más puntual adicional).

Las personas que salen de zona controlada deben pasar por un control de contaminación para ver si tienen algo de contaminación superficial.

Los equipos (materiales, vehículos, etc.) deberán ser medidos con un detector para determinar si están o no contaminados.

La detección de contaminación superficial se realiza bien de forma directa, mediante detectores apropiados (detectores de ventana más o menos fina) o mediante frotis y medida del frotis (ver figura 54).

CONTAMINACION DE AGUAS Y ALIMENTOS

En caso de que se sospeche la posible contaminación de agua y alimentos, de consumo humano y/o animal, deberán tomarse muestras en cantidades suficientes para permitir la medida correcta de la radiactividad en los mismos. Tales muestras deben abarcar tanto aguas superficiales como subterráneas y todos los alimentos de los que se sospeche su contaminación.

La contaminación superficial de aguas y alimentos puede ser detectada utilizando métodos de medida como los citados en el apartado anterior.

Las muestras recogidas deben mandarse rápidamente a laboratorios suficientemente dotados que permitan un análisis rápido de las mismas.

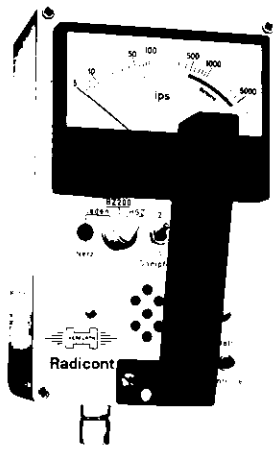


FIGURA 54.

CAPITULO 6

NORMAS DE PROTECCION RADIOLOGICA

OBJETIVOS DE LA PROTECCION RADIOLOGICA

Clásicamente, la finalidad principal de la Protección Radiológica ha consistido en la operación de las instalaciones nucleares sin riesgos para el personal, tanto de la planta como del público, así como en la protección de los bienes dentro y fuera del centro.

Los objetivos de la Protección Radiológica han sido objeto de clarificación y actualización a través de la publicación 26 de la Comisión Internacional para la Protección Radiológica (1977), de acuerdo con la cual, podemos expresarnos así:

El primer objetivo consiste en la "prevención de los efectos para los cuales existe un umbral de aparición y limitación de los que no poseen un umbral a niveles aceptables".

Un segundo objetivo sería el de la "consideración de la justificación de los trabajos con riesgo de exposición".

Para la prevención de los primeros efectos citados, basta con fijar unos valores límite de dosis inferiores a los correspondientes umbrales.

La limitación de los efectos estocásticos se podría conseguir, en definitiva, aplicando el concepto ALARA ("As Low As Reasonably Achievable" que significa "tan bajo como razonablemente se pueda alcanzar") a las exposiciones justificadas. Sin embargo, al no estar suficientemente elaborados en la actualidad unos procedimientos completos de valoración coste-beneficio, cuantificables, que permitan sin ambigüedad la puesta en práctica de decisiones, es por lo que se recomienda un "sistema de limitación de dosis", consistente en

los tres apartados que se enuncian a continuación y que, en sí, constituyen otros tantos objetivos básicos de la Protección Radiológica:

– No debe ponerse en práctica ninguna actividad con riesgo de exposición que no introduzca un beneficio neto positivo.

– Todas las exposiciones deben mantenerse "tan bajas como sea razonablemente practicable", teniendo en cuenta los factores económicos y sociales y la consideración de cualquier otro sistema alternativo.

– La dosis equivalente individual no excederá de los valores-límites recomendados.

Los objetivos que comúnmente son asignados a los Servicios de Protección Radiológica (SPR) se pueden resumir de la forma siguente:

– Llevar registros administrativos de todas las actividades y en especial de las dosis de radiación recibidas por el personal.

– Vigilancia radiológica individual, zonal y ambiental.

– Vigilancia radiológica de las instalaciones operativas, de los almacenamientos de residuos y del transporte de material radiactivo.

– Seguimiento radiológico de efluentes y su impacto en el entorno.

– Planificación y vigilancia radiológica de los trabajos, sistemáticos y eventuales.

– Elaboración de normas de P. R., velando por el cumplimiento de las mismas.

– Asesoramiento en P. R. a la Dirección del Centro al que pertenece tal Servicio de P. R.

– Información de P. R. al Consejo de Seguridad Nuclear.

– Comunicación a la Dirección de las inobservancias e incumplimientos de normas de P. R.

Citamos también los siguientes cometidos, objeto del Servicio Médico:

– Reconocimiento; vigilancia médica sistemática; capacitación del personal para realizar trabajos con riesgo de exposición, y seguimiento de los casos de contaminación.

CLASIFICACION Y SEÑALIZACION DE AREAS

Como se ha dicho en el capítulo anterior, las áreas se clasifican, según el riesgo que comporte el permanecer en ellas, en las siguientes zonas:

ZONA VIGILADA: Aquella en la que no es improbable recibir dosis superiores a 1/10 de los límites anuales de dosis, siendo muy improbable recibir dosis superiores a 3/10 de dichos límites.

ZONA CONTROLADA: Aquella en la que no es improbable recibir dosis superiores a los 3/10 de los límites. Si la dosis es debida a la contaminación, dichas áreas se suelen conocer como islas contaminadas.

Estas zonas han de estar delimitadas adecuadamente y señalizadas de forma que quede de manifiesto el riesgo existente en las mismas. El riesgo de irradiación vendrá señalizado utilizando su símbolo internacional, un "trébol" enmarcado por una orla rectangular del mismo color del símbolo y de la misma anchura que el diámetro de la circunferencia interior de dicho símbolo.

El campo, en caso de riesgo por contaminación, ha de aparecer punteado.

1. ZONAS VIGILADAS

En las zonas vigiladas el trébol será de color gris azulado sobre fondo blanco.

2. ZONAS CONTROLADAS

En estas zonas, el trébol será de color verde sobre fondo blanco.

A su vez, las zonas controladas con más peligro se nombran y señalizan de la siguiente manera:

Zonas de permanencia limitada, en las que existe el riesgo de recibir una dosis superior a los límites anuales. En éstas el trébol será de color amarillo sobre fondo blanco.

Zonas de acceso prohibido, en las que existe el riesgo de recibir, en una exposición única, dosis superiores a los límites. En éstas el trébol será de color rojo sobre fondo blanco.

Para todo tipo de zonas, las señalizaciones correspondientes se deben complementar con una leyenda indicativa del tipo de zona en la parte superior y del tipo de riesgo en la inferior. Cuando se deban señalizar, con carácter temporal, los límites de una zona, se emplearán vallas, barras metálicas, etc. que tendrán el color correspondiente a la zona de que se trate.

En los lugares de acceso entre zonas contiguas de diversas características, podrán señalizarse en el suelo los límites correspondientes mediante líneas claramente visibles con los colores correlativos a las zonas de que se trate. Dicha señalización se puede completar con una buena iluminación del color apropiado. Como normas generales, en relación con esta clasificación de áreas, se pueden establecer las siguientes:

1. El acceso a las zonas controladas y vigiladas estará limitado a las personas autorizadas al efecto. Es normal que a las primeras sólo tengan acceso libre los técnicos de P. R.

2. A la salida de las zonas controladas y vigiladas en las que exista riesgo de contaminación, existirán detectores adecuados para detectar la posible contaminación y, en su caso, tomar las medidas oportunas.

VESTUARIO DE PROTECCION Y EQUIPO DE PROTECCION RESPIRATORIA

El uso básico del equipo de protección personal es para impedir la contaminación de la piel y la inhalación o ingestión de radiactividad en un ambiente

contaminado. También impide la dispersión de la contaminación fuera de las zonas controladas. En algunos casos, puede reducir o eliminar la exposición a la radiación beta y reducir la absorción a través de la piel de yodo radiactivo. Las categorías básicas del equipo de protección son: vestuario de protección (algunas veces llamado vestuario anticontaminación) y equipo de protección respiratoria.

Vestuario de protección

El vestuario de protección se usa para aislar a las personas en situaciones de áreas o materiales contaminados. El vestuario de protección radiológica requerido varía de acuerdo con varios factores:

1. Niveles de contaminación en el área.
2. Tipo de trabajo o vigilancia que se realiza.
3. Tipo y situación de la contaminación.
4. Otras condiciones no usuales (tal como gran transpiración que humedezca el vestuario de protección).

Algunas veces, simplemente se requieren en una zona contaminada chanclos y guantes de plástico. No obstante, generalmente para trabajar en un ambiente contaminado, se requerirá un juego completo del vestuario de protección (figura 55).

La operación de vestirse con ropa de protección, requiere primeramente quitarse toda la ropa personal exterior, incluyendo sortijas y joyas, ponerse el buzo de protección, chanclos, guantes y capuchas. Así, además de impedir la contaminación de la piel también se impide la contaminación de la ropa personal.

Un juego típico del vestuario requerido en una zona contaminada consta de los siguientes artículos:

1. Un buzo (figura 56).
2. Chanclas.
3. Cubrecalzados (figura 57).
4. Guantes de goma.
5. Guantes de algodón.
6. Capucha o gorro.
7. Trajes de plástico.

El orden en que se ponen estos artículos no es importante, mientras puedan quitarse de una forma aceptable.

– *Consideraciones generales para el uso del vestuario de protección*

El equipo normal en zonas contaminadas es un juego completo de vestuario de protección. No obstante, en zonas altamente contaminadas deben usarse dos juegos completos, con los que se consigue cubrir dos objetivos: minimizar

FIGURA 55.

FIGURA 56.

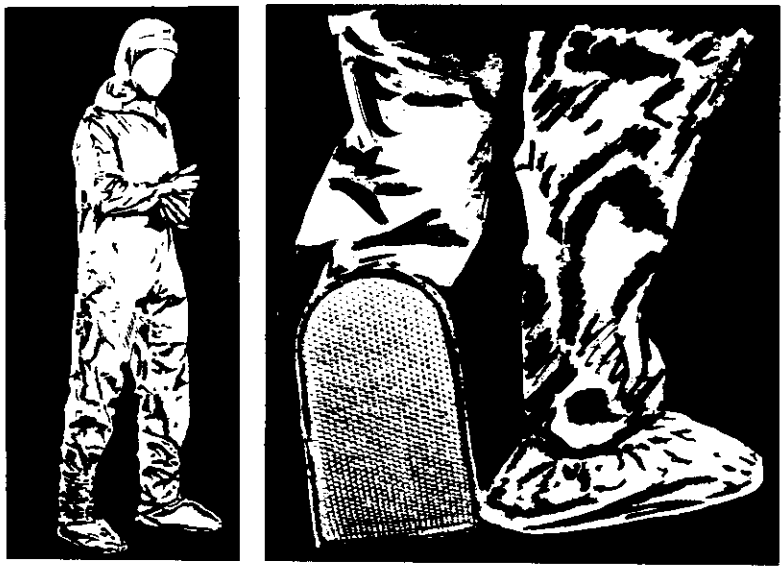


FIGURA 57.

la posibilidad de penetración de la contaminación, y conseguir un mejor blindaje de la radiación beta.

Cuando se usan dos juegos de vestuario de protección, el par de guantes exterior no necesita ser encintado en la muñeca. Esto facilita el cambio de guantes.

Cuando se usan la máscara completa y la capucha, se debe colocar la capucha después de la máscara. Esto permite que la máscara haga un buen sellado alrededor de la cara.

Puede requerirse que el personal use gafas de seguridad en zonas contaminadas donde no se requiere la máscara. Esto reduce la radiación beta que alcanza el cristalino del ojo.

* Operación de quitarse el vesturio de protección.

Es necesario quitarse apropiadamente la ropa de protección para impedir la contaminación de la piel y para controlar la dispersión de la contaminación fuera de las zonas controladas.

Para asegurar que el vestuario de protección se quita adecuadamente, se deben observar las siguientes guías:

1. Proporcionar el equipo adecuado (señalización, receptáculos para residuos y ropas usadas, etc.).
2. Señalizar claramente las instrucciones para desvestirse.
3. Comprobar periódicamente la práctica de desvestirse del personal.

Cuando se use un juego de vestuario personal, el orden en el cual se quitan las prendas, es el siguiente:

1. Quitarse toda la cinta adhesiva.
2. Quitarse los guantes de goma.
3. Quitarse el gorro o capucha.
4. Quitarse los chanclos en el primer punto de tránsito.
5. Quitarse los dosímetros y ponerlos en una zona limpia.
6. Quitarse el buzo.
7. Recoger los dosímetros.
8. Quitarse los cubrecalzados en el segundo punto de tránsito.
9. Quitarse los guantes de algodón.
10. Hacerse la vigilancia de la contaminación personal.

Cuando se usan dos juegos de vestuario, se usa un procedimiento similar, pero el punto más importante a tener en cuenta es que la última prenda deben ser siempre los guantes, ya que con ellos podemos quitarnos las otras prendas, teniendo cuidado de no tocar la piel o el cabello con ellos, y finalmente, debemos ser precavidos a la hora de quitarnos los guantes.

El objeto de quitarse la ropa en un orden es evitar contaminarse y dispersar la contaminación. Por lo tanto, las instrucciones de desvestirse deben tener el orden en el que se controle la contaminación más eficazmente en cada situación. Debe alertarse al personal para evitar que toque las partes exteriores del vestuario al quitárselo.

Equipo de protección respiratoria (figuras 58 y 59)

El hombre hizo los primeros esfuerzos para protegerse de respirar atmósferas desagradables hace muchos años y consistieron en ponerse algo alrededor de la cara para filtrar el polvo. En los tiempos actuales, esta necesidad se satisface con equipos mucho más complejos elaborados para las guerras modernas, la industria minera y la era nuclear. Aunque existen equipos respitarios muy buenos, debe tenerse en cuenta que hay otros medios para controlar las exposiciones, tal como buena ventilación y humedecer los materiales para eliminar polvos. Estos son generalmente mucho más confortables que el uso de equipos respiratorios.

Aunque los equipos respiratorios no deben usarse como sustitutos de otros medios, existe una definida necesidad de estos equipos cuando se trabaja con isótopos radiactivos.

Los equipos respiratorios pueden dividirse en dos tipos. Un tipo son los purificadores de aire que eliminan los contaminantes del aire inhalado, y el otro tip son los suministradores de aire, que proporcionan aire procedente de una fuente no contaminada. Estos dos grupos pueden subdividirse en varios tipos, que serán expuestos a continuación.

– *Equipos purificadores de aire*

Este tipo de equipos consta de un mecanismo para sujeción de un cartucho o bote a través del cual pasa el aire inhalado para la eliminación de los contaminantes. El instrumento de sujeción del bote o cartucho puede acoplarse a la boca o a una máscara media o completa, que se acopla en la cara. Los contaminantes, dependiendo del tipo, pueden ser extraídos del aire inhalado por filtración, adsorción o absorción. Dos o más de estos métodos pueden combinarse para purificar el aire cuando existe más de un tipo de contaminantes.

Los equipos de filtrado mecánico, que usan el método de filtración para la extracción de contaminantes, ofrecen protección contra partículas existentes en polvo, nieblas y humos, pero no contra gases, vapores, monóxido de carbono, o deficiencias de oxígeno. Tienen un filtro hecho con un material fibroso que permite el paso del aire pero elimina las partículas cuando el aire se inhala. Estos filtros se hacen más eficientes con el uso pero deben desecharse cuando la resistencia a la respiración se hace incómoda. Los filtros mecánicos que se usan en la industria nuclear, tienen más del 99 % de eficiencia para partículas.

– *Equipos suministradores de aire*

* Equipos autónomos (figura 59)

Estos equipos operan con una fuente de aire u oxígeno portátil. Los cilindros de aire pueden estar equipados con una máscara de demanda que recibe aire solamente cuando se inhala, o pueden estar provistos con una máscara de presión positiva, la cual se construye de tal forma que el aire fluye a través de cualquier fuga que exista pero no fluye a través de la válvula de descarga excepto cuando se exhala. El suministro de aire dura más tiempo con la máscara de tipo demanda, pero ya que la máscara no está a presión positiva, puede inhalarse aire al exterior si la máscara no se ajusta correctamente.

Los equipos autónomos proporcionan una protección completa, contra isótopos radiactivos en el aire y contra dedificiencias de oxígeno. También permiten al que lo lleva una gran libertad de movimientos.

* Equipos de conexión a línea de aire

En esta categoría están aquellos que operan con aire comprimido a través de un tubo o manguera. Estos equipos usan ordinariamente aire comprimido procedente de sistemas de aire de la planta, o de cilindros de aire. El aire alimenta a una capucha o a una máscara completa. Estos equipos proporcionan confort al que lo usa ya que generalmente hay una ligera presión positiva en la máscara, la cual además de ser refrescante, también impide la posibilidad de fugas hacia su interior. La principal desventaja de este equipo es la necesidad de arrastrar la manguera por el área de trabajo. Se proveen unidades de filtraje en la línea de aire que eliminan vapores, aceite, y condensaciones del aire comprimido y también absorbe vapores orgánicos.

– *Máscaras (figura 58)*

La mayoría de los equipos respiratorios pueden usarse con la media máscara o la máscara completa. La media máscara cubre solamente la nariz y la boca. La principal limitación de esta máscara es la posibilidad de fuga a través de los bordes. Se ha comprobado que es propensa a fugas a través de la válvula de descarga y de la adaptación al filtro. Ya que la media máscara sólo viene en un tamaño standard, es evidente que no se acoplará igual a unos individuos que a otros.

Para cualquier media máscara, se supone que se acoplará aproximadamente al 70 % de los individuos. La media máscara debe usarse para niveles muy bajos de actividad. Por esta razón, se usan generalmente las máscaras completas para todos los niveles de actividad en las plantas nucleares.

Las máscaras completas son más fáciles de adaptar a una variedad de contornos faciales, y puede suponerse que se logra una perfecta adaptación para el 85-95 % de los individuos. Es posible obtener una penetración menor del 1 % para una máscara completa perfectamente ajustada. Debe recordarse que las personas que usen gafas tendrán dificultades para obtener un perfecto ajuste de la máscara completa. Se pueden disponer de gafas con monturas especiales que se sujetan dentro de la máscara.

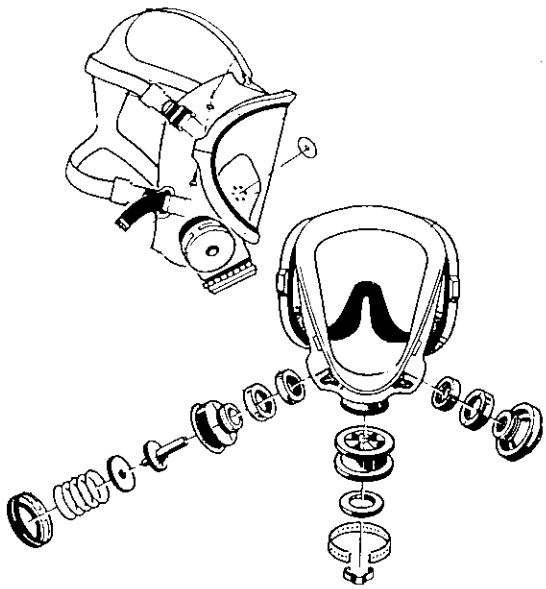


FIGURA 58.

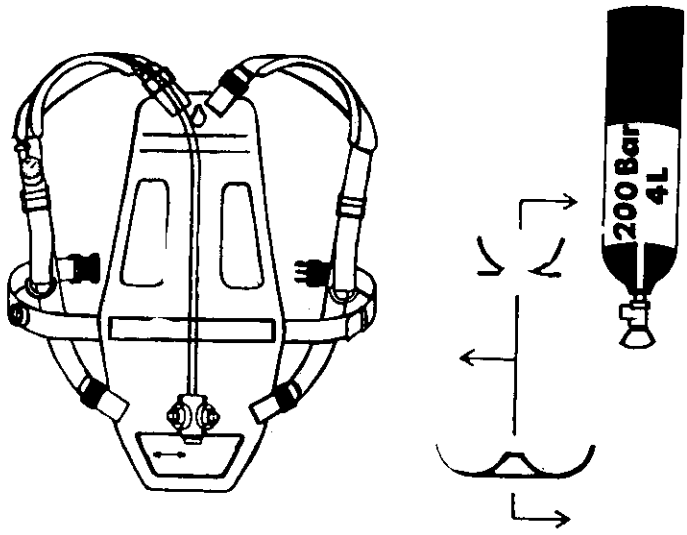


FIGURA 59. PORTABOTELLAS DE EQUIPO AUTONOMO

CAPITULO 7

PLAN DE EMERGENCIA INTEGRADO

INTRODUCCION

Dentro del concepto de "Seguridad a ultranza" utilizado en seguridad nuclear o radiactiva o en cualquier actividad de la que se derive o pueda derivarse un riesgo radiológico inaceptable, según la reglamentación vigente, y como ampliación de dicho concepto, se realiza una planificación de las actuaciones a seguir ante una situación de emergencia.

En este contexto, diremos que una Emergencia es la situación provocada por un accidente capaz de superar las barreras que permiten la protección de las personas y los bienes. De modo que un Plan de Emergencia constituye una barrera más frente a sucesos que aunque tienen una probabilidad de ocurrencia muy pequeña, pueden derivar hacia unas consecuencias radiológicas más o menos graves para las personas y sus bienes

En nuestro país, por razones históricas y administrativas existen dos Planes de Emergencia asociados a las Instalaciones Nucleares y Radiactivas. El llamado Plan de Emergencia Interior y el Plan de Emergencia Exterior. Pero aun cuando su finalidad es la misma, obedecen a planteamientos distintos.

El Plan de Emergencia Interior es elaborado por el titular de la Instalación y forma parte de la documentación que éste habrá de someter a las Autoridades Competentes (MIE, CSN).

El Plan de Emergencia Exterior es elaborado por la Dirección General de Protección Civil teniendo en cuenta los criterios emanados del Consejo de Seguridad Nuclear, que participa en su aprobación por la Comisión Nacional de Protección Civil.

Esta distinción que legal y técnicamente es justificable, no es adecuada en el momento de producirse una situación de Emergencia. Por lo que, tanto la Dirección General de Protección Civil como el Consejo de Seguridad Nuclear han convenido en considerar ambos planes como un único **Plan de Emergencia Integrado,** que si bien mantiene la separación de ambos planes, los contenidos de ellos se ven correlacionados.

En este tema expondremos las características de ambos planes y las relaciones funcionales y orgánicas existentes entre ambos o interfase.

PLAN DE EMERGENCIA INTERIOR

El Plan de Emergencia Interior es el que es competencia de la entidad titular de la licencia de la instalación. Este Plan está constituido por una Documentación escrita en la que se describen los distintos aspectos del Plan de modo que el titular se responsabilizará de tener preparados:

– Una ORGANIZACION cuyo tamaño será acorde con el tipo de suceso anormal que se presente (medios a activar) y estará también en función de la potencialidad o daño de la instalación considerada en el Plan.

– Unos PROCEDIMIENTOS ESCRITOS que permitan hacer frente a la emergencia. En dichos procedimientos se elaborarán las INSTRUCCIONES que señalan las acciones a realizar en caso de emergencia. Estos procedimientos pueden dividirse en dos clases:

* Los necesarios para llevar la instalación a una CONDICION SEGURA.

* Los necesarios para hacer mínimo el riesgo de exposición a las personas.

De modo que el titular ha de tener prevista una Organización más o menos compleja en la que se define:

Un responsable llamado DIRECTOR DE EMERGENCIA que habrá de:

1. Formar y/o activar el resto de la organización.

2. Hacer cumplir los procedimientos escritos según el tipo de suceso para minimizar el riesgo de exposición y llevar la instalación a condición segura.

Además de las misiones antes reseñadas dicha organización deberá:

1. Notificar con prontitud y fiabilidad la situación que se presente a las Autoridades competentes, en especial al Consejo de Seguridad Nuclear y al Gobierno Civil de la provincia.

2. Disponer de los medios para apoyar a las Autoridades en la toma de decisiones.

3. Los medios humanos y materiales que deberán ser activados tanto en el propio emplazamiento como en el Centro de Apoyo Exterior del Titular, los Centros Sanitarios con los que se tengan concertadas prestaciones para estos casos.

CLASES DE ACCIDENTES EN CENTRALES NUCLEARES

La evaluación de la seguridad de la central comprende necesariamente la valoración de las consecuencias de un gran número de accidentes, que van desde el más pequeño contratiempo hasta los sucesos verdaderamente catastróficos. La secuencia específica de desarrollo del accidente depende básicamente del tipo de reactor y de los detalles de diseño y operación de los sistemas de seguridad incorporados. Por lo tanto, trataremos en principio de un modo genérico los posibles accidentes dividiéndolos en cuatro grupos:

i) Accidentes de reactividad.

ii) Accidentes de fallo de refrigeración.

iii) Accidentes de manejo del combustible.

iv) Accidentes inducidos por el emplazamiento.

Los accidentes de reactividad son aquellos en los que el reactor se vuelve incontrolablemente supercrítico y produce energía a una velocidad excesiva para la capacidad del sistema de extracción del calor del combustible aunque el sistema de transporte de calor pueda estar en buen estado. A menudo se clasifican en Transitorios de Potencia (subida "corta y lenta" de potencia por encima de la nominal) y Excursiones de Reactividad (subida muy rápida de la potencia). En ambos casos, el daño origina la fusión (total o parcial) o incluso vaporización del combustible. Un accidente severo de este tipo puede dañar por choque térmico la barrera de presión. Ambos efectos, la expansión del combustible evaporado y las explosiones de vapor resultantes de la mezcla rápida de combustible fundido y refrigerante a una presión de vapor más elevada, han sido postulados como mecanismos posibles de conversión energética. En ambos casos, la explosión podría amenazar la integridad de la vasija del reactor.

En los accidentes de fallo de refrigeración lo que se deteriora de algún modo es la capacidad de transporte de calor hasta un punto en que se produce el sobrecalentamiento del núcleo aunque no se exceda la potencia térmica nominal del reactor. Estos accidentes pueden originarse desde un número de puntos distintos. En el sistema primario el transporte adecudo del calor se realiza si el caudal, la temperatura y la cantidad total del refrigerante son los previstos. De modo que, los accidentes de este tipo pueden producirse por obstrucciones en los lazos de refrigeración o bien por fallos de bombeo. Las obstrucciones en el flujo conducen más probablemente a una falta de flujo local del núcleo mientras que los fallos de bombeo afectan más probablemente a una parte importante o a la totalidad del núcleo. Los fallos en el bombeo pueden ser evitados con más de un lazo de refrigeración, sin embargo, los fallos en el flujo pueden dar lugar a elevaciones inaceptables de temperatura en el núcleo, puesto que pueden impedir la extracción del calor. Además de estos accidentes, el fallo en el secundario (en reactores de agua a presión) del flujo de refrigerantes, o la pérdida de refrigeración del condensador de la turbina puede también dificultar la extracción de calor. Finalmente, la pérdida

de refrigerante del sistema primario puede considerarse como un gran problema si la ruptura producida en un lazo de refrigeración es considerable.

Los fallos antes citados son los más importantes cuando el reactor funciona a toda su potencia. No obstante, no deben despreciarse los peligros que entraña un reactor funcionando a "baja potencia" donde se puede producir una súbita excursión nuclear u otros accidentes que pueden producirse en la recarga del combustible.

Estos últimos constituyen el tercer grupo de accidentes antes referidos tanto en aquellos reactores en que la recarga se produce "en frío" como en las que se reproduce a potencia nominal. Como ejemplo de estos accidentes citaremos el deterioro de la integridad de los elementos combustibles por choques (pérdida de manutención), o el deterioro de los elementos combustibles por pérdida de refrigeración.

El cuartro grupo de accidentes incluye aquellos que resultan de fenómenos exteriores o inducidos por el emplazamiento, bien sean naturales o producidos por el hombre: viento, hucaranes, inundación, desprendimiento de tierra, terremotos, impactos de aviones y otros. La mayoría de ellos afectan inicialmente a la tercera barrera, esto es a la contención, para contrarrestar este tipo de situaciones el factor a considerar más cuidadosamente es el emplazamiento, en especial respecto a la sismicidad e inundaciones.

– *Clasificación de accidentes:*

Existen varias clasificaciones de accidentes. Vamos a citar una utilizada en EEUU (por lo tanto relacionada con la mayoría de las CCNN de nuestro país) en la preparación del Informe Ambiental. Esta clasificación ordena los accidentes según sea la penetración de los materiales radiactivos a través de las barreras de los productos de fisión.

CLASE	DESCRIPCION	EJEMPLOS
1	ACCIDENTES TRIVIALES.	Pequeñas fugas en la contención.
2	PEQUEÑAS FUGAS FUERA DE LA CONTENCION.	Fuga y rotura de tuberías.
3	FALLOS DEL SISTEMA DE RESIDUOS RADIACTIVOS.	Fallo de equipo. Error humano. Liberación de residuos gaseosos contenidos en tanques o de residuos líquidos contenidos en depósitos de almacenamiento.
4	ESCAPES DE RADIACTIVIDAD AL SISTEMA PRIMARIO (BWR).	Defectos en la vaina del combustible de operación normal. Transitorios que superan los límites y dañan el combustible.

5 ESCAPES DE RADIACTIVIDAD EN EL SISTEMA PRIMARIO Y SECUNDARIO (PWR).	Fugas en el generador de vapor (PWR), con daños en el combustible. Defectos en las vainas y fugas en el generador de vapor. Transitorios que superan los límites e inducen fallos en el combustible que superan lo esperado y fugas en el generador de vapor.
6 ACCIDENTES DE RECARGA DEL COMBUSTIBLE EN EL INTERIOR DE LA CONTENCION.	Caída de elemento combustible. Caída de objeto pesado sobre el combustible en el núcleo. Fallo mecánico de manutención o pérdida de refrigerante en el canal de transferencia.
7 ACCIDENTES CON EL COMBUSTIBLE IRRADIADO FUERA DE LA CONTENCION.	Caída del cofre de blindaje, pérdida de refrigeración del cofre, incidente de transporte en el emplazamiento.
8 SUCESOS INICIADORES CONSIDERADOS EN LA EVALUACION DE LAS BASES DE DISEÑO DEL INFORME DE SEGURIDAD.	ACCIDENTES DE PERDIDA DEL REFRIGERANTE. – Ruptura de una línea de instrumentación que penetra en la contención del primario. TRANSITORIOS DE REACTIVIDAD. – Accidente de eyección de barra de control (PWR). – Accidente de caída de barra de control (BWR). RUPTURA DE LINEA DE VAPOR QUE PRODUCE UNA DISMINUCION DEL FLUJO DE REFRIGERACION (en los PWR fuera y en los BWR, dentro de la contención).
9 MAS SEVEROS QUE LOS DE LA CLASE 8.	SECUENCIA INCREIBLE DE SUCESOS IMPROBABLES. – Pérdida sucesiva de las barreras de contención. Ejemplo: Accidente de pérdida de refrigerante (LOCA) más la pérdida total de suministro de energía eléctrica externa (RED) e interna (DIESEL Y ACUMULADORES). SUCESO UNICO REMOTO DE GRANDES PROPORCIONES. Ejemplos: Ruptura instantánea de la vasija. Choque contra la contención un aeroplano civil pesado o un aeroplano militar con su dotación de bombas.

EL MAXIMO ACCIDENTE PREVISIBLE

El concepto de riesgo está íntimamente unido a toda actuación humana. La probabilidad de hecho adverso se percibe siempre unida al daño producido. Estos dos elementos: probabilidad y daño son los constituyentes esenciales del riesgo y son siempre valorados de un modo consciente o inconsciente. A

veces, podemos calcularlos con precisión, pero esto no sucede siempre así. Hay tres formas o métodos de cálculo del riesgo:

– El método actuarial que se basa en el uso de un amplio volumen de datos estadísticos, este es el método utilizado por las Compañías de Seguros que no es muy útil en el caso de los accidentes nucleares debido a que hasta ahora los habidos no constituyen una muestra suficientemente representativa. Sin embargo, este es el método utilizado para el cálculo de fiabilidad de los sistemas de una central nuclear pues la probabilidad de fallo de sus componentes puede obtenerse de las estadísticas industriales convencionales.

– El método del "peor caso" se basa en la selección del peor conjunto de circunstancias deseables que produzcan las peores consecuencias. La selección es claramente subjetiva y las consecuencias pueden, por lo tanto, ser irreales. Además no hay consideraciones cuantitativas sobre la probabilidad de las circunstancias que conducen a tales consecuencias. Este método es el único disponible cuando se carece de la información actuarial. Un ejemplo de ello es el concepto de MAXIMO ACCIDENTE CREIBLE utilizado desde los primeros días en la industria nuclear, que sirvió y sirve todavía, como concepto básico de Autorización.

– El método analítico se basa en una combinación de algunos datos primarios actuariales, que comprenden principalmente los componentes de los sistemas de la central junto con datos sobre el comportamiento humano, y un conjunto de técnicas analíticas que describen de qué modo la situación de los elementos básicos puede afectar a todo el sistema, analizando los fenómenos físicos asociados con los estados de fallo y determinando las consecuencias derivadas de dichos fenómenos. Un ejemplo de este método es el Reactor Safety Study, más conocido como Informe Rasmussen.

El uso del método del peor caso para calcular el riesgo es equivalente a la llamada metodología determinista usada en la concesión de autorizaciones mientras que el uso del método analítico recibe el nombre de metodología probabilística en dicha concesión. El primero en usarse fue el método determinista y tal ocurrió en los Estados Unidos, pero al aumentar la potencia de las centrales las exigencias que planteaba el accidente máximo creíble diseñado hizo casi irreales las características que debía cumplir el emplazamiento.

En efecto el llamado MAXIMO ACCIDENTE CREIBLE se describe como aquel accidente que dará lugar a la liberación de productos de fisión en el edificio de contención, cuya integridad se suponía durante todo el accidente. Y el escape gaseoso consistía en aproximadamente el 100 % del inventario de gases nobles, el 50 % de los halógenos y el 1 % de los productos volátiles (partículas). Esta mezcla se supone que fuga de la contención a una velocidad definida por la prueba de presión de la contención (0,1 % al día es un valor usado). Se consideró que tal escape era debido al deterioro del núcleo por la falta de refrigeración debida a la ruptura del circuito primario.

La dispersión de los radioisótopos liberados se calculó también de manera determinista, usando unos valores para los parámetros de dispersión atmos-

férica que reflejaban unas pobres condiciones meteorológicas, en vez de promedios. También se consideró la contaminación de las aguas empleando la metodología del peor caso.

La utilización de este concepto de MAXIMO ACCIDENTE CREIBLE a las centrales de mayor potencia produjo el desarrollo de nuevos sistemas de seguridad:

* Contenciones con bajas tasas de fugas.

* Contenciones dobles.

* Sistemas de aspersión en la contención para disminuir la presión mediante la condensación del vapor de agua.

* Sistemas de extracción de calor de la contención.

* Sistemas de limpieza del aire de la contención, incluyendo el uso de aditivos en el sistema de aspersión de la contención.

* Sistemas redundantes de refrigeración de emergencia del núcleo.

Todos estos sistemas, como sabemos, recibieron el nombre de Salvaguardias Tecnológicas, la adición de tales sistemas a las tres barreras –vaina, barrera de presión y la propia contención–, instaladas para evitar la liberación incontrolada de radioactividad, junto con los métodos administrativos de control –control de calidad, y sistema de Autorizaciones administrativas– forman la llamada MATRIZ DE SEGURIDAD (TABLA 9.1).

De modo que las salvaguardias tecnológicas se diseñan por un accidente de probabilidad remota (especialmente las de la Contención) el Accidente Base de Diseño que es el de Clase 8, Accidente de Pérdida de Refrigerante (LOCA) en el que se supone una pérdida instantánea de la segunda Barrera (por la llamada ruptura en guillotina de un lazo del primario) que conlleva a la pérdida sucesiva de las demás, si no actuasen dichas Salvaguardias.

TABLA 9.1

LA MATRIZ DE LA SEGURIDAD

BARRERAS MULTIPLES	VAINA	BARRERA DE PRESION	CONTENCION
Salvaguardias Tecnológicas	Sistema de Protección del Reactor	Sistema de Refrigeración de Emergencia del Núcleo	Salvaguardias de la Contención
Control Administrativo	Control de la Calidad de los Componentes	Sistema de Garantía de la Calidad	Autorizaciones Administrativas

CLASIFICACION DE LAS SITUACIONES DE EMERGENCIA

De menor a mayor gravedad en el siguiente orden:

1. SUCESO ANORMAL NOTIFICABLE: En esta clase se incluye toda circunstancia o incidente de carácter limitado en extensión o gravedad que pueden tener o no un efecto directo sobre la operación de la central y que por sí solos no suponen una amenaza inminente para la seguridad.

Ejemplos:

* Puesta en marcha automática del Sistema de Refrigeración de Emergencia del Núcleo.

* Superación de algún límite de seguridad nuclear de las Especificaciones Técnicas de la Central. Esto es, de los Límites Técnicos de Operación, de las Condiciones y los Requisitos impuestos en la planta en interés de la salud y seguridad del público y del medio ambiente.

* Incendios con duración superior a una dada, pero que no afectan a sistemas de seguridad nuclear.

* Fenómenos sísmicos que activan la instrumentación de vigilancia sísmica.

* Etcétera.

2. SITUACION DE ALERTA DE EMERGENCIA: En esta clase aun cuando ni la Central ha sufrido daños ni su personal tampoco e incluso puede que no sea necesario cambiar inmediatamente el estado de la planta, pero se reconoce que hay que tomar precauciones.

Ejemplo:

* Fenómenos naturales severos como inundación, terremotos que puedan afectar la seguridad de la central.

* Incendios importantes en los alrededores del emplazamiento o en la propia central.

* Liberadión de gases tóxicos o explosión en ruta de transporte cercana.

* Fallos de dispositivos que pueden afectar a la seguridad nuclear y por lo tanto conducir a descargas inaceptables de radiactividad.

* Incidentes en centrales cercanas.

* Amenazas contra la seguridad física de la central.

* Etcétera.

3. EMERGENCIA EN EL EMPLAZAMIENTO: Esta situación supone la posible descarga accidental de materiales radiactivos que puede extenderse más alla de la central y que según la información y la evaluación realizada, es improbable que exija adoptar medidas de protección en el exterior del emplazamiento.

Ejemplo:

* Situaciones tales que los monitores de zona y de fuentes no señalan efectos radiológicos inaceptables en el exterior del emplazamiento.

* No existen fallos intolerables en la hermeticidad del circuito primario ni de la contención.

4. EMERGENCIA EN EL EXTERIOR DEL EMPLAZAMIENTO (EMERGENCIA GENERAL): Una situación de emergencia en el exterior del emplazamiento es aquella que tiene como origen la liberación de materiales radiactivos en cantidad tal que es necesario adoptar medidas de protección en el exterior del emplazamiento y será necesaria la evacuación del emplazamiento de las personas cuya presencia no sea esencial.

MEDIDAS DE ACTUACION EN CASO DE EMERGENCIA INTERIOR

La organización del titular

A) DISPOSITIVO EN EL EMPLAZAMIENTO. Está formado por:

– DIRECTOR DE EMERGENCIA que se encargará de la dirección general de las operaciones para hacer frente a tal situación en el emplazamiento y para mantener los enlaces de comunicación necesarios (Sede de la Entidad explotadora, Consejo de Seguridad Nuclear, Autoridades, etc.). Entre sus funciones podemos destacar:

* Declarar la Situación de Emergencia.

* Avisar a todas las personas que se encuentren en el emplazamiento, y controlar su número y situación.

* Informar al órgano reglamentador (CSN) y a las autoridades públicas según esté estipulado en el Plan.

* Adoptar medidas para el tratamiento de los lesionados.

* Llevar un registro de sucesos, datos y su evaluación.

* Mantener informados y asesorar a las entidades y organismos especificados en el Plan.

* Ordenar la evacuación del emplazamiento, y asesorar sobre la evacuación en el exterior.

* Mantener la seguridad.

* Dirigir la vigilancia radiológica.

* Adoptar medidas para limitar los daños.

* Declarar el final de la emergencia de acuerdo con el Plan.

– Personal de la Central. El Plan asignará unas funciones concretas al personal de la Central, con respecto a las operaciones de Emergencia, funciones que abarcan:

* Funcionamiento de los sistemas de la Central.
* Funcionamiento de las comunicaciones.
* Vigilancia Radiológica en el interior y en el exterior.
* Controles de acceso a Zonas.
* Extinción de incendios.
* Operaciones de salvamento y primeros auxilios.
* Descontaminación de personas y materiales.
* Seguridad Física de la Central.
* Control y reparaciones.
* Determinación del número y situación del personal.
* Mantenimiento de los registros.

B) OPERACIONES PREVISTAS. APOYO AL DISPOSITIVO DE EMERGENCIA

– Otros departamentos de la entidad explotadora

Con el fin de proporcionar ayuda administrativa y técnica para el funcionamiento del Plan de Emergencia, pueden establecerse diversas modalidades de asignación de responsabilidades al personal de la Central y al de otros sectores de la entidad explotadora (asignado al exterior del emplazamiento). Esto se plasma en la constitución del llamado Centro de Apoyo Exterior.

– Otras entidades

Puede ser necesario concertar medidas con otras entidades. Tales conciertos deberán, si existen, estar definidos en el Plan de Emergencia, ejemplo de los mismos puede ser:

* Asesoramiento Técnico.
* Vigilancia Radiológica.
* Apoyo Logístico (Ambulancias, Servicios Médicos y Hospitalarios, Extinción de Incendios y Policía).

C) COORDINACION CON EL C. S. N. Y AUTORIDADES PUBLICAS

El Plan establecerá tal coordinación con el Consejo de Seguridad Nuclear y Autoridades Públicas: Gobiernos Civiles, Protección Civil, Policía, Servicios Provinciales de Sanidad, Bomberos, Servicios de Protección del Medio Ambiente, etc.

La información y asesoramiento por parte de la Central deberá estar especificado en el Plan, así como el tipo y capacidad de los canales de comunicación a utilizar.

D) INFRAESTRUCTURA EN CASO DE EMERGENCIA

– Centro de Control:

Normalmente el primer sitio empleado para el control de la situación durante

la emergencia será la Sala de Control, pero, en cuanto sea posible, el Centro de Operaciones de Emergencia deberá situarse en otro lugar denominado CENTRO DE CONTROL EN CASO DE EMERGENCIA, de los que podrá haber dos previstos y la dirección se transferirá a este Centro de Control, para no interferir a los Operadores de Sala de Control.

- Sistema de Comunicaciones

Existirá comunicación entre todos los puntos de importancia en el exterior y en el interior y estos sistemas deberán ser lo suficientemente redundantes y diversos para presentar en todo momento los niveles de información y comunicación adecuadas.

- Instalación de Evaluación

Se organizará un equipo de control y medida de los parámetros de la Central que permita vigilar la evolución de los accidentes. Para ello se dispondrá de Monitores Radiológicos, Monitores de Fenómenos Naturales, Laboratorios fijos y móviles, Mapas, etc.

- Instalaciones de protección

Se dispondrán tales instalaciones con bindaje, ventilación y víveres en cantidades adecuadas.

Procedimiento de Actuación

Entre los procedimientos escritos que definen las actuaciones a realizar en aplicación del Plan de Emergencia resaltaremos:

1. Asignación de funciones y responsabilidades: Rangos y distribución de tareas.

2. Medios de comunicación: Procedimientos de utilización y funcionamiento, prioridades, notificaciones y alertas, etc.

3. Movilización de personal esencial.

4. Recuento, Evacuación y Reunión.

5. Vigilancia Radiológica en Emergencia (Interior).

6. Operaciones de Intervención: Primeros Auxilios, Descontaminación, contraincendios, mantenimiento de partes esenciales, etc.

7. Controles de Acceso.

8. Vigilancia Radiológica en Emergencia (Exterior).

Esta se realiza haciendo operativo el llamado Plan de Vigilancia Radiológica en Emergencia que activa equipos móviles y equipos fijos, pertenecientes éstos a la red de detectores propia de la central situada en el exterior del emplazamiento. Tales equipos permiten la medida de los niveles de radiación y contaminación, así como la toma de muestras del medio ambiente, que se analizarán en el laboratorio de la propia Central o en otros exteriores, lo que

permite un conocimiento de las condiciones radiológicas en el exterior del emplazamiento.

PLAN DE EMERGENCIA EXTERIOR

Para hacer frente a los riesgos del funcionamiento de las centrales nucleares, los Servicios de Protección Civil redactan los Planes de Emergencia Nuclear de las provincias en las que se sitúan tales instalaciones.

Este Plan de Emergencia Nuclear de la Provincia se desarrolla bajo la responsabilidad del Gobernador Civil. Se pone en marcha cuando se prevé que un accidente en la central puede tener consecuencias radiológicas fuera del Area de Exclusión de la instalación. Por lo cual también podríamos hablar de un Plan de Emergencia Exterior (a la central nuclear).

El objetivo del Plan de Emergencia es el de evitar, o al menos reducir en lo posible, los efectos adversos de las radiaciones ionizantes sobre la población en caso de accidente nuclear.

Dado que la evolución del suceso iniciador de la Emergencia Nuclear no se produce instantáneamente sino que sigue un proceso, podemos hablar del carácter netamente preventivo de este Plan mediante el cual se definen las medidas de protección adecuadas para cada situación y con tiempo suficiente para su aplicación.

Por lo tanto, podemos aseverar que una "adecuada planificación" conlleva a una eficaz respuesta a la emergencia.

Pora obtener esta "adecuada planificación" se deben tener en cuenta los siguientes principios fundamentales:

* Notificación, por parte de la central nuclear, a la autoridad competente de sucesos que puedn inducir daños a las personas o a sus bienes.

* Evaluación de los sucesos con el fin de conocer la magnitud del daño o riesgo asociado y tomar así las decisiones oportunas para minimizar sus consecuencias.

* Establecimiento de Fases y Situaciones en concordancia con las medidas de protección que deben adoptarse.

* Actuación coordinada de las diferentes organizaciones involucradas de manera que se consiga un máximo nivel de protección.

* Conocimiento de la capacidad y de los medios, tanto humanos como materiales, necesarios.

* Información a la población afectada y al público en general.

* Mantenimiento de la efectividad del Plan a través de revisiones y entrenamientos periódicos con el personal y equipos asociados a la emergencia.

Además también hay que considerar las características específicas del entorno de una central:

* Situación geográfica del emplazamiento.

* Condiciones meteorológicas predominantes.

* Delimitación de la zona afectada.

* Distribución de la población, cultivos y ganadería en las zonas de planificación.

* Comunicaciones de la zona.

INTERFASE

Entre el Plan de Emergencia Interior y el Plan de Emergencia Exterior existe la interfase como relación funcional y orgánica entre ambos.

Esta interfase implica, por un lado, que ambos Planes comparten una comunidad doctrinaria constituida por los siguientes principios compartidos como un lenguaje común:

- Categorías.
- Fases y situaciones.
- Niveles de intervención.

Por otra parte, logra la materialización de esa comunidad doctrinaria a través del modelo de Notificación de Emergencia Nuclear, el teléfono punto a punto, el télex y el telefax entre ambos.

Asimismo asegura el conocimiento adecuado por parte del Director del Plan Provincial de aquellos procedimientos de la Central Nuclear que puedan tener incidencia en el exterior.

NOTIFICACION DE LA EMERGENCIA

Cuando el funcionamiento de la Central se sale de especificaciones técnicas pudiendo producirse emisiones anormales de efluentes radiactivos que sobrepasen las especificaciones de vertido o cuando por causa ajena a la misma se derive una situación que pueda hacer degradar su nivel de seguridad física o nuclear estamos frente a sucesos que deben ser notificados.

Una vez identificado el suceso iniciador, el Director de Emergencia de la Central Nuclear lo notificará al Centro de Coordinación Operativa del Gobierno Civil de la Provincia en que está emplazada la Central (CECOP) y al Consejo de Seguridad Nuclear (SALEM) buscando un equilibrio entre la prontitud en realizar la notificación y el detalle de la misma.

Los datos que se notifican deben ser concisos y contener la información suficiente para que la Dirección del Plan pueda conocer con claridad la situación y en base a ello actuar consecuentemente.

A continuación se indica el formato modelo de notificación en Emergencia Nuclear (Anexo-1) y las Normas para cumplimentar el modelo para las comunicaciones que se realizen con objeto de informar de situaciones de emergencia de cualquier categoría (Anexo-1).

Quizá en un primer momento no se conozca o no sea posible determinar todos los datos, pero según la práctica seguida en seguridad radiológica esta carencia se sustituye por hipótesis conservadoras que aseguren una sobreestimación de los efectos.

El CECOP y el SALEM efectuarán la verificación de la notificación comprobando su autenticidad.

En la evaluación del suceso se puede poner la emisión o no de materiales radiactivos al exterior y se hace necesario conocer las condiciones ambientales a fin de estimar los efectos radiológicos sobre la población y limitar el área de actuación.

En base a estos efectos se podrán iniciar las medidas adecuadas.

A medida que evolucione el suceso, se podrán ir conociendo más datos que hagan posible un conocimiento realista de la situación y así decidir sobre las medidas de protección de la población a aplicar de forma más rigurosa.

Las decisiones a tomar por el Director del Plan han de estar basadas, en cuanto a su aspecto radiológico se refiere, en las evaluaciones realizadas con los datos disponibles.

Estas evaluaciones tienen como finalidad la estimación de los efectos radiológicos que pueden producirse a causa del suceso. Este concepto de cálculo "apriorístico" permite a la Dirección del Plan tomar las medidas correspondientes a fin de garantizar a la población un nivel de protección radiológica en consonancia con los criterios establecidos por el Consejo de Seguridad Nuclear.

CATEGORIAS

Los posibles o razonablemente hipotéticos accidentes que pueden ocurrir en una central nuclear de potencia quedan clasificados en cuatro categorías, según la liberación máxima de material radiactivo que, a consecuencia de una evolución pesimista del suceso iniciador, sale al exterior.

Los radionucleidos considerados para el establecimiento de tales categorías se agrupan en gases nobles y radioyodos, según la práctica usual seguida y las recomendaciones internacionales al respecto. No obstante en la Guía del Consejo de Seguridad Nuclear "Modelo Dosimétrico en Emergencias Nucleares" se considera de forma individual aquellos que han de tenerse en cuenta en la evaluación de los efectos radiológicos.

Categoría I

La constituyen aquellos sucesos de los que no se derivan vertidos al medio, no obstante como medida de precaución han de ser comunicados a las Autoridades.

Categoría II

La constituyen sucesos que en caso de evolución desfavorable pueden liberar:

0,37 PBq (10^{1} Ci) de gases nobles.

370 GBq (10 Ci) de radioyodos.

Categoría III

La constituyen sucesos que en caso de evolución desfavorable pueden liberar:

37 PBq (10^{6} Ci) de gases nobles.

0,037 PBq (10^{3} Ci) de radioyodos.

Categoría IV

La constituyen sucesos que en el caso más desfavorable de su evolución conducen a la fusión total o parcial del núcleo, por concatenación de fallos de las salvaguardias tecnológicas, incluida la contención. Según las hipótesis más conservadoras actualmente consideradas, la liberación puede alcanzar:

$1,4 \times 10^{4}$ PBq ($3,7 \times 10^{8}$ Ci) de gases nobles (*).

$6,7 \times 10^{3}$ PBq ($1,8 \times 10^{8}$ Ci) de radioyodos (*).

Teniendo pues clasificados los sucesos iniciadores en categorías, y siempre con miras a obtener la protección máxima a la población, cuando se identifica uno de ellos puede preverse conservadoramente, la actividad liberada.

Una vez clasificados estos sucesos iniciadores en categorías se correlacionan con los efectos que puedan producir según el nivel de dosis absorbida por la población.

Esta dosis vienen condicionada fundamentalmente por:

* Gravedad del incidente que se puede definir en función de la cantidad de sustancias radiactivas que puedan salir al exterior.

* Condiciones meteorológicas, incluida dirección del viento, que permitirá estimar las condiciones en que dichas sustancias se van a difundir en la atmósfera, cómo se depositan sobre el suelo y cuál es la dirección más probable hacia la que se van a dirigir.

* Distancia a la central nuclear, pues la probabilidad de verse afectados por las radiaciones disminuye a medida que nos alejamos del foco emisor.

En función de estos valores obtenidos se deciden las medidas de protección a la población a adoptar.

NIVELES DE INTERVENCION

El Consejo de Seguridad Nuclear establece unos Niveles de Intervención o "niveles de referencia", que son valores de dosis equivalente esperada en una zona y que coinciden con los de la Comunidad Económica Europea (julio 1982), para definir la situación de emergencia que conviene adoptar.

* Nivel inferior de intervención: define dosis por debajo de las cuales no está justificada la adopción de las medidas de protección a la población que se indican.

DOSIS EQUIVALENTE mSv (rem) (*)

Medida de protección	Todo el cuerpo	Tiroides, pulmón u otros órganos individualmente considerados
CONFINAMIENTO	5 (0,5)	50 (5)
PROFILAXIS	–	50 (5) sólo tiroides
EVACUACION	100 (10)	300 (30)

(*) Expresada en milisievert y rem.

* Nivel superior de intervención: define dosis por encima de las cuales, sí está justificada la adopción de las medidas de protección a la población que se indican.

DOSIS EQUIVALENTE mSv (rem) (*)

Medidas de protección	Todo el cuerpo	Tiroides, pulmón u otros órganos individualmente considerados
CONFINAMIENTO	25 (2,5)	250 (25)
PROFILAXIS	–	250 (5)
EVACUACION	500 (50)	500 (150)

(*) Expresada en milisievert y rem.

En la práctica, los valores que se adoptan para la definición de las situaciones de emergencia son los definidos por el nivel inferior, es decir, se adopta la medida de protección correspondiente cuando se produce o se espera que se produzca una exposición que dé lugar a una dosis equivalente igual o superior a la indicada por el nivel inferior de intervención.

* Niveles de dosis para el personal de intervención en la emergencia.

El personal con misiones específicas asignadas dentro del Plan de Emergencia estará sometido a un control dosimétrico especial, a fin de asegurar que la dosis de este personal se mantiene a los siguientes niveles:

Para actividades generales a realizar dentro del Plan de Emergencia, 250 mSv (25 rem) por exposición externa o 1.200 mSv (120 rem) a la glándula tiroides. Unicamente en situaciones excepcionales se puede permitir la superación de los valores anteriores.

FASES Y SITUACIONES DE EMERGENCIA

En caso de emergencia, las medidas de protección se adoptan en función de la gravedad que para la población pueda tener el suceso. Siendo esta emergencia de carácter nuclear, las consecuencias primordiales que se consideran para la población son las radiológicas y que guardan una estrecha relación con la cantidad de sustancias radiactivas que puedan ser liberadas al exterior. Considerando los niveles de intervención (inferior y superior) las medidas de protección a adoptar se agrupan en Situaciones, las cuales, a su vez, se agrupan en dos Fases: Preemergencia y Emergencia en función de la dosis que se estime pueden recibir los grupos críticos de población como consecuencia de la emisión de material radiactivo. En los primeros momentos, y para asegurar una rápida respuesta, puede considerarse la **categoría del suceso** para establecer las Fases y Situaciones.

Fase de Preemergencia:

Viene caracterizada por sucesos que no producen vertidos anormales al exterior, o si se producen tales vertidos, los efectos generados sobre la población no alcanzan los niveles inferiores de intervención. Esta Fase contempla dos Situaciones:

- Situación O:

Cuando el suceso ocurrido es tal que es razonable que no se produzcan vertidos al exterior. No se considera necesario adoptar medidas de protección a la población.

- Situación 1:

El suceso ocurrido es tal que los efectos radiactivos, aun en circunstancias adversas, no dan lugar a dosis superiores al nivel inferior de intervención. No está justificada la adopción de medidas de protección a la población, sin embargo es recomendable implantar el control de accesos para evitar cualquier otro tipo de riesgos.

Fase de Emergencia:

Viene caracterizada por sucesos que pueden conducir a liberaciones de radiactividad que entrañen riesgos radiológicos inaceptables a la población por excederse los niveles superiores de intervención si no se adoptan las medidas de protección convenientes.

La Fase de Emergencia contempla las Situaciones 2, 3 y 4 según la estimación de las dosis a la población afectada.

- Situación 2:

La liberación, supuesta o real, es de tal magnitud que, en circunstancias ambientales adversas, las dosis a la población igualan o superan el nivel inferior de intervención, pero no sobrepasan la cuarta parte del nivel superior de intervención. Las medidas de protección a considerar son, además del control de accesos, el confinamiento de las personas en edificios, la profilaxis radiológica y la protección personal.

– Situación 3:

La liberación, supuesta o real, es tal que, en circunstancias ambientales adversas, las dosis a la población igualan o superan la cuarta parte del nivel superior de intervención, pero no lo sobrepasan. Las medidas de protección a considerar, además de las ya indicadas, son: la evacuación de grupos críticos, el control de alimentos y agua y la estabulación de animales.

– Situación 4:

La liberación, supuesta o real, es tal que, en circunstancias ambientales adversas, las dosis a la población igualan o superan el nivel superior de intervención; en este caso la medida de protección a considerar, además de las ya indicadas, es la evacuación general de la población.

En el siguiente cuadro resumimos las condiciones que definen estas situaciones.

FASES Y SITUACIONES

FASES		SITUACIONES
PREEMERGENCIA	No se esperan vertidos < 5 mSv (< 0,5 rem, < 2,5 rem) a todo el cuerpo < 50 mSv (< 5 rem) al tiroides	Situación 0 Situación 1
	> 5 mSv, < 25 mSv (> 0,5 rem, < 2,5 rem) a todo el cuerpo < 50 mSv, 250 mSv (> 5 rem, < 25 rem) al tiroides	Situación 2
EMERGENCIA	> 25 mSv, < 100 mSv, (> 2,5 rem, < 10 rem) a todo el cuerpo > 250 mSv, < 1000 mSv (> 25 rem, < 100 rem) al tiroides	Situación 3
	> 100 mSv (> 10 rem) a todo el cuerpo > 1000 mSv (> 100 rem) al tiroides	Situación 4

Asimismo, si la evolución del accidente lo hace aconsejable, el Director del Plan podría declarar la Situación que considere oportuna, aunque la estimación de dosis no corresponda con los niveles de intervención.

La declaración de una determinada Situación puede hacerse directamente, sin paso previo por situaciones anteriores, pero las acciones que deben desencadenarse en este caso tienen prioritariamente en consideración la protección a la población y acumular paralelamente las acciones previstas para las situaciones anteriores.

ZONAS DE PLANIFICACION

Los efectos de un posible accidente nuclear disminuyen con la distancia a la central, de ahí que se contemple una clasificación en zonas para la planificación en emergencia nuclear.

Estas zonas de planificación se determinan por su distancia a la central nuclear y por los efectos esperados en ellas a consecuencia del espectro de accidentes tenidos en cuenta en la elaboración del Plan.

* *Zona bajo control de explotador*

Las medidas de protección y las actuaciones en esta zona están especificadas en el Plan de Emergencia de la Central Nuclear.

Sus dimensiones quedan determinadas en las autorizaciones correspondientes expedidas por el Ministerio de Industria y Energía a favor de la Central (Autorizaciones de Puesta en Marcha, etc.).

* *Zona de exposición por submersión (Zona I)*

Se corresponde con aquel área geográfica en donde el camino crítico de exposición está asociado a la permanencia en la nube radiactiva. A consecuencia de dicha permanencia, la población soporta un riesgo radiológico por irradiación externa o interna (vía inhalación) por tanto en ella se han de considerar medidas de protección destinadas a minimizar el riesgo radiológico individual.

También se hace necesario, considerar los caminos de exposición debidos a la deposición de partículas en el terreno, con el fin de limitar las dosis equivalentes individuales y colectivas a la población que permanezca en la misma o a los equipos que intervengan en la emergencia.

* *Zona de exposición por ingestión (Zona II)*

Corresponde con aquel área geográfica en donde el camino crítico de exposición está asociado a la contaminación de alimentos debida a la deposición de partículas radiactivas en el terreno o bien sobre dichos alimentos.

A consecuencia de dicha ingestión, la población soporta un riesgo radiológico por irradiación interna. En esta zona se han de considerar medidas de protección destinadas a prevenir el riesgo radiológico a causa del consumo de productos alimenticios y agua. Tales medidas se justificarán a través de la dosis equivalente colectiva.

Esta zona comprende también a la anterior.

Según las características de las centrales nucleares que operan en España o están en construcción, los parámetros de difusión de sus emplazamientos, el perfil topográfico y la distribución demográfica, el Consejo de Seguridad Nuclear ha estimado que a fin de uniformizar desde el punto de vista de planificación las dimensiones de las zonas, y teniendo en cuenta la práctica usual de estimación de los efectos radiológicos internacionalmente aceptada, se considera, con los márgenes de seguridad adecuados, que:

La zona de exposición por submersión (o Zona I a efectos del Plan) no será superior a 10 km.

La zona de exposición por ingestión (o Zona II a efectos del Plan), no será superior a 30 km.

Así mismo, la Zona I se subdivide en tres subzonas dependiendo de las medidas de protección que en ellas se pueden tomar para la protección de la población durante la emergencia.

Subzona IA no superior a 3 km.

Subzona IB no superior a 5 km.

Subzona IC no superior a 10 km.

(Ver figura 61.)

Sector de atención preferente:

Cuando se origina en la central un suceso que puede dar lugar a la expulsión al exterior de productos radiactivos, éstos salen en forma de nube que se difunde en la atmósfera en función de las condiciones meteorológicas y de la dirección del viento.

Por lo tanto, en los primeros momentos de comenzar los vertidos radiactivos no se verán afectadas las zonas circundantes en toda su amplitud, sino que, siguiendo la dirección del viento, afectarán con anterioridad a aquellas que se encuentren situadas a sotavento.

Teniendo en cuenta los fenómenos de transporte y sus posibles fluctuaciones, el Consejo de Seguridad Nuclear considera aceptable la figura 62 como el área máxima dentro de las Zonas I y II que puede quedar afectada y sobre la que las autoridades responsables deben centrar su atención en los primeros momentos de iniciarse el vertido radiactivo.

Dada la gravedad de un suceso de Categoría IV (en la Central Nuclear) el inicio de la adopción de medidas ha de ser inmediato y huelga, por lo tanto, el hacer en un principio, cálculos que puedan demorar las decisiones a tomar. En el momento de la notificación de un suceso de tal categoría puede ser útil adoptar las siguientes situaciones:

Sector preferente	hasta 3 km	Situación 4
Sector preferente	hasta 5 km	Situación 3
Resto Zona 1	hasta 10 km	Situación 2

CATEGORIAS, FASES Y SITUACIONES

De lo anteriormente expuesto se deduce la tabla siguiente, en la que se pone de manifiesto la correlación de las Categorías, con las Fases y con las Situaciones.

Como puede observarse, el nivel superior de intersección viene establecido en 100 mSv (10 rem) a todo el cuerpo y 1000 mSv (100 rem) a tiroides. Estos

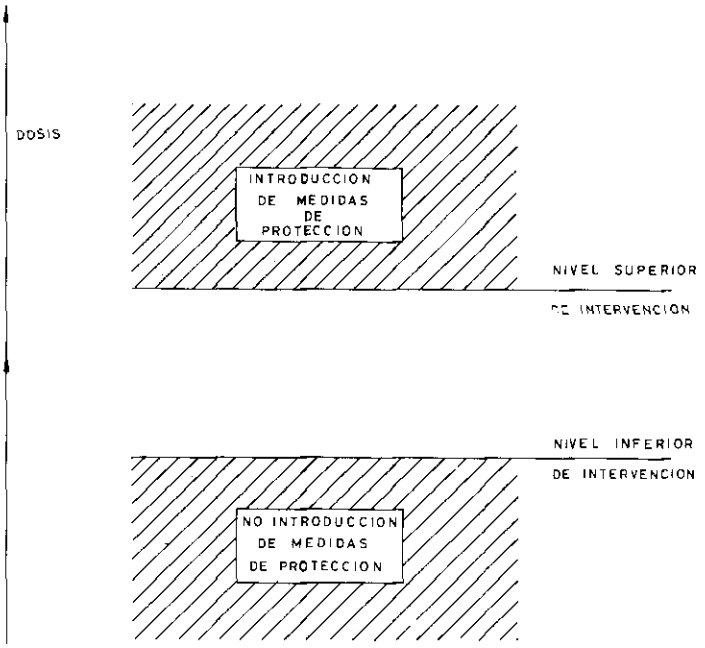


Diagrama esquematico del esquema de dosis aplicable a cada medida de proteccion

FIGURA 60.

valores están por debajo de los recomendados por la Comisión de las Comunidades Europeas.

CORRESPONDENCIA ENTRE FASES, SITUACIONES Y CATEGORIAS

FASE	SITUACION	DOSIS A CUERPO ENTERO	DOSIS A TIROIDES DE NIÑO	CATEGORIA DE SUCESO (*)
PREEMER-GENCIA	0 (**)	5 mSv (0,5 rem)	50 mSv (5 rem)	I y II
	1			III
	2	5 mSv (0,5 rem) 25 mSv (2,5 rem)	50 mSv (5 rem) 250 mSv (25 rem)	
EMERGENCIA	3	25 mSv (2,5 rem) 100 mSv (10 rem)	250 mSv (25 rem) 1000 mSv (100 rem)	IV
	4	100 mSv (10 rem)	100 mSv (100 rem)	

(*) La correspondencia entre Fases, Situaciones y Categorías de sucesos es válida en los primeros momentos de la emergencia.

(**) No se esperan vertidos.

MEDIDAS DE PROTECCION

De acuerdo con la Situación las medidas a considerar para su adopción, si procede, son las que a continuación se exponen. Nótese que cada Situación acumula las de Situaciones anteriores.

MEDIDAS	FASE PREEMERGENCIA SITUACION		FASE EMERGENCIA SITUACION		
	0	1	2	3	4
Ninguna	*				
Control de acceso		*	*	*	*
Confinamiento			*	*	*
Profilaxis radiológica			*	*	*
Protección personal			*	*	*
Control de alimentos y agua				*	*
Estabulación de animales				*	*
Evacuación de grupos críticos				*	*
Evacuación general					*
Descontaminación de personas y equipos				*	*
Asistencia sanitaria				*	*

Es preciso señalar que:

– Por debajo del nivel inferior de intervención no es necesario adoptar medidas de protección, pero es recomendable el control de accesos.

– Al alcanzar el nivel superior de intervención de la Situación 2, debe adoptarse la medida de confinamiento.

– Cuando en la Situación 4 se llegue a dosis de 500 mSv (50 rem) a todo el cuerpo, 1500 mSv (150 rem) al tiroides, debe adoptarse la medida de evacuación de la población.

– La adopción de medidas de protección, dentro del margen de apiicación, se efectuará considerando aquellos factores ambientales que condicionan el nivel de protección a la población.

RIESGOS Y DIFICULTADES EN LA APLICACION DE LAS MEDIDAS DE PROTECCION

De acuerdo con la evolución de la emergencia, el Director del Plan decretará las Fases y Situaciones en las que se aplicará una serie de medidas de protección a la población, que tienen como finalidad reducir las exposiciones a valores tan bajos como razonablemente puede conseguirse.

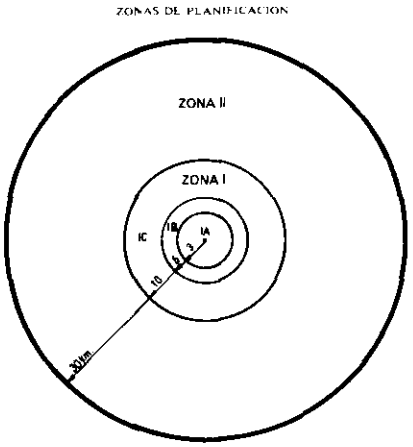


FIGURA 61.

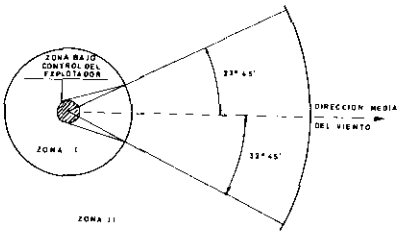


FIGURA 62.

Cuando tiene lugar un accidente de consecuencias radiológicas, los efectos asociados pueden disminuirse sensiblemente siempre que se tomen las medidas adecuadas respecto al tipo de riesgo y que esto se haga en el momento oportuno. Estas medidas han de ser suficientemente flexibles para que sean adoptadas con facilidad y sencillez. Si bien su adopción no representa un riesgo adicional, en una emergencia hay que considerar que pueden producirse entre la población otros efectos no radiológicos más graves que los radiológicos, que son los que se tratan de evitar.

Seguidamente, describiremos las medidas de protección comentando los riesgos y dificultades de su aplicación:

* Control de accesos:

Esta medida queda justificada en cualquier tipo de emergencia para un mejor desenvolvimiento del personal que haya de actuar y una más rápida y eficaz intervención en ayuda de los afectados. En el caso de emergencia nuclear, si esta medida es aplicada a zonas que puedan quedar o hayan quedado contaminadas, nos proporciona dos ventajas importantes:

1. Disminución de la dosis equivalente colectiva.

2. Reducción de la dispersión de la contaminación.

La adopción de esta medida permite disminuir el riesgo de accidentes de tráfico mediante el adecuado control de las vías de comunicación.

Las dificultades que presenta son las inherentes a la organización de la emergencia, ya que hace necesaria una respuesta rápida para establecer con prontitud, tales controles.

* Confinamiento:

Consiste en la permanencia de la población en sus domicilios, o en edificios próximos a los lugares en donde se encuentre en el momento de anunciarse la adopción de la medida.

Las ventajas que implica la adopción de esta medida son tres:

1. Un control sencillo y eficaz sobre la población, lo que permite dar una información correcta sobre los acontecimientos y la toma de otras medidas.

2. Una protección (por el efecto de blindaje de las estructuras del edificio) contra la radiación de la nube contaminante.

3. Un cierto grado de estanqueidad (mediante actuaciones sencillas) que impide la contaminación de la atmósfera interior del edificio.

Los riesgos asociados a esta medida de protección son pequeños, en el caso de núcleos poblados reducidos el riesgo es nulo prácticamente; únicamente cuando la duración del confinamiento se hace prolongada, la impaciencia puede crear situaciones conflictivas. Pero con la presencia de equipos de emergencia tales riesgos pueden reducirse sensiblemente.

Las dificultades que aparezcan son consecuencia del movimiento hacia los lugares de confinamiento o de los estados de ansiedad psicológica de algunas personas.

* Profilaxis radiológica:

Significa la ingestión de compuestos químicos estables que tienen un efecto reductor sobre la absorción selectiva de ciertos radionucleidos por determinados órganos. Tanto el Yoduro como el Yodato de Potasio son compuestos eficaces que reducen la absorción del yodo radiactivo por la glándula tiroides.

Tal medida ha de tomarse antes de que el individuo se encuentre sumergido en la nube radiactiva que contenga radioyodos o de que ingiera alimentos contaminados con este tipo de radionucleidos. Si esto no fuese posible la administración de estos compuestos ha de hacerse cuanto antes; ya que, si se hace veinticuatro horas después de haber tenido lugar la incorporación (inhalación o ingestión) del yodo radiactivo, la eficacia de bloqueo es prácticamente nula.

Los riesgos asociados a esta medida son nulos, para la mayoría de la población; no obstante pueden existir personas sensibles al yodo y presentarse algunos efectos secundarios que, de todas formas, revisten poca importancia.

La dificultad principal de esta medida consistirá en lograr una pronta distribución de los compuestos entre la población y que la ingestión sea en el momento oportuno.

* Protección personal:

Se incluye en esta medida una serie de métodos que, no obstante la sencillez de su aplicación, pueden evitar o disminuir sensiblemente la contaminación superficial o la inhalación de partículas dispersas en el aire.

El uso de prendas alrededor del cuerpo o colocadas en los orificios nasales, el taponamiento de rendijas en los accesos de edificios, la parada de los sistemas de ventilación, etc., permiten un control de la contaminación corporal y la retención de partículas en el aire.

No se incluyen equipos de protección respiratoria o vestuario especial que son utilizados por personal entrenado.

Estos métodos no presentan riesgo alguno de aplicación. Tampoco existen dificultades de adopción una vez comunicada la conveniencia de los mismos.

* Control de alimentos y agua:

Tiene como finalidad evitar la ingestión de material radiactivo contenido en productos que entren en la cadena alimentaria. Cuando una zona ha quedado afectada por la nube de radiactividad (o bien por aguas contaminadas), y hasta que no se tengan los resultados del análisis de los alimentos que en ella se producen, es recomendable prohibir su consumo y sustituirlos por otros procedentes de zonas no afectadas. Dentro de esta medida, y después de conocer tales resultados, puede decidirse: el consumo normal, el consumo restringido o diferido, la mezcla con otros alimentos o la prohibición total.

Los riesgos están asociados a la parte de la población sensible a un cambio de dieta: enfermos, ancianos o niños, pero éstos son nimios y temporales.

La dificultad radica en el abastecimiento a las poblaciones afectadas en la cantidad y con la premura de tiempo necesarias. Puede ser también difícil la aceptación de tal medida o, por el contrario, por temor psicológico, la negación de ingerir alimentos aun cuando sean radiológicamente aptos para su consumo.

* Estabulación de animales:

Esta medida tiene por objeto la protección de las personas y sus bienes mediante el confinamiento y control alimenticio de los animales que, de alguna manera, pueden ser aprovechados. Asimismo, la estabulación presenta dos ventajas adicionales:

1. Evita la propagación de la contaminación.

2. Ayuda al cuidado de los animales por los equipos de emergencia.

Los riesgos para las personas son mínimos; quizá si la adopción de la medida no se hace en el tiempo oportuno, el traslado de los animales a sus establos puede ocasionar el retraso en la aplicación de otras medidas (confinamiento, evacuación, etc.).

Las dificultades se presentan en los casos en los que los animales se encuentren lejos de sus establos y pudiera ser conveniente el llevarlos a otros lugares.

* Evacuación

Es la medida más drástica, pero la más eficaz; no obstante su aplicación ha de estar justificada por los riesgos radiológicos que se evitan y los no radiológicos que se introducen. Las condiciones más favorables para la adopción de

tal medida son las que se producen cuando aún no hay emisión radiactiva o, si se produce, la evacuación tiene lugar dentro de zonas no afectadas. Una evacuación, bien durante el paso de la nube o bien a través de zonas contaminadas, requiere la consideración de cuestiones radiológicas y ambientales, a fin de conseguir una optimización en la aplicación de la medida.

Los riesgos son los inherentes a la propia naturaleza de la medida:

* Accidentes por congestión o mala regulación en el tráfico.

* Accidentes por descuidos domésticos a consecuencia de la tensión creada.

* Empeoramiento del estado de salud de algún tipo de enfermo, etc.

Las dificultades con las que hay que enfrentarse son:

* Información al público.

* Organización para la evacuación.

* Resistencia de algunas personas a abandonar sus domicilios.

* Confusiones y desobediencia, humanamente justificables, de las instrucciones dadas por las autoridades.

No obstante, la problemática que una evacuación conlleva, tanto en los riesgos como en las dificultades asociadas, se ve simplificada cuando se trata de núcleos poco poblados.

Lo antedicho es válido tanto para la evacuación global como para la de grupos críticos.

* Descontaminación de personas y equipos:

Las personas o equipos pueden resultar a su vez contaminados, por submersión en la nube radiactiva o permanencia en zonas contaminadas. Existen diversos niveles de descontaminación, desde el simple despojo de la vestimenta o de coberturas, pasando por lavados más o menos profundos, hasta la intervención sanitaria cuando la contaminación es interna. La adopción de esta medida evita por un lado el incremento de la dosis individual y por otro la propagación de la contaminación a otras personas o lugares que incrementaría la dosis colectiva. Se debe, pues, aplicar siempre que se pase de una zona contaminada a otra sin contaminar.

Los riesgos asociados a las descontaminaciones de personas por simple cambio de ropas o lavado son nulos; únicamente podrían ser considerados los que conllevan un tratamiento sanitario en caso de contaminaciones profundas o internas.

Las dificultades han de buscarse en la disponibilidad de los medios para que la adopción de la medida sea eficaz: vestuario limpio, agua adecuada, instalaciones, etc.

* Asistencia Sanitaria.

Conviene distinguir entre las personas traumatizadas, y además irradiadas o contaminadas, y aquellas otras cuyas enfermedades son ajenas a la radiación

o son consecuencia del estado de tensión producido por la situación de emergencia. Respecto a las primeras, las centrales nucleares poseen medios para prestar los primeros auxilios y ser conducidas a instalaciones hospitalarias adecuadas para la continuación del tratamiento (se espera que solamente sea el personal de la instalación el que pueda resultar con una irradiación o contaminación tal que se haga necesario su tratamiento en instalaciones hospitalarias adecuadas). Respecto a los enfermos, impedidos o ancianos, el equipo sanitario previsto en el Plan habrá de prestar aquellas atenciones que sean necesarias en relación a su estado o las que la Dirección del Plan haya decidido adoptar. Por último, la asistencia sanitaria se hace insustituible en el caso de psicosis asociada al estado de ansiedad o tensión provocado por la situación.

No existen, pues, riesgos en la aplicación de cuidados médicos, sino todo lo contrario: la no adopción de esta medida incrementaría el riesgo (aunque no radiológico) soportado por la población.

Las dificultades radican en el hecho de poder disponer del equipo sanitario cualificado y suficiente para atender los casos que se han citado anteriormente.

Las medidas de protección a adoptar después de la emergencia en aquellas zonas que hubieran podido ser contaminadas, son:

Descontaminación de áreas:

A fin de que las áreas contaminadas puedan volver a ser utilizadas, se hace necesaria una descontaminación que permita alcanzar niveles de exposición aceptables. Esta descontaminación puede ser natural (desintegración o dispersión en el medio) o artificial mediante mecanismos de limpieza.

Los riesgos son soportados por el personal de descontaminación el cual se ve sometido a las radiaciones del terreno, y por tanto, habrá de ser controlado radiológicamente. Asimismo, puede ser un riesgo el trabajo dentro de las zonas afectadas sin equipos de protección personal.

Las dificultades aparecen cuando las condiciones atmosféricas no son adecuadas o no se dispone de lugares en donde almacenar la tierra removida o los efectos contaminados.

Traslado:

Se denomina así al que se efectúa sobre la población que tras el paso de la nube radiactiva queda sometida a la exposición debida a la contaminación del terreno y que, a consecuencia de la misma, puede recibir dosis superiores a las normalmente aceptadas.

Su diferencia con la evacuación está en que ésta se hace de forma apresurada en base a hipótesis conservadoras y sin conocimiento de la duración de tal medida, mientras que el tralado tiene un carácter más reposado, está basado en datos reales y se conoce o se puede predecir, con aproximación razonable, su duración.

El riesgo de su aplicación es similar al de la evacuación pero cuantitativamente es menor debido a la mejor preparación en la adopción de la medida.

Las dificultades son las propias de la evacuación, pero aminoradas al disponer de más tiempo y medios que facilitan el transporte y la estancia en los nuevos lugares.

ANEXO

NORMAS PARA CUMPLIMENTAR EL MODELO DE NOTIFICACION DE EMERGENCIA NUCLEAR

A continuación se exponen las normas para cumplimentar el modelo para las comunicaciones que se realicen con objeto de informar de Situaciones de Emergencia de cualquier Categoría.

Los apartados 1, 2 y 3 deberán ser cumplimentados en un primer momento después de acontecer el suceso desencadenante, rellenándose el resto de la información cuando se vayan obteniendo los datos.

APARTADO 1: Se indicará mediante una cruz a quién va dirigida la comunicación, así como la palabra clave si procede.

APARTADO 2: Se indicará el Suceso de acuerdo con las denominaciones que se establecen en los Planes de Emergencia. Se indicará la Categoría rodeando con un círculo el signo que corresponde del I al IV.

En el apartado de disparo de la Central se indicará con una cruz en el cuadro que proceda.

APARTADO 3: Se indicarán los datos reales. Velocidad en metros/segundos.

Dirección: de procedencia a destino. Sectores (NNNE...NNW).

Categoría de Pasquill A, B, C, D, E, F o G.

Se indicará mediante una cruz si llueve o no y si nieva o no.

APARTADO 4: Se indicarán los datos que procedan con una cruz en el cuadrado correspondiente y los valores en los espacios punteados.

APARTADO 5: Se indicarán los datos estimados precedidos de una E, siempre que no se cuente con datos reales.

APARTADOS 6, 7 Y 8: Se rellenarán si procede.

APARTADO 9: Se indicará aquella información que se solicite por los Organismos correspondientes y que no esté comprendida en los puntos anteriores.

Por último, hay que indicar que la notificación ha de ser firmada por el Director de Emergencia.

ANEXO 1. MODELO DE NOTIFICACION DE EMERGENCIA NUCLEAR

1.- Dirigido al Gobierno Civil Clave .....

Dirigido al Consejo de Seguridad Nuclear
Central de ..... Fecha ..... Hora ..... Télex ..... Comunicación n.º .....

2.- Suceso: .....
.....
Categoría I, II, III, IV. Hora de comienzo .....

¿Ha habido disparo de la Central? SI NO Hora .....

3.- Velocidad del viento ..... m/s Dirección: de ..... a .....
Categoría de Estabilidad ..... Llueve ..... Nieva .....

4.- ¿Ha habido emisión radiactiva al exterior? SI NO Hora .....

Actividad	Ci Xe 133 equivalente Ci I 131 equivalente		
Forma física	Gaseosa Líquida	Tipo de emisión	Continua Intermitente

Existe previsión de emisión radiactiva al exterior SI NO Hora .....

5.- Estimación de dosis fuera del emplazamiento en la dirección del viento.

	Tasa de Dosis	Dosis a todo el cuerpo estimada en ..... h	Dosis al tiroides estimada en .. h
3 km	..... rem/h	..... rem	..... rem
5 km	..... rem/h	..... rem	..... rem
10 km	..... rem/h	..... rem	..... rem

Período de estimación desde la parada del reactor hora a horas después.

6.- Necesidad de ayuda exterior SI NO

Clase de ayuda: .....

7.- ¿Existe previsión de evacuación de la central? SI NO Hora .....

8.- ¿Existe integridad de la contención? SI NO

9.- Otra información: .....

Fdo. Director de la Emergencia

CAPITULO 8

ESTRUCTURA DEL PLAN DE EMERGENCIA PROVINCIAL

INTRODUCCION

Para materializar y cumplir los objetivos previstos en la planificación de la emergencia nuclear se establece, en cada provincia donde está emplazada una central nuclear, un Plan de Actuación que describe la organización, funciones y acciones de los distintos elementos que deben intervenir en la emergencia, así como los medios con que deben estar dotados para cumplir lo establecido en dicho Plan de Emergencia Provincial.

La organización prevista se compone, en primer lugar, de un Director del Plan, auxiliado por un Comité asesor.

A continuación, y bajo este Director del Plan, se establece el llamado Centro de Coordinación Operativa (CECOP) en el que se sitúan el SACOP y el CETRA, y el Gabinete de Información y los Grupos de Acción: Radiológico, Sanitario y Logístico.

A continuación se pasa a caracterizar los distintos apartados de esta organización, a la vez que se exponen sus funciones, y acciones a realizar por tales componentes de la organización del Plan de Emergencia Provincial.

DIRECTOR DEL PLAN

El Director del Plan es el Gobernador Civil, como responsable provincial de Protección Civil. Como tal decide sobre las acciones a tomar en respuesta a la emergencia nuclear.

Sus funciones básicas son las siguientes:

- Declarar las fases y situaciones de emergencia que corresponden según las características del accidente y de las condiciones existentes.

- Decidir y ordenar las medidas a aplicar en cada una de las situaciones.

- Determinar y coordinar la información al público, tanto la destinada a adoptar medidas de protección a la población como la general asociada con el suceso.

Para desarrollar estas funciones cuenta con la asistencia de un Comité Asesor, el Centro de Coordinación Operativa (CECOP) y tres Grupos de Acción que ejecutan las medidas y acciones previstas en el Plan (figura 63).

PUESTO DE MANDO

El Puesto de Mando está situado en el Gobierno Civil; es el lugar donde se reúne el Director del Plan con el Comité Asesor, los Jefes de los Grupos de Acción y el Jefe del CECOP.

En este lugar se controlan las operaciones de emergencia, recibiendo la información de la situación que, una vez analizada, se traduce en decisiones.

COMITE ASESOR

Para asistir al Director del Plan, en los distintos aspectos relacionados con el mismo, se establece un Comité Asesor compuesto por las siguientes personas:

- Secretario General del Gobierno Civil.
- Director Provincial de Industria.
- Jefe del Grupo Radiológico.
- Jefe del Grupo Sanitario.
- Jefe del Grupo Logístico.
- Representante de las Fuerzas Armadas.
- Jefe de los Servicios Provinciales de Protección Civil.
- Representante de los Servicios Provinciales de Protección Civil de la Comunidad Autónoma en la que radique la central nuclear, designado por el órgano competente de la misma.
- Técnicos y funcionarios de la Administración Central o Autonómica u otras personas que el Director del Plan considere oportuno.

CENTRO DE COORDINACION OPERATIVA (CECOP)

Es el órgano de trabajo del Director del Plan para la dirección y control de las operaciones de emergencia. En él tienen su Puesto de Mando los Jefes de los Grupos de Acción.

El Jefe de los Servicios Provinciales de Protección Civil actúa como Jefe del CECOP y cumple las siguientes funciones:

- Auxiliar e informar al Director del Plan de la marcha de las operaciones.

- Trasladar las órdenes del Director del Plan a quienes deban encargarse de su ejecución.

- Mantener la necesaria coordinación entre los Grupos de Acción para facilitar la labor de los mismos.

- Coordinar la recepción y emisión de los mensajes que se transmiten a través del Centro de Transmisiones (CETRA), asegurando el enlace entre éste y la Sala de Coordinación Operativa (SACOP).

- Asistir a las reuniones del Comité Asesor.

- Prever la posibilidad de envío de un técnico de Protección Civil a los Centros de Apoyo activados por la entidad explotadora, cuando así lo determine el Director del Plan.

El CECOP está constituido por la Sala de Coordinación Operativa (SACOP) y el Centro de Transmisiones (CETRA).

SALA DE COORDINACION OPERATIVA (SACOP)

El SACOP está bajo la dependencia directa del Jefe de los Servicios Provinciales de Protección Civil y en él están previstos los puestos donde realizar sus funciones los Jefes de los Grupos de Acción.

Es el lugar, dentro del CECOP, donde se centraliza la totalidad de la información necesaria para la adopción de decisiones tanto por parte de la Dirección del Plan como de los mandos de los Grupos de Acción.

CENTRO DE TRANSMISIONES (CETRA)

El Centro de Transmisiones está situado en el Gobierno Civil y depende operativamente del responsable del Servicio de Transmisiones de Protección Civil. Tiene por finalidad la centralización y coordinación de todas las comunicaciones entre los mandos y los distintos servicios participantes en la emergencia.

A través de él deben poderse conectar la totalidad de los Grupos de Acción, Organización Municipal, Central Nuclear, Consejo de Seguridad Nuclear, Dirección General de Protección Civil, etc.

Es absolutamente indispensable que esa comunicación esté permanentemente asegurada con respecto a todos los participantes. Para ello se establecen los criterios de organización reflejados en el Plan de Transmisiones.

Plan de Transmisiones

El Plan de Transmisiones establece criterios de organización de las redes de transmisiones para asegurar el enlace entre los diferentes centros, servicios y equipos operativos que intervienen en una emergencia.

Por lo tanto dicho Plan de Transmisiones debe:

a) Asegurar la posibilidad de hacer llegar al CECOP, con la mayor rapidez, la información de la central nuclear y las propuestas del SALEM para que puedan ser adoptadas, con la antelación suficiente, las medidas de protección.

b) Hacer posible que el Director del Plan esté continuamente informado de los acontecimientos a fin de poder tomar las decisiones oportunas.

c) Garantizar el enlace permanente y seguro entre el Director del Plan y los Grupos de Acción, a nivel Provincial y Municipal, y de unos y otros entre sí, y las comunicaciones internas de dichos Grupos de Acción, para asegurar la ejecución y el desarrollo de las órdenes.

d) Garantizar los enlaces con todos los organismos relacionados con la operatividad del Plan y aquellos que preceptivamente deban ser notificados o activados en el nivel central de apoyo y respuesta.

Organización

– Mando: se ejercerá desde el CECOP y estará a cargo del Responsable del CETRA.

– Director: es el CETRA, que forma parte integrante del CECOP. A través de él se intercomunican todas las redes y debe tener la posibilidad de integrar redes de radio y teléfono.

– Secundarios: son los Centros de Transmisiones de los municipios (CECOPAL), de las redes del Grupo Sanitario, Logístico, de la central nuclear, etc.

– Unidades de Transmisión: pueden ser fijas o móviles, en número suficiente para que puedan enlazar todos los Servicios y Equipos Operativos del Plan. En el Plan de Transmisiones deben figurar los despliegues previstos para las unidades móviles.

Normas de empleo

– Condiciones de trabajo: todo el tráfico-radio será dirigido por el CECOP durante el tiempo que dure la emergencia.

– Frecuencias: se desarrollará un cuadro completo de valores de frecuencias que se utilizarán en las redes-radio. Asimismo figurarán los valores de frecuencia alternativa para paliar interferencias u otras anormalidades que se produzcan.

– Indicativo: se detallarán los indicativos a utilizar por cada uno de los integrantes de las redes mencionadas.

– Prioridades en el empleo de los diferentes medios de transmisión: deberán figurar las prioridades de empleo de los diferentes medios de transmisión durante el desarrollo de cada una de las acciones previstas en el Plan y para cada una de las situaciones.

Orden de llamadas:

Prioridad 0. Cese total de las comunicaciones para dar paso al corresponsal que solicite dicha prioridad 0. Se emplea para comunicados muy urgentes.

Prioridad 1. Para aquellos corresponsales que deban pasar datos de evaluación que puedan contribuir a redefinir la situación de emergencia.

– Enlaces: se establecerán las normas que aseguran el empleo correcto de las transmisiones y la disciplina que es necesario mantener. El operador se limitará a cursar los mensajes que se le ordenen no pudiendo añadir nada por su cuenta, ni hacer declaraciones a terceros. Los enalces se realizarán de acuerdo a las siguientes normas básicas:

* Verifivar mandos de control de los equipos.

* Escuchar antes de emitir.

* Identificarse correctamente, dando el indicativo asignado.

* Los comunicados deben ser cortos, evitar repeticiones.

* Proporcionar datos breves y concisos.

* Mantener el mismo nivel de voz.

* Atenerse a las indicaciones del CECOP.

* Para comunicar con otro corresponsal, solicitar autorización al CECOP y seguir sus indicaciones.

* Dejar espacios de silencio entre mensajes.

* Especificar, al cursar un mensaje, autoridad que lo envía y destinatario.

* En el enlace tierra-aire, tendrá prioridad el medio aéreo.

– Eventualidades que deben tenerse en cuenta: deben tenerse previstas las anomalías que se pueden producir en los centros de transmisión, y que son susceptibles de una rápida solución para que éstos no queden fuera de servicio. Estableciendo la vía a utilizar para que llegue al CECOP la notificación de fuera de servicio y determinar el medio alternativo.

Asimismo, se podrán desplazar a la zona de emergencia equipos del Servicio de Transmisiones del Grupo Logístico para asegurar una rápida intervención en caso de averías o nuevos requerimientos de comunicación.

– Lenguaje: es absolutamente necesario emplear en los enlaces-radio un lenguaje claro, conocido por todos y mantener una disciplina absoluta en todas las comunicaciones.

Cuando en el mensaje transmitido existe alguna palabra cuya interpretación puede dar lugar a dudas se hace necesario emplear un código fonético de deletreo normalizado. Para ello se adopta el código ICAO (International Civil Aeronautical Organization):

CODIGO FONETICO - ICAO
(International Civil Aeronautical Organization)

A	Alfa	N	November
B	Bravo	O	Oscar
C	Charlie (Charli)	P	Papa

D	Delta	Q	Quebec
E	Echo (eco)	R	Romeo
F	Foxtrot	S	Sierra
G	Golf	T	Tango
H	Hotel	U	Uniform (iuniform)
I	India	V	Victor
J	Juliett	W	Wiskey (uisk)
K	Kilo	X	X-ray (ees-ray)
L	Lima	Y	Yankee (yanki)
M	Mike (maik)	Z	Zulu

0	Sero	5	Penta
1	Uan	6	Saxo
2	Bis	7	Sette
3	Ter	8	Octo
4	Cuarto	9	Nona

Normas de actuación

Las estaciones de radio de cualquier tipo que trabajen en los canales radio de Protección Civil pero que no tienen misión específica en emergencia nuclear, así como los centros de transmisiones y usuarios se atendrán, en todo momento, a lo dispuesto en el Plan en lo relativo a condiciones de trabajo.

– Fase de preemergencia: desde el CECOP se realizarán las notificaciones y localizaciones que se establezcan en el Plan. Para facilitar estas operaciones se elaborarán cuadros que reseñen las notificaciones y localizaciones correspondientes y los medios a emplear indicando las prioridades en el empleo.

– Fase de emergencia: se activarán la totalidad de las redes que figuran en el Plan. Se elaborarán cuadros y gráficos donde se reseñarán las notificaciones.

Medios

Se utilizarán medios propios de Protección Civil, tanto alámbricos como inalámbricos, y aquellos otros que activados y puestos al servicio de la emergencia aseguren el cumplimiento del Plan de Transmisiones.

GABINETE DE INFORMACION

Con dependencia directa del Director del Plan se constituye el Gabinete de Información dentro del Gobierno Civil.

Tiene asignadas las siguientes funciones:

– Difundir las órdenes, consignas y recomendaciones orientativas que el Director del Plan dicte, a traves de los medios de comunicación social pertinentes.

– Centralizar, coordinar y preparar la información general sobre la emergencia, de acuerdo con el Director del Plan, y facilitarla a los medios de comunicación social.

- Informar en relación con la emergencia a cuantas personas lo soliciten.

- Obtener, centralizar y facilitar toda la información relativa a contactos familiares, localización de personas y datos referidos a los posibles evacuados y trasladados.

GRUPOS DE ACCION

La ejecución de las medidas y acciones previstas para el desarrollo del Plan se estructuran a través de tres Grupos de Acción:

- Grupo Radiológico.
- Grupo Sanitario.
- Grupo Logístico.

La organización y funciones de cada grupo se desarrollan a continuación.

Grupo Radiológico (Figura 64)

Es el responsable de seguir y evaluar la emergencia desde el punto de vista radiológico y proponer a la Dirección del Plan las medidas de protección para la población a adoptar.

Tien asignadas las siguientes funciones básicas:

- Estimar la evolución del suceso iniciador con el concurso de todos los medios humanos y técnicos del Consejo de Seguridad Nuclear, en base a los estudios de riesgo vigentes y otras técnicas.

- Medir y analizar los niveles de radiación y contaminación (interna y externa).

- Estimar los efectos radiológicos del suceso sobre la población de conformidad con la guía del Consejo de Seguridad Nuclear "Modelo Dosimétrico en Emergencia Nuclear".

- Proponer a la dirección del Plan las medidas de protección a la población adecuadas.

La organización de este Grupo de Acción se estructura de acuerdo con el siguiente organigrama, para el cumplimiento de las funciones asignadas.

Jefe del Grupo Radiológico

El Jefe del Grupo Radiológico será designado por el Consejo de Seguridad Nuclear. El Director del Plan designará un Segundo Jefe entre Técnicos de la Administración Central o de las Comunidades Autónomas atendiendo a su preparación técnica y cargo que desempeñe.

El Segundo Jefe del Grupo Radiológico sustituirá al Jefe del Grupo en sus ausencias y aistirá al mismo en el cumplimiento de sus funciones.

El Jefe de Grupo, o Segundo Jefe, será asistido técnicamente, desde los primeros momentos, por el Consejo de Seguridad Nuclear, a través de su Sala

de Emergencias (SALEM) ubicada en este Organismo, que podrá desplazar parte de sus miembros al CECOP de ser necesario.

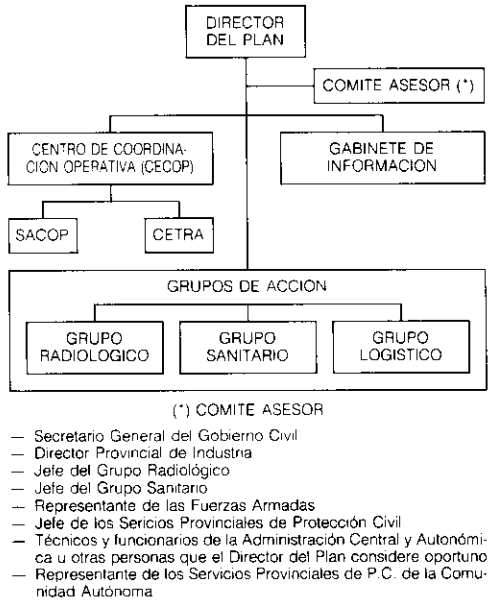


FIGURA 63. ORGANIGRANA DEL PLAN PROVINCIAL.

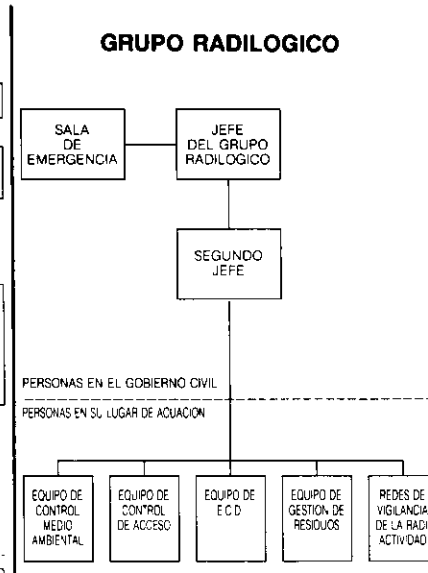


FIGURA 64. GRUPO RADIOLOGICO.

La Asistencia Técnica del Consejo de Seguridad Nuclear consiste en la estimación de la dosis basada en la información procedente de la central, o bien, en medidas ambientales efectuadas por equipos móviles, portátiles o fijos.

Como resultado de dicha estimación se extraerán conclusiones en forma de propuestas sobre las medidas de protección a tomar, las zonas en donde dichas medidas han de aplicarse, la selección de las Estaciones de Clasificación y Descontaminación (ECD) y de las Areas Base de Recepción Social (ABRS), las vías de evacuación y cualquier otra información relacionada con la Protección Radiológica. Estas propuestas se elevan por medio del Jefe del Grupo Radiológico a la Dirección del Plan.

El Jefe del Grupo Radiológico tiene las siguientes funciones:

- Asesorar al Director del Plan, formando parte del Comité Asesor.

- Aplicar las directrices del Plan en su aspecto radiológico, en constante comunicación con el SALEM.

- Recabar y analizar la información suministrada por la central accidentada, los equipos de Protección Radiológica y la Red de Alerta a la Radiactividad, coordinando y supervisando la acción de sus equipos.

- Controlar la exposición del personal de emergencia.

- Mantener contacto y recibir información del Servicio Meteorológico, para conocer la evolución temporal de las condiciones meteorológicas de la zona.

- Determinar las ayudas exteriores que sean necesarias para el cumplimiento de sus funciones.

- Colaborar en el mantenimiento de la efectividad del Plan.

- Proponer la selección de las ECD y ABRS.

Para la ejecución de dichas funciones y la obtención de las medidas ambientales dispondrá del apoyo de Técnicos Especialistas del Centro de Investigación Energético Mediambiental y Tecnológico (CIEMAT) o de otras procedencias y de la Empresa Nacional de Residuos, S. A. (ENRESA), para la gestión de residuos radiactivos y la información de la Red de Alerta a la Radiactividad (RAR).

Técnicos y Especialistas en Protección Radiológica (PR)

Estos colaboradores, bajo la supervisión del Consejo de Seguridad Nuclear instrumentalizado en la figura del Jefe del Grupo Radiológico, tendrán las siguientes funciones:

- Efectuar el control radiológico del personal, material y equipos.

- Medir la contaminación en suelo, aire, agua y alimentos.

- Medir los niveles de radiación.

- Evaluar los resultados de los análisis y controles.

- Informar a la Jefatura del Grupo de los datos y resultados obtenidos.

- Operar las unidades móviles e instrumentación portátil.

Este personal experto en Protección Radiológica (PR) cubrirá los siguientes equipos:

- Equipo de control medioambiental: dependerá del Jefe del Grupo Radiológico y estará formado por las unidades móviles, terrestres y aéreas.

Las funciones de las unidades terrestres consistirán en el seguimiento y medida del nivel de radiación de la precipitación radiactiva.

Las funciones de las unidades aéreas consistirán en el seguimiento y medida del nivel de radiación de la nube radiactiva.

- Equipo de control de accesos: dependerá del Jefe del Grupo Radiológico y estará formado por personal experto en Protección Radiológica (PR) procedente de: las centrales nucleares no accidentadas, el Consejo de Seguridad Nuclear (CSN) y el CIEMAT.

Sus funciones serán:

* Medir la contaminación en los controles de acceso.

* Dirigir a las personas o bienes contaminados a la ECD.

* Informar al Jefe del Grupo Radiológico de la situación.

– Equipo de Estaciones de Clasificación y Descontaminación (ECD): dependerá del Jefe del Grupo Radiológico y estará formado por personal experto en Protección Radiológica (PR) procedente de: las centrales nucleares no accidentadas, el Consejo de Seguridad Nuclear (CSN) y el CIEMAT.

Sus funciones principales serán:

* Control radiológico del personal, material y equipo de las ECD.

* Medir la contaminación en las ECD.

* Asesorar a los Servicios Médicos de aspectos relacionados con la descontaminación.

* Control radiológico de los efluentes y residuos generados en las ECD.

– Equipo de gestión de residuos: consta de personal de la Empresa Nacional de Residuos, S. A. (ENRESA), y tendrá su propio Jefe de Equipo que se pondrá a las órdenes del Jefe del Grupo Radiológico.

Su función es la recogida de residuos en los controles de acceso y ECD que le indique el Jefe del Grupo Radiológico.

Redes de vigilancia de la radiactividad

Dependen del Jefe del Grupo Radiológico. Las estaciones fijas de la Red de Alerta a la Radiactividad (RAR) de Protección Civil, tienen por objetivo proporcionar datos relativos a la radiación existente en las proximidades de las mismas.

En todos los núcleos urbanos de la Zona I existe, en el edificio del Ayuntamiento, una estación fija que complementa la Red y permite a las autoridades locales tener una información permanente.

La misión de los operadores de la Red es informar a la Jefatura del Grupo de los niveles de radiación que acusen los equipos.

Grupo Sanitario

Es el responsable de la asistencia sanitaria a la población. Concretamente tiene asignadas las siguientes funciones básicas:

– Aplicar las medidas profilácticas que se dictaminen.

– Asistir a las personas irradiadas o contaminadas así como a todos aquellos que necesiten asistencia sanitaria.

– Evacuar, en colaboración con el Grupo Logístico, a las personas que necesiten transporte sanitario.

– Realizar el control médico de las personas evacuadas y de las que participen en la emergencia.

La organización de este Grupo de Acción se estructura de acuerdo con el siguiente organigrama para el cumplimiento de las funciones asignadas.

GRUPO SANITARIO

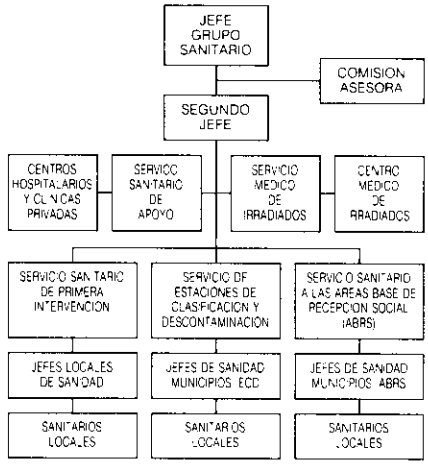


FIGURA 65.

Jefe del Grupo

El Grupo está dirigido por un Jefe que será designado por el Director del Plan entre las Autoridades Sanitarias provinciales dependientes de la Administración Central o bien de la Comunidad Autónoma.

El Jefe del Grupo Sanitario tendrá las siguientes funciones:

- Asesorar al Director del Plan en todo lo referente a los aspectos sanitarios.
- Formar parte del Comité Asesor.
- Asegurar el cumplimiento de las directrices sanitarias del Plan.
- Colaborar en el mantenimiento de la efectividad del Plan.

Para el desarrollo eficaz de estas funciones está auxiliado por una Comisión Asesora, cuyos integrantes designará entre aquellas personas que por sus competencias y funciones pueden asumir la Jefatura de los Servicios Operativos que constituyen el Grupo Sanitario.

El Jefe del Grupo Sanitario designará asimismo a un Segundo Jefe, para asistirle en el cumplimiento de sus funciones, sustituirle en sus ausencias, asegurar la adecuada coordinación entre los Jefes de los Servicios Operativos y hacerse cargo de las funciones que específicamente le delegue.

El Jefe del Grupo tendrá su Puesto de Mando en el CECOP y estará enlazado con la sede del Grupo Sanitario, definida su ubicación en cada Plan Provincial, que es el lugar desde donde se realizará la coordinación de los medios humanos y materiales con que cuentan los diferentes Servicios del Grupo.

En el Grupo Sanitario se establecen cinco Servicios Operativos para la ejecución de las funciones asignadas:

1. Servicio de Primera Intervención.

Está constituido por los equipos integrados por los Jefes Locales de Sanidad de los Municipios de la zona afectada y los Sanitarios Locales.

Estos equipos estarán a su vez dirigidos y coordinados por un Jefe del Servicio, que se mantendrá en permanente comunicación con el Jefe del Grupo Sanitario.

Los Jefes Locales de Sanidad y Sanitarios Locales que componen el Servicio de Primera Intervención tienen las siguientes funciones:

– Evaluar y proponer la prioridad en la evacuación de grupos críticos.

– Evaluar y ejecutar la evacuación preventiva de los posibles enfermos o impedidos.

– Asistir sanitariamente en los casos de traumatismos, pánico, etc. procurando paliar en lo posible las situaciones de histeria colectiva que puedan presentarse.

– Realizar tratamiento médico urgente a las personas potencialmente contaminadas, que presenten además lesiones traumáticas.

– Distribuir fármacos profilácticos contra la radiación interna cuando lo ordene el Jefe del Grupo Sanitario.

– Colaborar en la información a la población afectada sobre normas de conducta a seguir (confinamiento, ingestión de agua y alimentos, etc.).

– Recoger toda la información posible sobre el personal afectado, las incidencias sanitarias que vayan produciéndose y las necesidades de asistencia, para informar a su vez al Jefe del Servicio de Primera Intervención, y éste al Jefe del Grupo, que será quien centralice la información sobre la evolución sanitaria de la emergencia.

– Realizar el control sanitario del personal que haya necesitado asistencia y del material y equipo utilizado.

2. Servicios de Estaciones de Clasificación y Descontaminación (ECD).

Está constituido por los Jefes Locales de Sanidad y los Sanitarios Locales de los Municipios sede de las ECD. Cuenta con la colaboración del Equipo de Protección Radiológica asignado.

Las ECD serán activadas y coordinadas en su funcionamiento por el Jefe del Servicio. Es Jefe de cada ECD el Jefe Local de Sanidad del Municipio en que tiene su sede, que se mantendrá en permanente comunicación con el Jefe del Servicio para que éste pueda informar al Jefe del Grupo Sanitario.

En las ECD se realizará el recuento y clasificación de las personas allí evacuadas, la descontaminación de las personas potencialmente contaminadas, y la aplicación de medidas profilácticas. También se decidirá la remisión a los

hospitales de apoyo o al centro de tratamiento de irradiados de las personas que requieran una atención especializada.

Los Jefes Locales de Sanidad y Sanitarios Locales de los Municipios sede de las Estaciones de Clasificación y Descontaminación realizarán las siguientes funciones:

– Recibir e identificar a la población remitida por el Servicio de Primera Intervención.

– Evaluar la dosis recibida o la contaminación asociada para determinar el traslado a un centro de tratamiento de irradiados o proceder a la descontaminación o tratamiento médico más adecuado.

– Determinar la remisión del personal integrado a las Areas Base de Recepción Social (ABRS) o a los Centros Sanitarios de Apoyo (CSA), según corresponda.

3. Servicio de Asistencia Sanitaria de las Areas Base de Recepción Social (ABRS).

Se integra con los Jefes Locales de Sanidad y los Sanitarios Locales de los Municipios con funciones de Areas Base de Recepción Social (ABRS).

Estos Servicios serán activados y coordinados por el Jefe de Servicio, que se mantendrá en permanente comunicación con el Jefe del Grupo Sanitario.

Los Jefes Locales de Sanidad y Sanitarios Locales de los Municipios con funciones de Areas Base de Recepción Social, realizarán las siguientes misiones:

– Asistencia sanitaria y vigilancia epidermológica de los albergados.

– Control periódico de las condiciones higiénicas de los centros de albergue que componen el ABRS.

4. Servicio Sanitario de Apoyo.

Se integrará con los Centros Sanitarios de Apoyo (CSA) que se consideren necesarios y que se elegirán entre los hospitales y clínicas de la provincia.

Estos Centros serán activados y coordinados por el Jefe del Servicio, que recabará estricta información sobre los recursos disponibles en cada uno de ellos al activarse el Plan y se mantendrá en comunicación permanente con el Jefe del Grupo Sanitario.

Los CSA prestarán asistencia médica general a las personas remitidas por el Servicio de Primera Intervención, las ECD y las ABRS.

5. Servicio Médico para Irradiados.

Este Servicio se constituye con el personal e instalaciones especializadas del Centro Médico de Irradiados que se designe (CMI).

Este Centro será activado por el Jefe del Servicio que se mantendrá en comunicación permanente con el Jefe del Grupo Sanitario.

Se prestará asistencia sanitaria especializada al personal remitido por la ECD, por el Servicio de Primera Intervención o el Servicio Sanitario de la central incidentada.

Grupo Logístico

Es el responsable de la previsión y provisión de todos los medios logísticos que el Director del Plan y los demás Grupos de Acción necesiten para cumplir sus respectivas misiones, así como la realización de las operaciones de movilización de dichos medios para cumplir la finalidad global del Plan.

El Grupo Logístico tiene asignadas las siguientes funciones básicas:

– Mantener actualizado el inventario de recursos y medios a emplear, clasificados de acuerdo con sus características.

– Establecer las previsiones necesarias con el fin de atender cuantas necesidades surjan en relación con:

* La seguridad ciudadana.
* El control de accesos.
* El abastecimiento a los demás Grupos de Acción.
* El aviso a la población.
* La evacuación y albergue.
* Las comunicaciones.
* La extinción de incendios y acciones de salvamento.

– Organizar y constituir los equipos logísticos que de forma voluntaria o por disposiciones legales presten colaboración.

– Coordinar y apoyar las actuaciones contenidas en los Planes Municipales de Actuación en Emergencia Nuclear correspondientes.

La organización de este Grupo de Acción se estructura de acuerdo con el siguiente organigrama, para el cumplimiento de las funciones asignadas.

ORGANIGRAMA GRUPO LOGISTICO

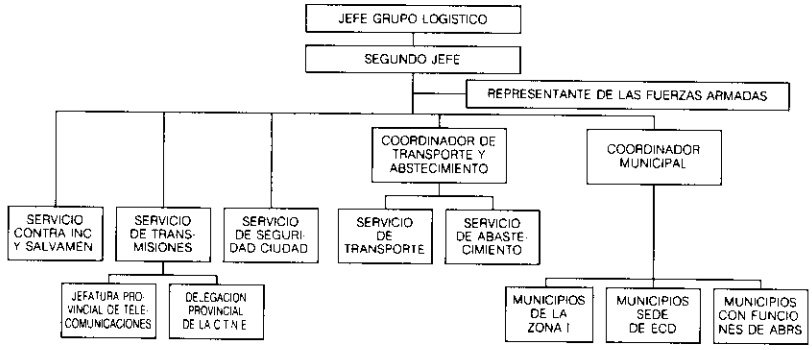


FIGURA 66.

Jefe del Grupo Logístico

El Jefe del Grupo Logístico será el Teniente Coronel Primer Jefe de la Comandancia de la Guardia Civil de la Provincia y tendrá su Puesto de Mando en el CECOP del Gobierno Civil.

El Comandante Segundo Jefe de la Comandancia de la Guardia Civil de la Provincia será el Segundo Jefe del Grupo. Además, será el Jefe del Servicio de Seguridad Ciudadana, por lo que tendrá que tener previsto un sustituto.

El Jefe del Grupo enlazará desde el CECOP con: el Director del Plan, la Comandancia de la Guardia Civil (donde se encuentra el Segundo Jefe del Grupo), el Coordinador de Transporte y Abastecimiento y demás Jefes de los Servicios de actuación logística que integran el Grupo.

Las funciones del Jefe del Grupo son:

- Asesorar al Director del Plan formando parte del Comité Asesor.
- Aplicar las directrices del Plan en su aspecto logístico.
- Dirigir y coordinar las acciones y recursos de las unidades que componen los Servicios de Actuación Logísticos.
- Controlar y supervisar la operatividad de los recursos humanos y medios materiales organizados y dispuestos en el Plan.
- Determinar y dar a conocer, previa conformidad del Director del Plan, las vías de evacuación, los puntos de control de acceso y las ECD que se activarán.
- Informar al Director del Plan sobre la actuación en las vías de evacuación, en los puntos de control de acceso y en las ECD.
- Recabar información de las incidencias que localmente se produzcan.
- Dirigir y coordinar las operaciones de evacuación.
- Conocer la naturaleza y extensión de la contribución que cada Servicio puede facilitar ante cualquier situación de emergencia que se produzca, para alcanzar una colaboración eficaz.
- Prever los apoyos externos que pueda necesitar.
- Colaborar en el mantenimiento de la efectividad del Plan.

Para poder ejecutar sus funciones el Grupo Logístico cuenta con los siguientes participantes.

Representante de las Fuerzas Armadas

El Jefe del Ejército que la Autoridad Militar designe, independientemente de su integración en el Comité Asesor del Director del Plan, prestará su colaboración al Jefe del Grupo Logístico.

Sus funciones son:

- Información al Jefe del Grupo Logístico de las ayudas que puedan prestar las Fuerzas Armadas en el ámbito regional (tanto en cuanto al personal como

en recursos materiales), transmitiendo a sus mandos respectivos las solicitudes de apoyo para su pronta ejecución.

– Se mantendrá informado de la actuación de las unidades de las Fuerzas Armadas a través de sus mandos naturales y transmitirá la información al Jefe del Grupo Logístico.

Coordinador Municipal

Será designado por el Director del Plan entre los funcionarios de los Servicios Provinciales de Protección Civil. Funcionalmente dependerá del Jefe del Grupo Logístico y coordinará las actuaciones de la Organización Municipal desde el CECOP.

Esta coordinación se extenderá al funcionamiento de las ABRS y ECD. Su cometido se desarrollará dentro del marco de los Planes Municipales de Actuación en Emergencia Nuclear.

Sus funciones son:

– Notificar a los municipios afectados la fase y situación declarada por el Director del Plan.

– Asesorar, coordinar y apoyar a las autoridades municipales.

– Notificar a los Alcaldes de los Municipios correspondientes la activación de las ECD y ABRS.

– Colaborar y ayudar a resolver los problemas que surjan en los Municipios afectados.

– Informar al Jefe del Grupo Logístico de las vicisitudes que se produzcan en los términos municipales.

– Recibir puntual información de la Red de Alerta a la Radiactividad y transmitirla al Jefe del Grupo Radiológico.

– Trasladar a los Municipios afectados la información necesaria para preparar y ejecutar las medidas de protección que se ordenen.

– Coordinar las ayudas mutuas intermunicipales, principalmente en lo que se refiere a avisos a la población diseminada.

Coordinador de Transporte y Abastecimiento

Dada la interrelación entre los Servicios de Transporte y Abastecimiento es necesario la designación de un Coordinador de la actuación de los mismos.

Este Coordinador será el Jefe Provincial de Tráfico, que designará a su adjunto y la ubicación de su Puesto de Mando.

Sus funciones son:

* Coordinar a los responsables de los Servicios de Transporte y Abastecimiento.

* Asesorar en materia de circulación y transporte por carretera y ferrocarril.

* Facilitar los suministros y garantizar el transporte de los medios necesarios

para efectuar las operaciones de confinamiento, evacuación, albergue y retorno de la población evacuada.

* Mantenerse permanentemente en comunicación con el Jefe del Grupo Logístico para recibir información y órdenes pertinentes y, a su vez, atender las peticiones para que los servicios coordinados desarrollen eficazmente su cometido.

* Informar de los medios que se ofrecen como apoyo logístico.

* Impulsar la búsqueda de medios para cubrir con urgencia las necesidades que surjan.

* Dar a conocer el material necesario y dónde se encuentra, en caso de ser precisa su requisa.

* En caso necesario, proponer al Jefe del Grupo Logístico la requisa de vehículos o suministros.

* Prever el suministro de alimentos al personal que interviene en la operación.

* Controlar la recepción y distribución de ayudas.

* Constituir los puntos de concentración de vehículos con la colaboración de los Alcaldes de los Municipios donde se ubiquen, la Agrupación de Tráfico de la Guardia Civil y el Servicio de Seguridad Ciudadana.

– Servicio de Transporte

Este Servicio está dirigido por un Jefe designado por el Director del Plan entre las autoridades en materia de transporte dependiente de la Administración Central o Comunidad Autónoma. Con el mismo criterio se designará un Adjunto.

El Puesto de Mando coincidirá con el designado por el Coordinador de Transporte y Abastecimiento de quien depende.

Las funciones del Servicio de Transportes serán las siguientes:

* Facilitar la disponibilidad de medios para asegurar la realización del transporte de suminstros y personas, especialmente en las operaciones de:

– Evacuación.

– Abastecimiento.

– Agrupación, traslado y distribución de mano de obra.

– Concentración de vehículos y clasificación de los mismos.

* Establecer y coordinar el sistema de transporte aéreo, ferroviario y por carretera para asegurar el abastecimiento de las áreas afectadas o evacuación de las mismas.

* Fijar los centros de apoyo al sistema de transporte para asegurar su eficacia, reparación y mantenimiento.

* Asegurar el suministro de combustible al área afectada.

* Establecer la organización necesaria para el transporte de personas y medicamentos, procedentes de cualquier provincia, para su intervención en la emergencia.

* Asegurar apoyos, a efectos de predicción, del Centro Zonal del Instituto Nacional de Meteorología.

Para llevar a cabo sus funciones el Servicio de Transporte estará formado por equipos operativos que podrán variar su número e integración de acuerdo a las características de la provincia a que se referirá cada Plan, tales como:

* Equipo de Evacuación.

* Equipo de Mano de Obra.

* Equipo de Transporte para Abastecimiento.

* Equipo de Transporte por Carretera y Ferrocarril.

* Equipo de Circulación.

– Servicio de Abastecimiento

Este Servicio será dirigido por un Jefe designado por el Director del Plan entre las autoridades en materia de abastecimiento dependientes de la Administración Central o de la Comunidad Autónoma, con el mismo criterio se designará a su Adjunto.

El Puesto de Mando coincidirá con el designado por el Coordinador de Transporte y Abastecimiento de quien depende.

Las funciones del Servicio de Abastecimiento serán las siguientes:

* Proporcionar los medios precisos en las ECD, especialmente en lo que se refiere a ropas para las personas que pasen por las mismas.

* Proporcionar a los Municipios de la zona afectada, a las ECD, a las ABRS y a los otros Grupos de Acción, los alimentos, agua, combustible, material y equipos que precisen.

Para llevar a cabo sus funciones el Servicio de Abastecimiento estará formado por equipos operativos que podrán variar su número e integración de acuerdo a las características de la provincia a que se referirá cada Plan, tales como:

* Equipo de Adquisición.

* Equipo de Recepción de Suministros.

* Equipo de Organización del Centro de Almacenamiento y Distribución de Ayuda Exterior.

– Servicio de Seguridad Ciudadana

El Servicio de Seguridad Ciudadana actuará bajo las órdenes del Comandante Segundo Jefe de la Comandancia de la Guardia Civil, que cumple además la función de Subjefe del Grupo Logístico.

Su Puesto de Mando se sitúa en la Comandancia de la Guardia Civil de la

Provincia, desde donde enlazará con el CECOP y con las unidades bajo su mando.

Este Servicio estará constituido por las unidades de la Guardia Civil y Policía de su provincia, actuando bajo la dirección de sus mandos naturales, siendo la zona de actuación de éstos la que el Director del Plan determine.

Si el Director del Plan lo estimara necesario se añadirán refuerzos procedentes de otras provincias.

Los demás agentes de la Autoridad de la provincia quedarán a la disposición del Director del Plan, por si éste requiere su intervención.

Las funciones del Servicio de Seguridad Ciudadana serán:

* Velar por el orden público y la seguridad ciudadana en la zona afectada, procurando evitar el pánico, y crear un estado de confianza en la población de la zona. Asimismo, en especial en las zonas abandonadas o evacuadas, evitar robos, saqueos, desorden y otras acciones ilícitas o perturbadoras de la tranquilidad de los evacuados.

* Garantizar que los diferentes Grupos y Servicios que establece el presente Plan, así como los Planes Municipales, puedan realizar su misión sin interferencias extrañas.

* Colaborar en la ejecución de los avisos a la población en los municipios afectados desde el primer momento de la emergencia.

* Realizar los controles de accesos y vigilancia vial que se ordenen en el interior de las zonas afectadas, controlando o restringiendo la circulación o el paso de personas según las fases y situaciones, y otorgando las necesarias prioridades en las vías de evacuación.

* Colaborar con el Grupo Radiológico en la medición y toma de muestras, así como informar de las medidas de los Equipos de la Red de Alerta a la Radiactividad instalados en los puestos de la Guardia Civil o de la zona afectada.

* Informar al Jefe del Grupo Logístico de cualquier noticia que interese conocer o pueda servir para modificar las órdenes generales derivadas de la emergencia, y en particular aquellas relacionadas con la intensidad viaria, posibilidad de aglomeraciones y retenciones, así como cualquier deficiencia que se observe en la carretera, que pueda entorpecer la circulación de los vehículos relacionados con las actuaciones de emergencia.

* Informar al CECOP de todas las acciones realizadas y vicisitudes que surjan y afecten al Plan.

– Servicio Contraincendios y Salvamentos

Este Servicio estará bajo las órdenes de un Jefe de Servicio que designará el Director del Plan entre los Responsables de los Servicios de Extinción de Incendios existentes en la provincia.

Con igual criterio se designará un Adjunto al Jefe de Servicio, quien deberá colaborar con el primero y sustituirlo en caso de ausencia.

Su Puesto de Mando se constituirá en el habitual del Jefe de Servicio, siempre que disponga de los medios de comunicación adecuados.

En principio, el Servicio se constituye con los Servicios de Extinción de Incendios existentes en la provincia. El Director del Plan determinará oportunamente cuáles de ellos deben entrar en acción.

Las funciones de este Servicio son:

* Permanecer en estado de alerta.

* Trasladarse a la zona afectada con la finalidad de intervenir rápida y eficazmente en situaciones de emergencia coincidentes con las que prevé el Plan.

– Servicio de Transmisiones

Este Servicio de Transmisiones estará integrado por el Jefe Provincial de Comunicaciones y el Delegado Provincial o Director de Zona de la Compañía Telefónica Nacional de España (CTNE) y el personal a su mando.

A ambos se les notificará la declaración de las distintas situaciones de emergencia, a partir de lo cual se mantendrán localizables por si fuera necesaria su incorporación al CECOP o la intervención de sus equipos.

Si bien en el Plan de Transmisiones se establecen los sistemas de comunicaciones necesarios para el desarrollo de las actuaciones previstas para los distintos Servicios, con la finalidad de asegurar la cobertura total de las comunicaciones se le asignan al Servicio de Transmisiones las siguientes funciones:

* Proveer los medios para atender nuevos requerimientos de comunicación.

* Apoyar el mantenimiento y la reparación de los medios previstos.

MEDIOS DE ACTUACION: CLASIFICACION

Cada uno de los Estamentos, Organizaciones, Grupos y Servicios implicados en el Plan de Emergencia ha de disponer de un conjunto de medios tanto humanos como materiales que permitirá la operatividad del Plan, los cuales se movilizarán según la evolución de la situación declarada por el Director del Plan.

En los Planes Provinciales de Emergencia Nuclear existirá un inventario detallado de los medios materiales disponibles, en el que se incluirán los datos necesarios para que en todo momento sea posible la identificación, localización y utilización de dichos medios.

Todos los componentes de los Grupos y Servicios deben conocer permanentemente los medios de que disponen, su capacidad, su tiempo de respuesta y estado de mantenimiento.

Asimismo se deben actualizar periódicamente y mantener al día tanto el inventario de material como el directorio de personal.

En los medios previstos para cada una de las unidades de actuación se distinguen tres tipos:

– Medios disponibles permanentemente:

Constituyen la dotación básica del Plan y por su carácter específico son los medios propios disponibles permanentemente para una emergencia nuclear. Son los indispensables para asegurar la eficacia de las actuaciones en una situación de emergencia y se debe contar necesariamente con ellos, aunque habitualmente pueden estar destinados a otros usos no directamente relacionados con el Plan.

– Medios que se activan en caso de emergencia:

Son los que forman parte de la dotación de medios para el cumplimiento de las misiones habituales de diversos organismos públicos cuya intervención esté prevista en una emergencia nuclear.

En caso de emergencia, unos organismos públicos se convierten en unidades operativas que se activan para el cumplimiento de las misiones que se les adjudican en el Plan, en tanto que otros colaboran con algunos de sus medios para el cumplimiento de finalidades específicas en la emergencia.

Entre ellos figuran hospitales, ambulancias, edificios públicos para albergues, etc.

– Medios que se utilizan en caso de emergencia:

Son bienes privados cuya utilización está prevista en el Plan para reforzar las dotaciones de medios de organismos públicos intervinientes en situaciones de emergencia. Su disponibilidad se puede obtener mediante los procedimientos de adquisición o requisa.

Por ejemplo: mantas, ropas, calzado, toallas, sábanas, artículos alimenticios, autocares, etc.

CAPITULO 9

ACTUACIONES A EJECUTAR EN CASO DE EMERGENCIA DENTRO DEL PLAN PROVINCIAL

ACTUACION PROVINCIAL

Introducción

En España existen, tanto por razones históricas como administrativas, dos Planes de Emergencia asociados a las instalaciones nucleares y radiactivas: el interior y el exterior. Si bien su finalidad es la misma, obedecen a planteamientos distintos.

El Plan de Emergencia de la Central (o Interior) es elaborado por el titular de una instalación, con el preceptivo informe favorable del Consejo de Seguridad Nuclear (CSN) y aprobado por el Ministerio de Industria y Energía.

El Plan de Emergencia Provincial (o Exterior) es elaborado por los Servicios de Protección Civil, teniendo en cuenta para ello los criterios del CSN. Se pone en marcha cuando se prevé que un accidente en la Central pueda tener consecuencias radiológicas fuera del Area de Exclusión de la instalación.

Esta distinción, que legal y técnicamente es justificable, no es adecuada en el momento de producirse una emergencia, conviniéndose en considerar ambos Planes como un solo Plan de Emergencia Integrado. Que si bien mantiene la separación de ambos Planes, los contenidos se ven correlacionados.

De esta forma se armonizan las actuaciones tanto de la autoridad competente como del titular de la instalación en aras de una mejor protección a la población.

Puesto que una de las características intrínsecas de toda situación anormal es que es imprevisible cuando se presenta y que la eficacia de las medidas de protección a adoptar está condicionada por su pronta puesta en práctica,

resulta esencial que el aviso y la puesta en funcionamiento del Plan de Emergencia se haga con la mayor prontitud posible.

Actuación coordinada en el Plan Provincial

Es el principio que más influencia tiene en la operatividad del Plan, pues en él se desarrollan las actuaciones de los distintos estamentos de la organización con el fin de adoptar las medidas conducentes a una eficaz protección para la población.

Si bien la presentación es secuencial, se pretende que: dada una cierta situación, todas las acciones de las situaciones anteriores puedan irse acumulando progresivamente, a fin de llegar a la adopción de las medidas que aquélla determine en un intervalo temporal suficiente para que la movilización, aproximación y empleo de los medios sea congruente con la urgencia en la aplicación de tales medidas.

Tras la recepción en el CECOP y en el SALEM de la notificación cursada por la Central Nuclear y tras el análisis de la información recibida, el Director del Plan considera su activación. El grado de dicha activación estará en consonancia con la situación asignada al área, dentro de la Zona I, que real o potencialmente quede más afectada.

Fase de preemergencia

Caracterizada por la ausencia de medidas de protección a la población. Se recomienda efectuar el control de accesos.

El grado de activación del Plan en las dos situaciones que la componen viene definido por las siguientes acciones:

– Situación O

Es un período de consultas entre:

El Director del Plan,

el SALEM,

el Director de Emergencia de la Central Nuclear,
orientados al análisis de la situación y al estudio y seguimiento del suceso notificado.

– Situación 1

Ante la declaración de tal situación por el Director del Plan se toman las siguientes acciones:

De la Dirección del Plan

* Convoca al Jefe de los Servicios Provinciales de Protección Civil, el cual, a su vez, constituirá el CECOP incorporando al mismo al personal necesario para garantizar la máxima eficacia de respuesta a la Situación de Emergencia suscitada, incluyendo al Responsable del Servicio de Transmisiones de Protección Civil y a los operadores necesarios para completar dicho servicio.

Activa la Red Radio de Emergencia ordenando, si procede, los despliegues previstos en el Plan de Transmisiones.

* Convoca a los Jefes de los Grupos de Acción y al resto del personal del Comité Asesor que estime conveniente y al Gabinete de Información.

* Notifica:

a) A los Alcaldes de los Municipios de la Zona I.

b) Al Delegado del Gobierno en la Comunidad Autónoma, que transmitirá la notificación al Departamento de Gobernación de la Comunidad Autónoma.

c) Al Gobernador Militar de la Provincia.

d) A la Dirección General de Protección Civil que transmitirá la notificación a:

Ministro del Interior.

Director General de Energía.

Cuarteles Generales de los Ejércitos de Tierra y Aire y de la Armada.

Gobiernos Civiles de las provincias limítrofes.

Director General de la Guardia Civil.

Director General de la Policía.

* Decide las medidas a tomar de acuerdo con el SALEM y el Comité Asesor.

* Determina el Area de Control de Accesos.

* Autoriza los movimientos del personal de la Central fuera de la Zona Bajo Control del Explotador, para su control por el Grupo Logístico.

* Determina la información a los Municipios que puedan verse afectados por los movimientos del personal de la Central fuera de la Zona Bajo Control del Explotador o puedan escuchar sus señales acústicas, y da instrucciones a los Ayuntamientos para su difusión.

* Determina la información a difundir por los medios de comunicación social.

De los Grupos de Acción

* Los Jefes de los Grupos acuden al CECOP y alertan a los servicios y equipos que constituyan sus respectivos grupos.

* El Grupo Radiológico recibe los datos de la Central Nuclear y determina el área que puede verse afectada con el Asesoramiento Técnico del SALEM.

* El Grupo Logístico aplica medidas de control de acceso y protección de acuerdo con lo que disponga la Dirección del Plan.

El Coordinador Municipal controla, transmite y recibe información de los CECOPALES, Zona I.

Fase de emergencia

Caracterizada por la aplicación de medidas de protección a la población.

El grado de activación del Plan viene definido por aquella situación que el

Director del Plan decide una vez consultado el SALEM y el Comité Asesor teniendo en cuenta las áreas afectadas.

Las acciones de cada situación, indicadas a continuación, consideran automáticamente las de situaciones de menor gravedad en lo que sea aplicable.

Independientemente de la situación que se declare en cualquiera de las Subzonas del Sector de Acción Preferente, el resto de la Zona I se mantendrá al menos en Situación 1 mientras dura la emergencia.

Toda declaración de situación y sus variaciones será notificada a las mismas autoridades detalladas para la Situación 1 en: De la Dirección del Plan.

– Situación 2

Una vez declarada esta situación por el Director del Plan, las acciones a tomar, además de las especificadas para situaciones anteriores, son:

De la Dirección del Plan

* Decreta, a propuesta del Jefe del Grupo Logístico, la requisa de medios de transporte o abastecimiento en caso de que sean necesarios.

* Solicita los apoyos que estime necesarios a la Dirección General de Protección Civil.

* Selecciona, a propuesta del Jefe del Grupo Radiológico y tras el informe del Comité Asesor, las ECD y ABRS.

* Determina a propuesta del Jefe del Grupo Radiológico, el paso a otras situaciones, así como dar por terminada la emergencia.

Del Grupo Radiológico

* Activa la Red de Alerta a la Radiactividad.

* Activa y desplaza las unidades móviles.

* Solicita equipos de ayuda externa.

* Determina, en colaboración con los restantes Grupos, la selección de las ECD a utilizar en caso necesario y las ABRS correspondientes.

* Asigna técnicos a las ECD y a los controles de accesos.

* Propone al Director del Plan las medidas de protección a adoptar y el área de aplicación de las mismas.

* Propone al Director del Plan, a la vista de la evolución de la emergencia, el paso a otras situaciones así como dar por terminada la emergencia.

Del Grupo Sanitario

* Convoca a la Comisión Asesora a la sede del Grupo Sanitario.

* Localiza y alerta al personal sanitario de las áreas afectadas.

* Colabora con los restantes Grupos en la selección de las ECD a utilizar en caso necesario y de las ABRS correspondientes.

* Informa al Director del Plan sobre las medidas de protección propuestas por el Grupo Radiológico (profilaxis).

* Ordena, si así se determina, la aplicación de las medidas profilácticas.

* Colabora en la preparación de las operaciones de evacuación de los grupos de población que se determinen.

* Asigna los medios humanos y técnicos en las distintas ECD.

* Alerta al Centro Médico de Irradiados, a los Centros Sanitarios de Apoyo y a la Asistencia Sanitaria de las ABRS.

Del Grupo Logístico

* Ordena la aplicación y controla la ejecución de las medidas de protección que se determinen.

* Activa las redes de comunicación propias de los distintos equipos y las generales de emergencia.

* Mantiene la seguridad ciudadana y vela por el correcto cumplimiento de las medidas dictadas por el Director del Plan.

* Cubre las necesidades de transporte de otros Grupos.

* Alerta a todos los equipos y medios previstos para apoyo de las ECD y la activación de las ABRS.

* Alerta a las unidades del Servicio Contraincendios y Salvamento.

* Controla la circulación ferroviaria, si la hubiera.

* Determina los medios de transporte (vehículos y unidades ferroviarias) e indica al Director del Plan la necesidad de ordenar la requisa de los mismos.

* Prepara la evacuación de grupos críticos, poniendo en marcha y apoyando los medios de transporte necesarios; prevé las operaciones de evacuación y suministro, solicitando al Grupo Sanitario la ayuda precisa para la evacuación de personas impedidas y, si procede, suministros a las personas confinadas. Prevé el apoyo aéreo necesario.

* Coordina la transmisión de los avisos, que se determine, a la población de la zona afectada y las instrucciones dictadas por el Director del Plan.

* Colabora con los restantes Grupos en la selección de las ECD a utilizar en caso necesario y las ABRS correspondientes.

* Determina las instalaciones que pueden ser utilizadas como ABRS, identificando los medios complementarios precisos.

* Notifica a los Alcaldes de los Municipios donde pueden activarse las ECD y a los que se determine como ABRS.

* Activa la Red de Alerta a la Radiactividad y transmite los datos al Grupo Radiológico.

* Cubre las necesidades de medios y suministros a la población afectada.

– Situación 3

Una vez declarada esta situación por la Dirección del Plan procede la realización de las acciones que se describen a continuación:

De la Dirección del Plan

*** Las acciones son las asignadas en las situaciones anteriores pero adecuadas al desarrollo de la emergencia.**

Del Grupo Radiológico

* Mantiene las acciones tomadas en las situaciones anteriores.

* Efectúa la evaluación permanente de dosis y medidas de actividades ambientales.

* Efectúa el control radiológico del personal que interviene en la emergencia.

* Ordena la incorporación de técnicos a las ECD seleccionadas.

* Controla la aplicación de medidas de protección de animales de acuerdo con el Grupo Sanitario.

Del Grupo Sanitario

* Mantiene las acciones tomadas en las situaciones anteriores.

* Ordena la incorporación inmediata de los equipos y ambulancias de cada ECD a sus puestos respectivos.

* Controla las medidas profilácticas a la población.

* Colabora en la evacuación sanitaria de las personas impedidas enviando el número de ambulancias necesarias y tomando contacto con el Jefe del Grupo Logístico para control de la circulación.

* Solicita al Jefe del Grupo Logístico los medios aéreos medicalizados que fueran precisos para la evacuación sanitaria.

* Dirige la intervención de los equipos sanitarios en la aplicación de las medidas profilácticas.

* Activa el Centro Médico de Irradiados, los Equipos de Asistencia a las ABRS y los Centros Sanitarios de Apoyo.

* Controla la aplicación de medidas de protección de animales de acuerdo con el Grupo Radiológico.

* Colabora en el control de alimentos y agua.

Del Grupo Logístico

* Mantiene las acciones tomadas en las situaciones anteriores.

* Solicita a las Fuerzas Armadas los apoyos aéreos previstos para la evacuación de grupos críticos.

* Asigna o pone en marcha los medios de transporte necesarios para apoyar los Planes Municipales si se decreta una evacuación de grupos críticos, coordina las operaciones de evacuación y organiza la circulación en convoyes.

Establece los controles necesarios para conocer en todo momento la situación de los mismos.

* Colabora con el control de agua y alimentos, inicia los suministros de estos productos a las poblaciones afectadas cuando lo dispone el Director del Plan. Igualmente cuida el suministro de alimentos y agua al personal que interviene en la emergencia.

* Desplaza a las cercanías de la zona afectada las unidades del Servicio Contraincendios y Salvamento que se consideren necesarios para una posible primera intervención, iniciando su actuación cuando sea preciso.

* Ordena la activación de las ECD y ABRS.

* Coordina el albergue de los evacuados en las ABRS y el abastecimiento de los suministros que se soliciten.

* Prepara la evacuación de la población en general procediendo a la concentración de vehículos, unidades ferroviarias y apoyo aéreo previsto para realizar esta operación.

– Situación 4

Una vez declarada esta situación por la Dirección del Plan procede la realización de las acciones que se describen a continuación:

De la Dirección del Plan

* Las acciones son las asignadas en las situaciones anteriores pero adecuadas al desarrollo de la emergencia.

Del Grupo Radiológico

* Mantiene las acciones correspondientes a la situación anterior adecuándolas a la evolución de la emergencia.

Del Grupo Logístico

* Mantiene las acciones tomadas en situaciones anteriores.

* Mantiene la seguridad ciudadana, con especial atención en la operación de evacuación y en las ECD y ABRS, así como en las áreas en que haya podido decretarse la evacuación, no permitiendo la permanencia en las mismas más que del personal de emergencia.

* Asigna, pone en marcha y apoya los medios de transporte necesarios para realizar la evacuación en el área decretada, dirigiendo las operaciones de evacuación y organizando la circulación en convoyes, estableciendo los controles necesarios para conocer en todo momento la situación de los mismos.

* Una vez finalizada la evacuación, toma medidas para garantizar la protección de los bienes públicos y privados de la zona evacuada. Establece, de acuerdo con el Grupo Radiológico, las medidas de protección que debe adoptar el personal que realiza esta misión.

* Mantiene la operatividad de sus servicios.

Fin de la emergencia

A la vista de la evolución del suceso, el Jefe del Grupo Radiológico propondrá al Director del Plan la conveniencia de dar por terminada la emergencia en lo que respecta a las medidas de protección.

Siempre que la situación en la Central sea tal que no se espere, razonablemente, la emisión de radiactividad al medio de forma incontrolada, y se adopten las medidas que se establezcan para la vuelta a la normalidad en función de la situación real que resulte del accidente.

Actuación de las provincias limítrofes

La colaboración que se solicitará a las provincias limítrofes, así como las medidas de protección que en su caso corresponda adoptar en ellas y la organización correspondiente, estarán determinadas por su situación geográfica con respecto a la Central Nuclear y el área potencialmente afectada.

Al respecto, cabe diferenciar las siguientes posibilidades:

1. Que la provincia limítrofe tenga territorio comprendido dentro de la Zona I.

2. Que la provincia limítrofe tenga territorio comprendido dentro de la Zona II.

3. Que la provincia limítrofe tenga dentro de su territorio Municipios con funciones de ABRS o sedes de ECD.

4. Que no se cumplan ninguna de estas condiciones.

De acuerdo con esta diferenciación, las funciones asignadas y la relación organizativa correspondiente con la provincia afectada serán:

Para el caso 1: el área comprendida dentro de la Zona I quedará bajo las órdenes del Director del Plan sin que se prevea ninguna delegación de funciones a su respecto. Dado que tal delegación introduciría una duplicidad en los mandos que podría entorpecer considerablemente la aplicación del Plan.

Para el caso 2: los territorios comprendidos en la Zona II se encontrarán bajo el control del Director del Plan. No obstante, éste podría delegar todas o parte de sus funciones en este área en el Gobernador Civil de la provincia de que se trate, según lo aconsejen las circunstancias, para efectuar las notificaciones y avisos que el Director del Plan determine y adoptar las medidas de protección que correspondan.

Para el caso 3: la provincia limítrofe actuará como base o centro de Apoyo Logístico. Este apoyo será solicitado por la Dirección General de Protección Civil. El personal y medios que se movilizan lo harán bajo las órdenes del Gobernador Civil de la provincia a que pertenezcan.

Información a la población

Independientemente de las actuaciones previstas para la información a la población afectada a traves de megafonía fija y móvil, se utilizarán los medios de comunicación social, esencialmente las emisoras de radio para potenciar y completar la información.

De acuero al área a la que vaya dirigida la información se pueden distinguir tres tipos:

Primer tipo: Lo constituyen los núcleos de población dentro de la Zona I. Las emisoras locales se utilizarán para informar a la población de esta Zona con posterioridad al uso de los medios de comunicación directa (megafonía fija, sirenas, etc.), dado que previamente se debe anunciar su sintonización.

Segundo tipo: Lo constituye la población de la Zona II. Las emisoras locales pueden difundir noticias con carácter periódico para la población que, estando próxima al escenario de la emergencia, sólo se verá afectada indirectamente por el consumo, el traslado desde la zona afectada de personal evacuado, etc. Estas noticias son en su conjunto preventivas y orientativas.

Tercer tipo: Lo constituye la población en general. La información a esta población puede hacerse de forma diferida a través de la prensa, radio o televisión.

En una situación de emergencia no sólo hay que promover la difusión de una información realista, clara y sin ambigüedades a fin de alcanzar la finalidad del

Plan, o sea, la protección a la población, sino también evitar la difusión de información incongruente que puede provocar situaciones de pánico individuales e injustificadas. Para ello está previsto que el gabinete de información prepare, centralice y coordine toda la información sobre la emergencia.

Disponibilidad de medios

Con objeto de permitir la operatividad del Plan de Emergencia, cada uno de los Estamentos, Organizaciones, Grupos y Servicios implicados en él ha de disponer de un conjunto de medios tanto humanos como materiales, que movilizará según instruya el Director del Plan Provincial.

A continuación se establecen las características generales de los medios materiales que hacen posible la ejecución de las actuaciones previstas en el Plan, así como un listado guía de los medios clasificados en:

- Medios permanentes.
- Medios que se activan.
- Medios que se utilizan.

– Dirección del Plan

1. Sala de Coordinación Operativa (SACOP)

Es el lugar donde se centraliza la totalidad de la información necesaria para la adopción de las decisiones, tanto de la Dirección del Plan como del mando de los Grupos de Acción.

Para el cumplimiento de sus misiones requiere medios que aseguren:

* Una total fluidez en la recepción y transmisión de información y de órdenes.

* Una permanente comunicación de todos los órganos operativos con sus unidades de acción.

* Una perfecta y permanente comunicación de los Jefes de Grupos entre sí y con el Director del Plan.

* Un mecanismo de registro y grabación de todas las comunicaciones que se reciben y emiten por el CECOP, a fin de hacer posible la reconstrucción posterior de las actuaciones.

* Un sistema de presentación de información que permita su visualización aislada o simultánea en cualquier momento.

* Una información totalmente precisa y clara acerca de los alcances geográficos, demográficos, etc., de la emergencia, de la situación y de la movilización del personal que interviene en ella.

Para ello, el SACOP deberá contar con los siguientes medios permanentes:

* Lugar de trabajo para el Jefe del CECOP, los Jefes de los Grupos y sus auxiliares con terminales del sistema de integración del CETRA, tanto de teléfonos de abonados como teléfonos punto a punto.

* Cartografía general de la provincia y particularmente de las Zonas I y II, con círculos de 3, 5 y 10 km de radio con centro en la Central Nuclear y 16 rumbos, con cubierta de acetato.

* *Plantilla de delimitación del área de actuación preferente.*

* Medios de visualización para el control de emergencias.

2. Centro de Transmisiones (CETRA)

El CETRA tiene por finalidad la centralización y coordinación de todas las comunicaciones entre los mandos y los distintos servicios participantes en la emergencia.

Es absolutamente imprescindible que esa comunicación esté permanentemente asegurada con respecto a todos los participantes. Para ello el CETRA requiere medios que aseguren:

* Su autonomía energética.

* La posibilidad de conectar, en forma instantánea, a través de más de un medio de transmisión (mínimo 2) alternativa o incluso simultánea con cada organismo y unidad de actuación.

* Su capacidad de comunicación.

* Un sistema de integración de todas las comunicaciones desde y hacia el SACOP (radio y telefónicas), para una permanente y eficaz conexión del SACOP con los organismos y unidades de actuación.

Para ello el CETRA deberá contar con los siguientes medios permanentes:

* Grupo electrógeno.

* Transceptor VHF para enlace en la Red de Mando de Protección Civil con la Dirección General de Protección Civil, Gobiernos Civiles y otros organismos.

* Transceptor de radio VHF para que la Red Radio de Emergencia enlace con las unidades que posean los Planes Provinciales.

* Transceptor de VHF equipado con llamada selectiva para enlace de la Red de Mando de Protección Civil con los CECOPALES, Central Nuclear y unidades actuantes de los Grupos Operativos.

* Extensiones telefónicas de centralita.

* Línea telefónica punto a punto al menos con la Central Nuclear y la Guardia Civil.

* Telefax (facsímil).

* Télex Sirem y télex comercial.

3. Gabinete de información

El Gabinete de Información es el responsable de preparar para su difusión la información sobre la emergencia, así como de las órdenes, consignas y recomendaciones orientativas a través de los medios de comunicación social. Y de obtener, centralizar y facilitar toda la información relativa a contactos familiares, localización de personas y datos referidos a los posibles evacuados o desplazados.

Para ello deberá contar con una infraestructura que asegure el registro, clasificación y archivo de la información disponible respecto a la población afectada por la emergencia y el registro de los medios de comunicación social de influencia en la zona de emergencia.

Debiendo contar con los siguientes medios permanentes:

* Listado de los medios de comunicación social, especialmente de estaciones de radiodifusión que puedan ser captadas en la zona de emergencia, catalogadas con detalle de su localización y número telefónico.

* Material impreso para el registro, clasificación y archivo de la información disponible respecto a la población de la zona de emergencia.

* Cartografía general de la provincia, particularmente de la Zona I, con círculos de 3, 5 y 10 km de radio con centro en la Central Nuclear.

– Grupos de Acción

1. Grupo Radiológico

Es el Grupo de Acción responsable de seguir y evaluar la emergencia desde el punto de vista radiológico y de proponer a la Dirección del Plan las medidas de protección a adoptar.

Para ello requiere, para sus unidades de acción, medios que permitan:

* Realizar una estimación de los efectos asociados dentro de márgenes razonables de seguridad.

* Determinar, una vez que ocurra un vertido radiactivo, los niveles de radia-

ción existentes, al menos en la Zona I, con variaciones aceptables dentro de la práctica usual.

* Actuar, de forma activa, en campos de radiaciones.

* Efectuar la vigilancia del Medio Ambiente.

Debiendo contar con los siguientes medios permanentes:

* Dosímetros.

* Vestuario apropiado.

* Carteles indicadores de contaminación.

* Material adecuado para la medida del nivel de radiación ambiental.

* Detectores de radiactividad ambiental, tipo MR6 o similar, situados en Ayuntamientos y Puestos de la Guardia Civil.

2. Grupo Sanitario

Es el Grupo de Acción responsable de la asistencia sanitaria a la población.

Para ello requiere los medios que aseguren:

* La adopción de medidas de profilaxis en dosis suficiente para la población local.

* La identificación y clasificación de las personas que necesitan asistencia sanitaria.

* El conocimiento de los recursos sanitarios que se deben activar y utilizar en una emergencia.

* La instalación de las ECD con los elementos necesarios para la detección de contaminación, el control dosimétrico y vestuario del personal de la estación, la descontaminación, el almacenamiento de ropas y desechos y la asistencia sanitaria de urgencia.

* Las comunicaciones de la ECD.

* El cambio de vestimenta de las personas que pasen por la ECD.

Debiendo contar, para ello, con los siguientes medios permanentes:

* Dosis de yoduro potásico en número suficiente para la población afectada.

* Tarjetas de evacuación sanitaria que permitan identificar y clasificar a las personas que lo necesiten.

* Listado de medios que se activan y utilizan en la emergencia con indicación de forma de localización y activación, tiempo de respuesta previsto.

* Para la ECD:

- Equipo portátil de detección de contaminación.
- Equipo de control dosimétrico de personal de la estación.
- Vestuario para el personal de la estación.

- Materiales para la descontaminación.
- Bolsas y recipientes para las ropas y desechos.
- Botiquín de urgencia.
- Equipos de comunicaciones.

Como así también los siguientes medios que se activan:

* Recursos sanitarios de los hospitales y clínicas de la provincia que se designen en el Plan Provincial.

* Ambulancias de organismos oficiales.

* Centro Médico de Irradiados.

* Centros Sanitarios de Apoyo.

Y los siguientes medios que se utilizan:

* Ambulancias privadas.

* Medios específicos para las Estaciones de Clasificación y Descontaminación: mantas, ropas, calzado, toallas y sábanas.

Dada la finalidad de las Estaciones de Clasificación y Descontaminación, su ubicación debe fijarse preferentemente en centros deportivos que cuenten, a ser posible, con:

* Vestuarios.

* Lavabos.

* Duchas.

* Servicios.

* Zonas cubiertas para albergar a la población.

3. Grupo Logístico

Es el Grupo de Acción responsable de la previsión y provisión de todos los medios logísticos que el Director del Plan y los demás Grupos necesitan para cumplir con sus respectivas misiones, así como de la realización de las operaciones de movilización de dichos medios para cumplir la finalidad global del Plan.

Para ello requiere medios que le permitan:

* El conocimiento de los medios disponibles en la provincia para extinción de incendios, su localización, calidad, dependencia, medios de comunicación que enlazan los distintos parques y otras redes que puedan utilizarse para ese servicio.

* El conocimiento de las estaciones radiotelefónicas del MOPU, ICONA y otras instituciones que puedan utilizarse para transmisiones.

* La localización de los equipos de retén y de averías para hacer frente a las

situaciones que se pueden presentar en la emergencia en relación al Servicio de Transmisiones.

* La realización de los avisos a la población diseminada por parte de las unidades de la Guardia Civil.

* El control radiológico y la protección del personal de intervención.

* El conocimiento de los locales y equipamientos necesarios para almacenamiento y suministros a la población afectada.

* La identificación de vehículos durante una emergencia.

* El conocimiento de las empresas de transportes, asociaciones de transportistas, medios ordinarios de transporte por ferrocarril, parque de vehículos PMM que se puedan utilizar en una emergencia, con identificación de número de vehículos, modo de localización y de petición urgente.

* El conocimiento de los vehículos privados disponibles en las poblaciones a evacuar.

Debiendo contar para ello con los siguientes medios permanentes:

* Vehículos de la Guardia Civil con megafonía móvil para potenciar los existentes en los Ayuntamientos.

* Dosímetros y trajes especiales para el personal de la Guardia Civil que interviene en la emergencia.

* Credenciales de identificación.

* Catálogo de los medios disponibles en la provincia para extinción de incendios con especificación de su localización, calidad, dependencia, medios de comunicación, etc.

* Listado de:

– Locales y equipamientos públicos y privados que pueden constituir centros de almacenamiento y suministros para la población afectada.

– Campamentos y talleres.

– Distribuidores de CAMPSA y estaciones de servicio existentes en la zona.

– Plantas embotelladoras de agua potable en la zona.

– Almacenes mayoristas y fabricantes de vestimenta existentes en la zona y resto de la provincia.

– Panificadoras y expendedurías de pan existentes en las poblaciones posiblemente afectadas, otras circundantes y en las ABRS, así como de molinos y almacenes de harina existentes en la zona.

– Almacenes de artículos alimenticios, frigoríficos, frutas y hortalizas de la zona y provincia.

– Centros de abastecimiento de artículos no específicamente medicinales, pero que usualmente se venden en farmacias: por ejemplo, ropas y alimentos infantiles.

– Centros de suministros básicos de organismos públicos: vestimenta, camas, catres, colchonetas, ropa de cama, alimentos, medicamentos, combustibles y agua potable.

– Número de vehículos particulares disponibles en las poblaciones a evacuar.

– Empresas de autocares existentes en la zona y resto de la provincia, con especificación del número de vehículos que posee cada una, modo de localización y de petición urgente.

– Empresas de transportes de mercancías y portes existentes en la provincia, con detalle de número y tipo de vehículo que poseen, modo de localización y de petición urgente.

– Empresas de mudanzas existentes en la provincia, con detalle del número y capacidad de sus vehículos, modo de localización y de petición urgente.

– Vehículos cisterna existentes en la provincia, con detalle de sus propietarios y características, modo de localización y de petición urgente.

– Asociaciones gremiales y transportistas existentes en la provincia.

– Rutas y horarios de medios de transporte que circulan por la provincia, empresas a las que pertenecen y modo de petición urgente.

– Medios ordinarios de transporte por ferrocarril.

– Parque de vehículos PMM.

– Material y equipo del centro zonal de Instituto Nacional de Meteorología.

– Parque de maquinaria de organismos públicos.

– Ambulancias públicas.

– Parques móviles existentes en la provincia y de los medios con que cuentan: vehículos cisternas, autobombas y otro tipo de maquinaria apropiada.

– La dotación de los parques más próximos a la zona de emergencia, así como los medios de extinción en ella no adscritos a ningún parque móvil.

– Las estaciones radiotelefónicas del MOPU, ICONA y otras instituciones que puedan utilizarse.

– Forma de localización de los equipos de retén y de averías para hacer frente a las situaciones que se pueden presentar en la emergencia.

Como así también los siguientes medios que se activan:

* Medios de la Comandancia de la Guardia Civil de la provincia.

* Locales y equipamientos públicos para constituir los centros de almacenamiento de suministros para la población afectada.

* Centros de suministros básicos de organismos públicos.

* Medios ordinarios de transporte de ferrocarril.

* Parque de vehículos PMM.

* Material y equipo del centro zonal del Instituto Nacional de Meteorología.

* Parque de maquinaria de organismos públicos.

* Ambulancias públicas.

* Medios materiales disponibles en la provincia para extinción de incendios.

* Medios de extinción existentes en la zona de emergencia no adscritos a ningún parque móvil.

* Parques móviles existentes en la provincia y los distintos medios con que cuentan.

* Medios de comunicación que enlazan los distintos parques enumerados y otras redes que puedan utilizarse para ese servicio.

* Estaciones radiotelefónicas del MOPU, ICONA y de otras instituciones que pueden utilizarse.

* Equipos de retén y de averías para hacer frente a las situaciones que puedan presentarse.

Y los siguientes medios que se utilizan:

* Campamentos.

* Distribuidores de CAMPSA y estaciones de servicio de la zona.

* Plantas embotelladoras de agua potable en la zona.

* Almacenes mayoristas y fabricantes de vestimenta existentes en la zona y resto de la provincia.

* Panificadoras y expendedurías de pan existentes en las poblaciones posiblemente afectadas, otras circundantes y en las ABRS, así como molinos y almacenes de harina de la zona.

* Almacenes de artículos alimenticios, frigoríficos, frutas y hortalizas de la zona y provincia.

* Ambulancias privadas existentes en la provincia.

* Vehículos cisterna existentes en la provincia.

* Vehículos de transporte refrigerado existentes en la provincia.

* Vehículos de mudanzas existentes en la provincia.

* Vehículos de transporte de mercancías y portes existentes en la zona y resto de la provincia.

* Autocares existentes en la zona y resto de la provincia.

* Vehículos particulares en las poblaciones a evacuar.

* Medios de transporte por carretera en situación de expectativa de carga en la provincia o en circulación, cualquiera que sea su procedencia.

ACTUACION MUNICIPAL

Introducción

Las Organizaciones Municipales colaboran y complementan las actuaciones de los Grupos de Acción, principalmente en la difusión y aplicación de las medidas de protección y en facilitar la información necesaria a la población y a la Dirección del Plan.

Las acciones que se desarrollan en caso de emergencia en los Municipios de la Zona I, ECD y ABRS se describen en los Planes Municipales de Actuación que se elaboran siguiendo las normas establecidas en el Plan Provincial, pero adecuadas a las particularidades específicas de cada uno.

Para el cumplimiento de sus misiones, las Organizaciones Municipales estarán coordinadas y apoyadas por el Grupo Logístico, a través del Coordinador Municipal.

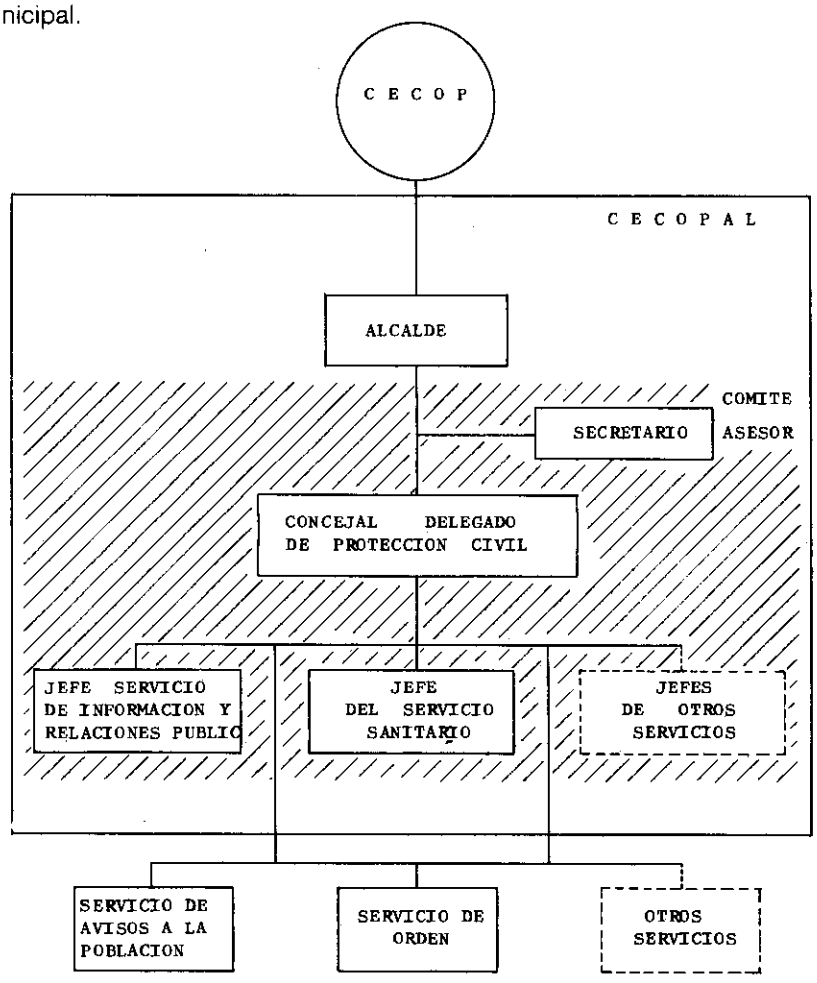


FIGURA 67.

El Alcalde de cada población es el responsable de la aplicación del Plan de su Municipio. El Centro de Coordinación Municipal (CECOPAL) es el Puesto de Mando Municipal. En él se concentra la información pertinente para la ejecución de las medidas de protección que correspondan al Municipio. La estructura de un CECOPAL tipo puede verse en la figura 67.

Municipios de Zona I: exposición por submersión

Son los que podrían verse directamente afectados por la situación de emergencia. Sus poblaciones son las que deberán adoptar las medidas de protección que se determinen destinadas a minimizar el riesgo radiológico individual.

Corresponden con aquel área geográfica en donde el camino crítico de exposición está asociado a la permanencia en la nube radiactiva.

Estos Planes Municipales se estructuran con una dirección de la que dependen unos servicios operativos que desarrollarán las medidas de protección decretadas por el Director del Plan Provincial para cada una de las situaciones de emergencia.

Estos servicios y medidas de protección se establecen dependiendo de la situación del municipio dentro de la Zona I de planificación, pudiendo tener parte o la totalidad de su superficie en cada una de las subzonas Ia, Ib y Ic.

El Alcalde es el Director y el responsable de la aplicación del Plan de su Municipio, cuenta con un Comité Asesor y unos Jefes de Servicios que se encargan de cumplir las misiones encomendadas por el Director del Plan Provincial.

El Centro de Coordinación Municipal (CECOPAL) constituye el Puesto de Mando Municipal, en consecuencia deberá:

– Mantener permanentemente informada a la población y a la Dirección del Plan.

– Comprobar el cumplimiento adecuado de las medidas de protección que se dicten tanto en lo referente a las personas como a los animales.

– Colaborar en el control del tráfico en el casco urbano.

– Colaborar en la distribución de los abastecimientos, conocer las necesidades y comunicarlas a los servicios correspondientes para su provisión.

Municipios sede de Estaciones de Clasificación y Descontaminación (ECD)

Estos serán designados teniendo en cuenta los siguientes criterios:

– Distancia suficiente, pero no excesiva, con respecto a la Central Nuclear involucrada, pero siempre fuera de la Zona I.

– Disponibilidad de accesos adecuados.

– Existencia de instalaciones deportivas, dotadas de equipamientos aptos para el cumplimiento de sus funciones.

Cumpliendo estos criterios, los Municipios pueden cubrir la función de servir de sede a una ECD y suministrar el apoyo, dentro de sus posibilidades, que

ésta pueda necesitar para su funcionamiento y evitando además toda situación que pueda constituir un obstáculo al correcto desarrollo de las misiones de la ECD.

Por lo tanto, los Servicios Municipales de estos CECOPALES deberán:

– Mantener permanentemente informada a su población para evitar situaciones de confusión o pánico.

– Colaborar en el control del tráfico en el casco urbano.

– Colaborar con el Grupo Logístico en la provisión de cuantos suministros pueda necesitar la ECD para su correcto funcionamiento.

Municipios con funciones de Areas Base de Recepción Social (ABRS)

Estos serán designados teniendo en cuenta los siguientes criterios:

– Distancia suficiente, pero no excesiva, con respecto a la Central Nuclear involucrada, pero siempre fuera de la Zona I.

– Disponibilidad de accesos adecuados.

– Disponibilidad de locales apropiados para alojar a los evacuados que se les destinen y para recibir, almacenar y distribuir las provisiones necesarias.

Cumpliendo estos criterios, los Municipios pueden cubrir la función esencial de proporcionar albergue a los evacuados, habilitando para ese fin los locales apropiados (hoteles, colegios o edificios públicos que puedan adaptarse transitoriamente a esa función).

Por lo tanto, los Servicios Municipales de estos CECOPALES deberán:

– Colaborar con el Grupo Logístico para resolver las necesidades previstas para el cumplimiento de su misión, así como las no previstas que pudieran presentarse.

– Registrar todos los movimientos de altas y bajas que se produzcan entre los evacuados e informar de ellos a quien lo solicite, sean autoridades competentes o familiares.

– Colaborar en el control del tráfico en el casco urbano.

– Mantener informada a la población del propio término municipal para prevenir las situaciones de pánico o confusión que puedan presentarse.

Municipios como Centros de Apoyo

En el Plan Provincial y Planes Municipales estarán previstos unos Municipios que, si bien debido a su situación geográfica no resultan directamente afectados por la emergencia, tendrán la consideración de Centros de Apoyo, en los que se establecen unos servicios que, en colaboración con los distintos Grupos del Plan Provincial, prestarán el auxilio que precisen los Municipios de la zona declarada por el Director Provincial y la población evacuada en su paso hacia la ECD y centros de albergue de ABRS.

Hasta el momento es solamente aplicable a las Centrales de Santa María de Garoña y Ascó.

Municipios de la Zona II: exposición por ingestión

Son los que se encuentran comprendidos dentro de la zona de exposición por ingestión, dado que, en caso de accidente nuclear, en ella puede existir un riesgo radiológico asociado al consumir productos alimenticios y agua potable contaminados por los efluentes emitidos.

El Grupo Logístico debe tener prevista la posibilidad de rápida transmisión a los Municipios, incluidos en esta zona, de las comunicaciones referentes a las medidas de protección destinadas a prevenir los riesgos indicados, así como la señalización y vigilancia de las áreas que resulten afectadas que quedarán bajo control del Grupo Radiológico.

Dentro de esta zona quedan bajo el control del Grupo Logístico las rutas de evacuación, continuándose este control hasta las ECD y las ABRS.

Actuaciones de los distintos tipos de municipios para cada una de las situaciones

Fase de Preemergencia: viene caracterizada por sucesos que no producen vertidos anormales al exterior, o si se producen, los efectos esperados sobre la población no alcanzan los niveles inferiores de intervención.

SITUACION 0

Cuando el suceso ocurrido es tal que no se esperan, razonablemente, vertidos al exterior. No se hace necesaria la adopción de medidas de protección a la población.

Al tratarse éste de un período de consultas entre el Director del Plan Provincial, el SALEM y el Director de Emergencia, orientados al análisis de la situación y al estudio y seguimiento del suceso causante de la misma, no existirá ningún tipo de notificación a los Municipios, ni éstos deberán realizar ninguna actuación al respecto.

SITUACION 1

Municipios de la Zona I

Notificados de la Preemergencia desde el CECOP en los Municipios de la Zona I sus Alcaldes se dirigirán a los Centros de Coordinación Operativa Municipal (CECOPAL) y avisarán a los miembros que componen dichos órganos para que ocupen sus puestos. Una vez constituido el CECOPAL, darán cuenta de ello al Director del Plan.

A partir de esta situación, el CECOPAL cuidará de que no se produzcan alarmas innecesarias por informaciones no procedentes del CECOP, y mantendrá debidamente informada a la población, utilizando los medios disponibles.

Las actuaciones son, pues:

* Notificaciones entre mandos y responsables.

* Constitución y organización del puesto de mando.

* Notificación al CECOP de la constitución del CECOPAL.

* Información a la población y control de la situación local.

Fase de Emergencia: caracterizada por la aplicación de medidas de protección a la población. El grado de activación del Plan viene definido por aquella situación que el Director del Plan decida, una vez consultados el SALEM y el Comité Asesor, teniendo en cuenta las áreas afectadas.

SITUACION 2

Una vez declarada esta situación por la Dirección del Plan, las acciones a tomar, además de las especificaciones para situaciones anteriores, son:

Municipios de la Zona en que se declare la Situación 2

* Convoca a todo el personal que interviene en la emergencia.

* Suministra información a la población con arreglo a las directrices del CECOP.

* Solicita los medios de aviso complementarios previstos en el Plan Municipal para realizar los avisos a la población u otros medios que sean necesarios en razón de alguna incidencia.

* Ejecuta las instrucciones para el confinamiento y la protección personal que se determinan por el CECOP.

* Realiza la evacuación de los centros escolares y reintegra a los alumnos a sus domicilios.

* Transmite datos de los detectores de radiactividad al CECOP.

* Colabora en el control de accesos al casco urbano si así se le ordena.

* Inicia medidas profilácticas, si así se dispone por el Director del Plan, bajo el control de los Jefes Locales de Sanidad.

* Prepara posible evacuación de grupos críticos suministrando al CECOP datos y comunica el número de personas que por estar enfermas o impedidas necesitan transporte sanitario.

Municipios sede de Estaciones de Clasificación y Descontaminación (ECD)

En esta situación, el Alcalde del Municipio sede de la ECD que se haya seleccionado se dirigirá al Ayuntamiento y convocará a su Comité Asesor para constituir el Puesto de Mando.

Municipios con funciones de Areas Base de Recepción Social (ABRS)

Los Alcaldes de los Municipios que cumplan funciones de ABRS que se hayan determinado se dirigirán al Ayuntamiento y convocarán a su Comité Asesor para constituir el Puesto de Mando.

Cuando se estime que algún Municipio que cumple funciones de ABRS puede ser utilizado, se le comunicará para que el Alcalde inicie sus acciones preparatorias. Esta orden llegará a través del Coordinador Municipal.

Asimismo, formularán las peticiones previstas en el Plan referente a suministros necesarios para cumplir con sus misiones.

SITUACION 3

Una vez declarada esta situación por la Dirección del Plan, procede la realización de las acciones que se describen a continuación:

Municipios de la zona en que se declare la Situación 3

* Realiza evacuación de grupos críticos, si así se ordena desde el CECOP.

* Cumple las normas sobre alimentos y agua.

* Aplica medidas de protección a los animales.

* Conoce las necesidades de la población confinada y las satisface en la medida de sus recursos, solicitando al CECOP aquellos suministros que no pueda obtener por sus propios medios.

Municipios sede de Estaciones de Clasificación y Descontaminación (ECD)

* Convoca a todo el personal que interviene en la emergencia.

* Activa la ECD de acuerdo a las instrucciones que recibe.

* Suministra información a la población.

* Organiza el Servicio de Apoyo Logístico a la ECD.

* Se mantiene a las órdenes del Director del Plan para colaborar en cualquier otra misión que sea necesaria.

Municipios con funciones de Areas Base de Recepción Social (ABRS)

* Convoca a todo el personal que interviene en la emergencia.

* Prepara los alojamientos necesarios para albergar a los evacuados que se les destinen.

* Suministra información a la población.

* Aloja a los evacuados integrantes de grupos críticos que llegan al Municipio, de acuerdo con las instrucciones recibidas y las previsiones y normas de actuación contenidas en los respectivos Planes Municipales.

* Se constituye en el Ayuntamiento el Servicio de Información y Relaciones Públicas para ofrecer la información que se requiera sobre la situación y destino de los evacuados.

SITUACION 4

Una vez declarada esta situación por la Dirección del Plan, procede la realización de las acciones que se describen a continuación:

Municipios de la zona en que se declare la Situación 4

* Realiza la evacuación general de la población en la zona que determine el CECOP.

Municipios sede de Estaciones de Clasificación y Descontaminación (ECD)

* Mantiene en actividad la ECD y servicios anexos.

Municipios con funciones de Areas Base de Recepción Social (ABRS)

* Alberga a los evacuados que se les destinen, de acuerdo con las instrucciones recibidas y las previsiones y normas contenidas en los respectivos Planes Municipales.

Fin de la emergencia: A la vista de la evolución del suceso, el Jefe del Grupo Radiológico propondrá al Director del Plan la conveniencia de dar por terminada la emergencia en lo que respecta a las medidas de protección, siempre que la situación de la Central sea tal que no se espere razonablemente la emisión de radiactividad al medio, de forma incontrolada, y se adopten las medidas que se establezcan para la vuelta a la normalidad en función de la situación real que resulte del accidente.

Disponibilidad de medios

– Municipios de la Zona I

La organización que actúa en estos Municipios constituye el enlace entre la Dirección del Plan y la población directamente afectada.

Para un eficaz cumplimiento de sus funciones se requieren medios que aseguren:

* Una comunicación instantánea, permanente y segura con el CECOP a través, al menos, de los medios de transmisión.

* Una comunicación igualmente fluida entre todos los integrantes de la Organización.

* La posibilidad de hacer llegar con la mayor rapidez posible, la información y las instrucciones decretadas por la Dirección del Plan a todos y cada uno de los habitantes del término municipal, tanto dentro del casco urbano como fuera de él.

* Un conocimiento permanente de las medidas de radiación de los detectores situados en el Ayuntamiento.

* Un conocimiento detallado del área afectada, que haga posible determinar con exactitud el alcance geográfico de la emergencia.

* Un mecanismo de registro y grabación de todas las comunicaciones que se reciben y emiten por el CECOPAL, a fin de hacer posible la reconstrucción posterior de las actuaciones.

* El control radiológico del personal de intervención.

* Un sistema de presentación de la información que permita su visualización aislada o simultánea en cualquier momento.

Debiendo contar para ello con los siguientes Medios Permanentes:

* Un transceptor base para enlazar con la Red de Mando de Protección Civil.

* Un vehículo apropiado a las condiciones en que desenvolverá sus funciones equipado con un transceptor móvil de radio.

* Un equipo de megafonía adecuado para el casco urbano, siempre que esté ubicado en la Zona I.

* Transceptores portátiles en número adecuado a las funciones y el personal que componen los equipos municipales.

* Un detector de radiactividad ambiental.

* Teléfonos de abonado CTNE integrados en la red automática.

* Un plano del área potencialmente afectada (Zona I) con señalización de los círculos de 3,5 y 10 km en torno al reactor y 16 rumbos.

* Plantilla de delimitación del área de actuación permanente.

* Una sala de trabajo donde los componentes del CECOPAL puedan realizar conjuntamente las misiones encomendadas por el Plan.

Municipios sede de Estaciones de Clasificación y Descontaminación (ECD)

Los Municipios en que se instalan ECD deberán ofrecer a ésta todo el apoyo logístico que requiere, dentro de las posibilidades a su alcance.

Para ello se requieren medios que aseguren:

* Una comunicación fluida y permanente con el Director del Plan.

* Una comunicación fluida entre el Puesto de Mando Municipal y la ECD.

* Difusión de información a la población del casco urbano, a fin de que conserve la disciplina y el orden interno.

* La posibilidad de instalar puestos de control de tráfico en el casco urbano y regular adecuadamente la circulación.

* El registro de las actuaciones desarrolladas a lo largo de la emergencia.

Debiendo contar para ello con los siguientes medios permanentes:

* Un transceptor base para enlazar con la Red de Mando de Protección Civil.

* Teléfono de abonados CTNE o medio alternativo para comunicar a la ECD con el Puesto de Mando Municipal.

* Material impreso para el registro de las actuaciones desarrolladas a lo largo de la emergencia.

Municipios con funciones de Areas Base de Recepción Social (ABRS)

Las ABRS tienen por finalidad dar albergue a los posibles evacuados del área afectada. Para un eficaz cumplimiento de esta función, se requieren medios que aseguren:

* Una comunicación fluida con la Dirección del Plan.

* Una comunicación fluida del Puesto de Mando Municipal con los integrantes de la organización que cumplen su función fuera del mismo.

* Un conocimiento actualizado de los edificios aptos para el albergue de evacuados.

* Un conocimiento actualizado de los establecimientos comerciales capaces de poseer los suministros necesarios para los evacuados.

* Una difusión de la información a la población del casco urbano, a fin de que conserve la disciplina y el orden interno.

* Una comunicación fluida entre cada uno de los centros de albergue que se habiliten y el Puesto de Mando.

* La posibilidad de instalar puntos de control del tráfico en el casco urbano para regular adecuadamente su fluidez.

* Un sistema de registro de la situación de las personas albergadas.

Debiendo contar para ello con los siguientes medios permanentes:

* Un transceptor base para enlazar con la Red de Mando de Protección Civil.

* Transceptores portátiles en número adecuado a las funciones a realizar y al personal que compone los equipos municipales.

* Teléfonos de abonados CTNE o medio alternativo para comunicación de los centros de albergue con el Puesto de Mando Municipal.

* Material impreso para el registro de la situación de las personas albergadas.

* Listado de edificios públicos y privados aptos para centros de albergue y de almacenamiento de suministros.

* Listado de establecimientos comerciales para previsión de suministros.

Como así también los siguientes medios que se activen:

* Edificios públicos aptos para centros de albergue y de almacenamiento de suministros.

Y los medios que se utilizan:

* Edificios privados aptos para centros de albergue y de almacenamiento de suministros.

De acuerdo con lo expuesto, la mayoría de los medios, tanto humanos como materiales, están habitualmente encuadrados en actividades distintas y son movilizados en una situación de emergencia.

CAPITULO 10

MANTENIMIENTO DE LA EFECTIVIDAD Y OPERATIVIDAD DEL PLAN

INTRODUCCION

Tanto en la construcción como durante el funcionamiento de una Central Nuclear, se aplican unos **criterios estrictos de seguridad.** Esta circunstancia implica la falta de oportunidades reales de la puesta en práctica de un Plan de Emergencia Nuclear, dada la casi ausencia de accidentes nucleares.

Por lo tanto es imperativo, dada la falta de oportunidad de su aplicación, establecer unos objetivos y asignar unas misiones a los principales responsables del Plan tanto para mantenerlo al día, como para garantizar su efectividad en cualquier momento que fuese precisa su aplicación.

Dichos objetivos son:

a) Preparación de la organización.

b) Actualización del Plan.

Las vías para la consecución de estos objetivos significan:

a) Asegurar el conocimiento del Plan para todas las personas que intervienen en el mismo.

– Mantener la operatividad tanto de equipos humanos como de medios materiales.

– Comprobar, mediante ejercicios y simulacros, este conocimiento y operatividad.

b) Disponer las revisiones precisas de acuerdo a las experiencias extraídas de ejercicios y simulacros.

– Incluir las nuevas normativas o técnicas que se puedan adoptar.

Las misiones asignadas a cada uno de los estamentos fundamentales de la organización, para alcanzar los objetivos fijados, son:

a) Del Director del Plan:

– Coordinar el mantenimiento de la organización.

– Coordinar y evaluar los ejercicios y simulacros.

– Disponer las revisiones que se hagan necesarias.

b) *De los Jefes de los Grupos de Acción:*

– Mantener y comprobar la preparación de su grupo, participando en la realización de simulacros y ejercicios relacionados con las misiones del grupo.

– Proponer al Director del Plan revisiones del mismo.

– Participar en las revisiones generales que se dispongan.

c) De los Jefes de los Servicios Operativos:

– Mantener y comprobar la preparación del Servicio respectivo, participando en la realización de simulacros o ejercicios.

– Proponer al Jefe del Grupo las revisiones adecuadas del Plan dentro del ámbito de sus competencias.

– Participar en las revisiones generales que se dispongan.

CONOCIMIENTO DEL PLAN

El conocimiento del Plan es el primer requisito para su operatividad.

Para asegurarlo se establecen tres cauces: Distribución del Plan, Programa de Capacitación y Programa de Información.

Distribución del Plan

El Plan será distribuido a los Jefes de Grupo, a los Componentes del Comité Asesor, a los Jefes de los Servicios Operativos y a los Responsables de la Organización Municipal.

Estos deberán conocerlo adecuadamente y difundir, entre los miembros de sus respectivas Organizaciones, las partes del mismo cuyo conocimiento sea preciso para el desarrollo de su actividad en el Plan, así como las instrucciones particulares del propio servicio que detallen sus misiones específicas.

Programa de capacitación

Con el fin de asegurar un nivel básico y homogéneo de conocimientos en el personal que debe intervenir en el Plan, particularmente de los mandos intermedios, se elaborará y aplicará siguiendo las directrices de la Dirección General de Protección Civil y del Consejo de Seguridad Nuclear, con el concurso de cuantos Organismos e Instituciones se considere necesario, un Plan Gene-

ral de Capacitación destinado a todo el personal que se mencione en el Plan de Emergencia y deba actuar en él.

El Plan General de Capacitación deberá armonizar el nivel de adiestramiento de cada integrante con su nivel previo de conocimientos y el carácter de sus actuaciones y grado de responsabilidad dentro del Plan de Emergencia.

Los objetivos fundamentales del Plan General de Capacitación son:

– Asegurar un conocimiento adecuado acerca de las características posibles de un accidente nuclear, los riesgos que comporta y las medidas de protección que se han de adoptar.

– Dar a conocer la estructura organizativa del Plan de Emergencia para responder a esos riesgos y aplicar las medidas de protección.

– Lograr un adiestramiento suficiente para la ejecución de las funciones encomendadas, exponiéndolas ampliamente. Realizando, en la medida de las necesidades, ejercicios y demostraciones prácticas de su desarrollo.

Programa de Información

Siguiendo las directrices de la Dirección General de Protección Civil y del Consejo de Seguridad Nuclear, se elaborará y aplicará un Plan de Información a la población del área potencialmente afectada, que se ejecutará con la participación de los respectivos Ayuntamientos.

Con dicho Programa se pretende una adecuada reacción por parte de la población afectada, mediante el conocimiento suficiente de los riesgos que supone la emergencia y las medidas adoptadas para minimizarlos.

De esta manera se evitará, en lo posible, la presencia de reacciones individualistas, insolidarias e indisciplinadas, que puedan entorpecer la aplicación de las medidas que se adopten.

Una vez logrados los objetivos de capacitación del personal y de intervención e información a la población del área afectada, se deberá atender el mantenimiento de los niveles básicos alcanzados. Ello se podrá lograr mediante cursillos de capacitación e información de carácter periódico que podrán coordinarse con los ejercicios, simulacros y comprobaciones periódicas.

OPERATIVIDAD DE LOS EQUIPOS HUMANOS Y MEDIOS MATERIALES

Como complemento del nivel de capacitación e información obtenido será necesario asegurar el mantenimiento de la operatividad de los medios disponibles y del adiestramiento del personal en su correcta utilización.

Para ello se establecen tres mecanismos básicos: simulacros, ejercicios y comprobaciones periódicas.

Simulacros

Es la simulación de una situación de accidente que activa en Plan y permite

comprobar la capacidad de respuesta y el empleo de los medios previstos en él.

Los simulacros pueden ser generales o parciales, según involucren a la totalidad de la organización o bien sólo a determinados Grupos o Servicios, o niveles de mando o de ejecución.

Los simulacros generales podrán incluir, o no, la simulación de los aspectos vinculados al Plan de Emergencia Interior de la Central Nuclear involucrada. Requiriendo o no, por lo tanto, la realización de las acciones correspondientes en el interior de la misma. Pero incluso en aquellos que no impliquen movimientos internos de la Central, ésta deberá permanecer atenta a las comunicaciones y participar con el personal adecuado en todo lo que se le ordene por el Director del Plan.

La finalidad de un simulacro de emergencia es la comprobación, no solamente de los componentes principales del Plan, sino también del nivel de preparación alcanzado. Es decir, la eficacia con que las diferentes organizaciones involucradas llevan a cabo sus actuaciones.

Para el diseño de un simulacro deberá efectuarse un estudio previo del desarrollo previsto de la emergencia.

El Director del Plan, con la colaboración del Comité Asesor, elaborará el programa del simulacro.

El programa comprenderá los datos de desencadenamiento del supuesto, las características y evolución del mismo, las medidas de protección que requiere y los objetivos a cumplir, incluyendo los tiempos óptimos y máximos aceptables de respuesta. Estas previsiones se compararán con los tiempos que se obtengan realmente, los cuales serán debidamente registrados.

El diseño debe estar escrito de forma que sea asimilado fácilmente por los actuantes y permita cierta flexibilidad en la respuesta ante algunos hechos.

Esta flexibilidad debe lograr el equilibrio óptimo de libertad de actuación dentro del marco de simulación, es decir, cuando el marco sea meramente docente la flexibilidad será mínima.

La comparación será realizada por el Comité Asesor, bajo la dirección del Director del Plan, mediante una reunión en la que se efectuará un juicio crítico del simulacro.

El Director del Plan propondrá a la Dirección General un plan anual de simulacros, que incluirá como mínimo la realización de uno general.

A su vez, la Dirección General de Protección Civil se encargará de coordinar los simulacros de las distintas provincias entre sí, de tal manera que, a lo largo del año, se puede reunir la máxima diversidad de experiencias posibles, tanto en cuanto a los supuestos desencadenantes como en lo que se refiere a los objetivos a alcanzar, acciones a realizar y recursos humanos a movilizar.

También, los simulacros anuales de cada provincia deberán ser adecuadamen-

te diversificados, con el objeto de lograr en el plazo más breve posible la comprobación de la operatividad de todos los recursos en distintas situaciones.

Ejercicios

Consisten en el desarrollo de una o más operaciones concretas del Plan, para comprobar y mantener el conocimiento práctico, la destreza del personal que interviene en su realización y la perfecta adecuación de los medios materiales que deben utilizarse en la misma.

Los ejercicios pueden ser de varios tipos, según sus alcances, niveles y sectores de la estructura organizativa que involucren y sus objetivos específicos.

Desde el punto de vista del personal implicado pueden ser:

- Ejercicios que involucren a la totalidad de un Grupo de Acción.
- Ejercicios que involucren a un determinado nivel de mandos o varios de ellos, para todos los Grupos.
- Ejercicios que afecten a uno o más Servicios de determinado Grupo.

Desde el punto de vista de sus objetivos específicos los principales ejercicios que se prevén son:

- De comunicaciones.
- De localización de mandos y personal operativo.
- De movilización de vehículos.
- De verificación de datos y planificación de actividades.
- De comprobación de funcionamiento de medios materiales.
- De emergencia médica.
- De vigilancia radiológica.

La determinación de los ejercicios a realizar por las distintas partes de la Organización a lo largo del año, se hará de tal manera que con ellos se pueda movilizar y poner a prueba especialmente aquellos Servicios que no se hayan visto afectados o hayan tenido una escasa participación en el simulacro previsto para ese mismo año.

De esta manera, cada año se logrará poner a punto la totalidad de la estructura organizativa del Plan.

La frecuencia de estos ejercicios será anual salvo que, por razones particulares de la naturaleza de la operación de que se trate, sea recomendable una frecuencia mayor.

El Director del Plan propondrá a la Dirección General de Protección Civil un plan anual de ejercicios teniendo en cuenta los criterios que se han enunciado y las sugerencias de los Jefes de cada Grupo para los Servicios integrantes del mismo.

La Dirección General de Protección Civil se encargará a su vez de coordinar los Planes de Ejercicios respectivos de las distintas provincias.

Comprobaciones periódicas

Determinados medios materiales que integran la dotación de los Planes de Emergencia Nuclear, en particular aquellos que se han clasificado como "medios permanentes", requieren para su mantenimiento en óptimas condiciones de utilización, un uso regular y periódico y una igualmente periódica verificación de su estado.

Para ello se deberán prever comprobaciones periódicas que serán ejecutadas por los distintos Servicios involucrados, con una frecuencia adecuada a las necesidades de cada uno de los medios de que se trate.

Tal es el caso de:

- Los medios de transmisión específicamente incorporados para la dotación del Plan.
- Los de avisos a la población.
- Los de detección de la radiactividad.
- Los equipos de vigilancia radiológica, etc.

Los responsables de los Servicios a que se asignan estos medios deberán encargarse de proponer la frecuencia con que se verificará su funcionamiento y de ejecutar tales comprobaciones en los plazos establecidos.

ACTUALIZACION DEL PLAN

Como resultado de las experiencias de los simulacros, ejercicios y comprobaciones periódicos se efectuarán las revisiones y actualizaciones tanto del Plan Provincial como de los Planes Municipales. Se estudiarán estas revisiones con carácter ordinario una vez al año.

Asimismo, el Director del Plan o el Consejo de Seguridad Nuclear podrán proponer a la Dirección General de Protección Civil una revisión de carácter extraordinario, cuando así lo requieran las variaciones en la normativa técnica o jurídica o de alguno de los aspectos que hacen posible su funcionamiento.

De igual modo, siempre que se produzcan alteraciones en los datos correspondientes al personal actuante, alta o baja de medios a disposición del Plan, etc., los Jefes de los Grupos o Servicios respectivos efectuarán su modificación directamente notificándolo al Director del Plan.

Pero aquellas notificaciones cuyos cambios inciden sobre la operatividad del Plan se deben proponer previamente al Director del Plan Provincial.

ADENDA

BASES DE ACTUACION DE LOS GRUPOS DE ACCION

BASES DE ACTUACION DEL GRUPO RADIOLOGICO EN CASO DE EMERGENCIA

INTRODUCCION

El principio de "Actuación coordinada" es el que más influencia tiene en la operatividad del Plan, puesto que en él se desarrollan las actuaciones de los distintos estamentos de la organización con el fin de adoptar las medidas conducentes a una eficaz protección de la población.

Si bien la presentación es secuencial, se pretende que, dada una cierta situación, todas las acciones de las situaciones anteriores pueden irse acumulando progresivamente a fin de llegar a la adopción de las medidas que aquélla determine en un intervalo temporal suficiente para que la movilización, aproximación y empleo de los medios sea congruente con la urgencia de la aplicación de tales medidas.

OBJETO

Definir la actuación de todos los componentes del Grupo Radiológico, desde ahora GR, a las distintas Fases de Preemergencia y Emergencia, previstas en el Plan Básico de Emergencia Nuclear, desde ahora PBEN, así como los medios materiales a utilizar por dicho Grupo de Acción.

Esta actuación se desarrolla en cada Plan Provincial de Emergencia como procedimientos escritos.

ALCANCE

Aplica a todo el personal y los medios materiales asignados por el Plan Provincial al GR.

GENERAL

Funciones y Responsabilidades

– *Del Jefe del GR, desde ahora JGR*

FASE DE PREEMERGENCIA: SITUACION 1.

* Integrarse al Comité Asesor.

* Recibir los datos iniciales de la instalación nuclear y aquellos otros que sean de interés radiológico en esta fase del Plan como, entre otros, los recabados del Servicio Meteorológico.

* Evaluar, con el asesoramiento técnico de la Sala de Emergencias del Consejo de Seguridad Nuclear, desde ahora SALEM, la información recibida.

* Notificar los resultados de tal evaluación al Director del Plan, desde ahora DP, y proponerle la declaración de cambio de Situación, si lo considerase necesario.

* Mantener contacto y recibir información del Servicio Meteorológico.

* Alertar a los Servicios y Equipos que constituyen el GR.

* Delegar en el Segundo Jefe y/u otro personal a sus órdenes las funciones que crea necesarias.

FASE DE EMERGENCIA: SITUACION 2.

* Mantener en vigor todas las actuaciones de la situación anterior.

* Solicitar del Jefe del Grupo Logístico, desde ahora JGL, la activación de la Red de Alerta a la Radiactividad, desde ahora RAR, y los medios de apoyo que considere necesarios.

* Activar y desplazar las unidades móviles.

* Aconsejar al DP del cambio a otras situaciones de Emergencia y las medidas de protección a adoptar así como su área de aplicación.

* Solicitar equipos de ayuda exterior.

* Determinar, en colaboración con los demás grupos, cuáles serán las ECD y ABRS, a utilizar en caso necesario y, una vez hecho esto, proceder a la asignación de los técnicos a las ECD.

* Asignar los técnicos a los Controles de Acceso.

FASE DE EMERGENCIA: SITUACION 3.

* Ordenar la incorporación de los técnicos a las ECD seleccionadas.

* Mantener en vigor todas las actuaciones anteriores necesarias para esta Situación.

* Organizar el control radiológico del personal que intervenga en la emergencia, de acuerdo con el procedimiento correspondiente.

* Recibir y evaluar permanentemente los datos dosimétricos y radiológicos para control de alimentos y aguas.

* Ordenar la colaboración con el Grupo Sanitario para implantar medidas de protección a los animales.

FASE DE EMERGENCIA: SITUACION 4.

* Mantener en vigor todas las actuaciones anteriores adecuándolas a la evolución de la emergencia.

FIN DE LA EMERGENCIA.

* Informar al DP de que no se prevé la toma de medidas de protección urgentes adicionales a las ya tomadas, según la evaluación de la evolución de la emergencia realizada de acuerdo con el SALEM.

* Proponer el Fin de la Emergencia al DP, así como las medidas de protección a tomar para la Vuelta a la Normalidad, si fuera el caso.

– *Del Segundo Jefe del Grupo Radiológico*

FASE DE PREEMERGENCIA: SITUACION 1.

* Realizar las misiones del JGR, hasta que éste se persone en el CECOP.

* Informar al JGR de las incidencias ocurridas en su ausencia y cumplir las instrucciones recibidas de él.

* Velar por el cumplimiento de los procedimientos e instrucciones de actuación por parte de los servicios y equipos del GR.

FASE DE EMERGENCIA: SITUACIONES 2, 3 Y 4.

* Idem anterior.

FIN DE LA EMERGENCIA.

Idem anterior.

– *De los Jefes de Equipos*

FASE DE PREEMERGENCIA: SITUACION 1.

* Mantener el contacto con el JGR.

FASE DE EMERGENCIA: SITUACIONES 2, 3 Y 4.

* Mantener el contacto con el JGR, notificando las incidencias que se presenten en el desarrollo de sus misiones respectivas.

* Encargarse del cumplimiento de los procedimientos e instrucciones correspondientes a su ámbito de actuación, en especial los referentes a la notificación de datos al JGR.

* Distribuir las distintas tareas entre los miembros de su Equipo.

* Comunicar, cuando así lo estime el JGR, instrucciones de tipo radiológico al personal a su cargo, miembros de otros equipos u otros Grupos de Acción, así como a la población afectada.

– *Del personal que forma los equipos*

FASE DE PREEMERGENCIA: SITUACION 1.

* Mantener contacto con su Jefe inmediato.

FASE DE EMERGENCIA: SITUACIONES 2, 3 Y 4.

* Realizar las tareas que su Jefe respectivo les encomienda.

* Cumplir los procedimientos e instrucciones que apliquen a cada momento.

* Notificar a sus respectivos responsables todas aquellas dificultades e incidencias que se presenten para la realización de dichos procedimientos.

* Utilizar los equipos de protección personal y de instrumentación según el procedimiento previsto.

Estructura

El Grupo Radiológico se estructura conforme al diagrama:

– Jefatura del Grupo Radiológico: Jefe y Segundo Jefe.

– Organismo Técnico Asesor: SALEM.

– Equipos:

Equipo de Control Ambiental.

Equipo de Control de Acceso.

Equipo de ECD.

Red de Alerta a la Radiación.

Equipo de Gestión de Residuos.

Referencias

– Decreto 2562/1972. Reglamento sobre Instalaciones Nucleares y Radiactivas (B.O.E. n.º 255 de 24 de octubre de 1972).

– Ley 15/1980 de Creación del Consejo de Seguridad Nuclear (B.O.E. n.º 100 de 25 de abril de 1980).

– Real Decreto 2519/1982. Reglamento sobre Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes (B.O.E. n.º 241 de 8 de octubre de 1982).

– Real Decreto 1753/1987 por el que se modifica parcialmente el Real Decreto 2519/1982 (B.O.E. n.º 13 de 15 de enero de 1988).

– NUREG 0654 "Criteria for Preparation and Evaluation of Radiological Response Plans and Preparedness in support of Nuclear Power Plants". Rev. 1. Nov. 1980.

- NUREG 0396 "Planning Basis for Development of State and Local Government Radiological emergency Response Plans in Support of Light Water Nuclear Power Plants". Dic. 1978.

- EPA-520/1-075-001 "Manual of Protective Action Guides and Protective Actions for Nuclear Incidents". Sep. 1955. Revised Jun. 1979. Corrected Feb. 1980.

- ICRP Publication 26. Recommendations of the ICRP.

- Plan Básico de Emergencia Nuclear. Revisión 02. 13 de noviembre de 1986.

- ICRP Publication 28. Principles and General Procedures for Handling Emergencies and Accidental Exposures of Workers.

- ICRP Publication 29. Radionuclide Release into the Environment: Assessment fo Doses to Man.

- ICRP Publication 40. Protection of the Public in the Event of Major Radiation Accidents: principle for Planning.

- ICRP Publication 43. Principles of Monitoring for the Radiation Protection of the Population.

- Safety Series n.º 50-SG-06 Preparedness of the Cooperating Organization (Licensse) for Emergencies at Nuclear Power Plants. IAEA Viena 1982.

- Safety Series 50-SG-G6 Preparedness of Public Authorities for Emergencies at Nuclear Power Plants. OIEA Viena 1982.

- NCRP Report n.º 65. Management of Persons Accidentally Contaminated with Radionuclides. 1979.

- Safety Series n.º 47. Manual on Early Medical Treatment of Possible Radiation Injury. OIEA 1978.

- Colección Seguridad n.º 55. Planificación de las medidas de emergencia en el exterior del emplazamiento en caso de accidente radiológico en una instalación nuclear. OIEA 1982.

- Colección Seguridad n.º 72. Principles of Establisding Intervention Levels for the Protection of the Public in the Event of a Nuclear Accident or Radiological Emergency. OIEA 1985.

- Colección Seguridad n.º 81. Niveles de Intervención Derivados para su aplicación al control de las dosis de radiación al público en caso de accidente nuclear o de emergencia radiológica. Principios, procedimientos y datos. OIEA 1988.

DESCRIPCION

Medios materiales a utilizar

En el CECOP

* Materiales de registro y papelería: formatos.

* Materiales de información - IFS, PEN, procedimientos.

* Medios de comunicación.

* Listado de instalaciónes radiactivas que pueden mostrar material y medios humanos.

Equipos de control ambiental

* Vehículos.

* Emisoras.

* Detectores de distintos tipos (contaminación superficial de amplio rango y contaminación ambiental –radiámetros–).

* TLD's y dosímetros de lectura directa con sus cargadores.

* Material de recogida de muestras (desplantadores, garrafas de plástico, bolsas de plástico) y muestreadores de aire portátiles y a baterías con filtros (para partículas y para yodos).

* Espectrómetros.

* Vestuarios de protección (mono, cubrecalzados, guantes de goma y de tela, cubrecabezas, buzo).

* Equipo especial: mascarillas y filtros (partículas y carbono activo).

* Material auxiliar: placas, formatos, etiquetas, material de escritura.

Equipo de control de acceso

* Vehículos.

* Detectores de radiación y contaminación.

* Carteles de señalización.

* Material diverso de oficina: formatos, etiquetas, registros de posible material contaminado.

* Bolsas de plástico y cajas para material contaminado: por ejemplo, papel de frotis usado.

* Vestuario de protección: monos, máscaras, cubrecalzados, cinta adhesiva, cubrecabezas, etc., aunque pueda no ser necesario según la ubicación del control.

* Material de transmisiones o acceso al mismo.

* Procedimientos escritos y material de oficina.

Equipo de ECD

* Material médico de descontaminación.

* Detectores de contaminación y radiación.

* Dosímetros TLD y de lectura directa.

* Material de oficina, procedimientos escritos, formatos, etiquetas y señalización.

* Vestuario de protección (monos o batas, cubrecalzados, guantes, cubrecabezas).

* Carteles, balizas, etc.

* Vestuario para personal contaminado (todo el personal procedente de zonas potencialmente contaminadas será provisto de cubrecalzados, etc.).

* Equipo de transmisiones o acceso al mismo.

* Bolsas de plástico, cubos grandes de basura, etc. para manejo de residuos.

* Si la ECD es móvil el material básico es el de descontaminación análogo al caso fijo pero móvil.

Red de alerta a la radiación (RAR)

* Material de registro.

* Material de medida: tipo MR-6 o similar en cada punto.

Equipos de gestión de residuos

* Vestuario de protección.

* Detectores de radiación (o posibilidad de solicitar del equipo donde se intervenga –de ECD, de Control de Acceso– la realización de mediciones).

* Material de embidonado y manipulación de residuos.

* Plásticos en forma de bolsas, de recubrimientos, etc.

* En algunos casos podrán ser necesarias medidas de descontaminación de materiales.

Modo de Operación

FASE DE PREEMERGENCIA: SITUACION 1.

– Constitución de la Jefatura del GR y asunción por sus componentes de las tareas previstas en esta Fase.

FASE DE EMERGENCIA: SITUACIONES 2, 3 Y 4.

– Constitución de la organización completa del GR y realización de las acciones previstas en los procedimientos, así como las adicionadas por la Jefatura del GR, conforme se desarrolla la Emergencia, y que pueden resumirse en:

A realizar en el Gobierno Civil

– Evaluar los datos radiológicos y dosimétricos de la situación, en coordinación con el SALEM.

– Marcar la situación en el plano de la zona y sector designado como preferente de acuerdo con las instrucciones recibidas del SALEM.

– Solicitar la activación de la RAR.

– Recabar datos de la RAR.

– Realizar el control radiológico del personal que interviene en la emergencia.

– Activar y enviar las unidades móviles.

– Coordinar las actuaciones con los otros Grupos de Acción.

– Asignar los técnicos para las ECD y el Control de Acceso.

– Comunicar al SALEM y al DP las necesidades de ayuda externa.

Equipo de control medioambiental

– Desplazar las unidades móviles adscritas al mismo por las rutas previstas en el procedimiento.

– Realizar las medidas previstas utilizando los procedimientos definidos para ello.

Equipos de ECD y control de acceso

– Coordinar su transporte hasta los puntos designados.

– Notificar al JGR su llegada a tales puntos.

– Realizar las actuaciones previstas en los distintos procedimientos:

* De actuación del Equipo de una ECD.

* De actuación de un Equipo de Control de Acceso.

Equipo de gestión de residuos

– Asesorar, si fuera requerido, sobre los métodos de descontaminación más apropiados para que los residuos resultantes fueran los más adecuados.

– Proceder a la recogida de los residuos generados en la operación de las ECD, Control de Acceso y en cualquier punto en que se hayan generados tales residuos radiactivos.

BASES DE ACTUACION DEL GRUPO SANITARIO EN CASO DE EMERGENCIA

INTRODUCCION

El principio de "Actuación coordinada" es el que más influencia tiene en la operatividad del Plan, puesto que en él se desarrollan las actuaciones de los distintos estamentos de la organización con el fin de adoptar las medidas conducentes a una eficaz protección de la población.

Si bien la presentación es secuencial, se pretende que, dada una cierta situación, todas las acciones de las situaciones anteriores pueden irse acumulando progresivamente, a fin de llegar a la adopción de las medidas que aquélla determine en un intervalo temporal suficiente para que la movilización, aproximación y empleo de los medios sea congruente con la urgencia de la aplicación de tales medidas.

OBJETO

Definir la actuación de todos los componentes del Grupo Sanitario, desde ahora GS, en las distintas Fases de Preemergencia y de Emergencia, previstas en el Plan Básico de Emergencia Nuclear, desde ahora PBEN, así como los medios materiales a utilizar por dicho Grupo de Acción.

Esta actuación se desarrolla en cada Plan Provincial de Emergencia como procedimientos escritos.

ALCANCE

Aplica a todo el personal y los medios materiales asignados por el Plan Provincial al GS.

GENERAL

Funciones y responsabilidades

– *Del Jefe de Grupo Sanitario, desde ahora JGS*

FASE DE PREEMERGENCIA: SITUACION: 1.

* Integrarse al Comité Asesor.

* Alertar a los Servicios y Equipos que constituyen el GS.

* Constituir la Comisión Asesora.

* Delegar en el Segundo Jefe las funciones que estime necesarias.

FASE DE EMERGENCIA: SITUACION 2.

* Mantener en vigor todas las actuaciones de la situación anterior.

* Convocar a la Comisión Asesora.

* Localizar y alertar al personal sanitario de las áreas afectadas.

* Colaborar con los otros dos Grupos en la selección de las ECD a utilizar en caso necesario, y de las ABRS correspondientes.

* Informar al Director del Plan, desde ahora DP, sobre las medidas de protección propuestas por el Grupo Radiológico, desde ahora GR.

* Ordenar, si así se determina, la aplicación de las medidas profilácticas.

* Colaborar en la preparación de las operaciones de evacuación de los grupos de población que se determinen.

* Asignar los medios humanos y técnicos en las distintas ECD.

* Alertar al Centro Médico de Irradiados, desde ahora CMI, a los Centros Sanitarios de Apoyo, desde ahora CSA, y a la asistencia sanitaria de las ABRS.

FASE DE EMERGENCIA: SITUACION 3.

* Ordenar la incorporación inmediata de los equipos y ambulancias de cada ECD a sus puestos respectivos.

* Mantener en vigor todas las actuaciones anteriores necesarias para esta situación.

* Colaborar en la evacuación sanitaria de las personas impedidas enviando el número de ambulancias necesarias y tomando contacto con el Jefe del Grupo Logístico, desde ahora JGL, para control de la circulación.

* Solicitar al JGL, los medios aéreos medicalizados que fueran precisos para la evacuacón sanitaria.

* Dirigir la intervención de los equipos sanitarios en la aplicación de las medidas profilácticas.

* Activar el CMI, los CSA y la asistencia sanitaria de los ABRS.

* Ordenar el control de la aplicación de medidas de protección de animales de acuerdo con el GR.

FASE DE EMERGENCIA: SITUACION 4.

* Mantener en vigor todas las actuaciones anteriores adecuándolas a la evolución de la emergencia.

* Comunicar al CMI y a los CSA el personal evacuado que deben recibir, por precisar éste asistencia sanitaria.

* Ordenar a los miembros del GS, la colaboración en la evacuación de la población en general.

* Informar al DP una vez finalizada la evacuación y mantener el estado de alerta del GS.

FIN DE LA EMERGENCIA.

* Ordenar controlar la situación médica de los "grupos críticos" que fueron evacuados en primera instancia.

* Ordenar seguir tratamiento de las lesiones acaecidas y valorar su importancia tomando nota de todos los datos epidemiológicos y estadísticos.

* Mantener contacto con los sanitarios que hayan retenido para su observación o tratamiento a personal con algún daño en los CSA, ABRS o CMI con el objeto de ordenar mantener el control que se requiera tras su salida de tales centros.

– *Del Segundo Jefe del Grupo Sanitario*

FASE DE PREEMERGENCIA: SITUACION 1.

* Asistir en el cumplimiento de sus funciones al JGS.

* Sustituir, en sus ausencias, al JGS.

* Asegurar la adecuada coordinación entre los Jefes de los Servicios Operativos.

* Asumir las funciones que específicamente le delegue el JGS.

FASE DE EMERGENCIA: SITUACIONES 2, 3 Y 4.

* Idem anterior.

FASE DE LA EMERGENCIA.

* Idem anterior.

– *De los Jefes de Servicios y Equipos*

FASE DE PREEMERGENCIA: SITUACION 1.

* Iniciar y mantener contacto con el JGS.

FASE DE EMERGENCIA: SITUACIONES 2, 3 Y 4.

* Continuar el contacto permanente con el JGS.

* Notificar al JGS las incidencias que se presenten en el desarrollo de sus misiones respectivas.

* Encargarse del cumplimiento de los procedimientos e instrucciones correspondientes, en especial lo referente a las notificaciones al JGS para que éste centralice la información sobre la evolución sanitaria de la emergencia.

* Distribuir las distintas tareas entre los miembros de su Servicio o Equipo.

* Colaborar en la información a la población afectada sobre normas de conducta a seguir.

– *Del personal que forma los Servicios y Equipos*

FASE DE PREEMERGENCIA: SITUACION 1.

* Iniciar y mantener contacto con su Jefe inmediato.

FASE DE EMERGENCIA: SITUACIONES 2, 3 Y 4.

* Continuar el contacto con su Jefe inmediato.

* Realizar las tareas que su Jefe respectivo le encomiende.

* Cumplir los procedimientos e instrucciones que se apliquen a cada situación.

* Notificar a sus respectivos responsables todas aquellas dificultades, incidencias o necesidades que se presenten para la realización de dichos procedimientos.

* Utilizar los medios asignados según el procedimiento previsto.

Estructura

El Grupo Sanitario se estructura conforme el diagrama:

– Jefatua del GS: Jefe y Segundo Jefe.

– Asesoramiento Técnico: Comisión Asesora.

– Servicios y Equipos:

* Servicio de Primera Intervención.

* Servicio de ECD.

* Servicio de Asistencia Sanitaria a las ABRS.

* Servicio Sanitario de Apoyo.

* Servicio Médico de Irradiados.

Referencias

– Real Decreto 2519/1982. Reglamento sobre Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes (B. O. E. n.º 241 de 8 de octubre de 1982).

- Real Decreto 1753/1987 por el que se modifica parcialmente el Real Decreto 2519/1982 (B. O. E. n.º 13 de 15 de enero de 1988).

- Plan Básico de Emergencia Nuclear. Revisión 01. 13 de noviembre de 1986.

- C. S. N. Guía de Seguridad 1.3. Plan de Emergencia en Centrales Nucleares.

- Nuclear Power: Accidental releases-principles of public health action. WHO. Regional Publications. European Series n.º 16.

- Manual de Radioprotection dans les Hospitaux et en Pratique Générale. Organisation Mondial de la Santé. Géneve. 1974.

- R. Granier - D-J. Gambini. Radiobiologie et Radioprotection Appliquées.

- ICRP Publication 28. Principles and General Procedures for Handling Emergencies and Accidental Exposures of Workers.

- ICRP Publication 31. Biological Effects of Inhaled Radionuclides.

- ICRP. Publication 40. Protection of the Public in the Event of Major Radiation Accidents: principle for Planning.

- ICRP. Publication 41. Nonstochastic Effects of Ionizing Radiation.

- NCRP Report. 55. Protection of the Thyroid gland in the event of release of radioiodine.

- TROTT K.-R. 1981. Nuclear power-plant disasters. Health consecuences and need for subsecuent medical care. Lancet, 4, 2, 8236, 32-24.

- NCR Report n.º 65. Management of Persons Accidentally Contaminated with Radionuclides.

- Safety Series n.º 47. Manual on Early Medical Treatment of Possible Radiation Injury. O. I. E. A.

DESCRIPCION

Medios materiales a utilizar

Servicio de Primera Intervención

- Dosis de Yoduro potásico en número suficiente para la población local.

- Tarjetas de evacuación que permitan identificar y clasificar a las personas que necesiten asistencia Sanitaria.

- Listado de grupos críticos.

- Listado de medios que se activan en la emergencia: forma de localización y activación, tiempo de respuesta previsto.

- Botiquín de urgencias.

- Material de comunicaciones.

Servicio de Estaciones de Clasificación y Descontaminación

- Dosis de Yoduro Potásico.

– Vestuario de protección para el personal de la Estación.

– Materiales para la descontaminación.

– Bolsas y recipientes para la ropa y desechos.

– Botiquín de urgencias.

– Material de comunicaciones.

– Equipo de control dosimétrico para el personal de la Estación.

– Ambulancias.

– Ropa, calzado, toallas y sábanas, para cambio de ropa de las personas que pasan por la ECD de ser necesario.

– Material de señalización: carteles, balizas, etc.

Servicio de Asistencia Sanitaria en las ABRS

– Botiquín de urgencias.

– Vehículos.

– Dosis de Yoduro potásico para continuar tratamientos.

– Material de comunicaciones.

Servicio Sanitario de Apoyo

– Cuenta con los medios propios de los hospitales o clínicas de la provincia. Solicitará, de ser necesario, al JGS aquellos medios no existentes.

Servicio Médico de Irradiados

– Cuenta con el personal e instalaciones especializadas del Centro Médico de Irradiados que se designe.

Modo de Operación

FASE DE PREEMERGENCIA: SITUACION 1.

– Constitución de la Jefatura del Grupo Sanitario, y asunción por sus componentes de la tareas previstas en esta fase.

FASE DE EMERGENCIA: SITUACIONES 2, 3 Y 4.

– Constitución de la organización completa del GS y realización de las acciones previstas en los procedimientos, así como de las agregadas por la Jefatura del Grupo Sanitario, conforme al desarrollo de la emergencia y que pueden resumirse en:

De la Jefatura del GS

– Las comunicaciones con el DP se realizarán de acuerdo con el procedimiento previsto.

– Coordinar la aplicación de las medidas profilácticas, cuando lo ordene el DP, según los respectivos procedimientos.

– Coordinar las actuaciones con los otros Grupos de Acción.

Del Servicio de Primera Intervención

– Proponer la prioridad en la evacuación de grupos críticos, ejecutar la evacuación preventiva de los enfermos e impedidos, distribuir fármacos, profilácticos, y asistir sanitariamente a la población utilizando los procedimientos definidos para ello.

– Colaborar en la información a la población afectada sobre normas de conducta a seguir y previstas en el procedimiento.

Del Servicio de Estaciones de Clasificación y Descontaminación

– Recibir, identificar y descontaminar o derivar al centro respectivo a la población remitida, aplicando los procedimientos definidos para ello.

Del Servicio de Asistencia Sanitaria en las Areas Bases de Recepción Social

– Realizar la asistencia sanitaria, vigilancia epidemiológica y control periódico de los evacuados y de las condiciones higiénicas de los centros de albergue de acuerdo con los procedimientos previstos.

Del Servicio Sanitario de Apoyo

– Prestar asistencia médica general a las personas necesitadas según las normas establecidas.

Del Servicio Médico de Irradiados

– Prestar asistencia sanitaria especializada al personal remitido según las normas vigentes.

BASES DE ACTUACION DEL GRUPO LOGISTICO EN CASO DE EMERGENCIA.

INTRODUCCION

El principio de "Actuación coordinada" es el que más influencia tiene en la operatividad del Plan, puesto que en él se desarrollan las actuaciones de los distintos estamentos de la organización con el fin de adoptar las medidas conducentes a una eficaz protección de la población.

Si bien la presentación es secuencial, se pretende que, dada una cierta situación, todas las acciones de las situaciones anteriores puedan irse acumulando progresivamente, a fin de llegar a la adopción de las medidas que aquélla determine en un intervalo temporal suficiente para que la movilización, aproximación y empleo de los medios sea congruente con la urgencia de la aplicación de tales medidas.

OBJETO

Definir la actuación de todos los componentes del Grupo Logístico, desde ahora GL, en las distintas Fases de Preemergencia y de Emergencia, previstos en el Plan Básico de Emergencia Nuclear, desde ahora PBEN, así como los medios materiales a utilizar por dicho Grupo de Acción.

Esta actuación se desarrolla en cada Plan Provincial de Emergencia como procedimientos escritos.

ALCANCE

Aplicar a todo el personal y los medios materiales asignados por el Plan Provincial al GL.

GENERAL

Funciones y Responsabilidades

– *Del Jefe del GL, desde ahora JGL*

FASE DE PREEMERGENCIA: SITUACION 1.

* Integrarse al Comité Asesor.

* Alertar a los Servicios y Equipos que constituyen el GL.

* Ordenar la aplicación de las medidas de control de acceso y protección de acuerdo con lo que disponga el Director del Plan, desde ahora DP.

* Delegar en el Segundo Jefe las funciones pertinentes.

FASE DE EMERGENCIA: SITUACION 2.

* Mantener en vigor todas las actuaciones de la situación anterior.

* Ordenar la aplicación y controlar la ejecución de las medidas de protección que se determinen.

* Activar las redes de comunicación propias de los distintos equipos y las generales de emergencia.

* Controlar el mantenimiento de la Seguridad Ciudadana y el correcto cumplimiento de las medidas dictadas al respecto por el DP.

* Ordenar la cobertura de las necesidades de transporte de los otros grupos.

* Ordenar la notificación de la alerta a todos los equipos y medios previstos para apoyo de las ECD y ABRS.

* Alertar a las unidades del Servicio contra Incendios y Salvamento.

* Ordenar el control de la circulación ferroviaria si la hubiere.

* Preparar los medios para la evacuación de grupos críticos.

* Prever el apoyo aéreo necesario.

* Determinar los medios de transporte necesarios e indicar al DP la necesidad de ordenar la requisa de los mismos.

* Colaborar con los restantes grupos en la selección de las ECD y ABRS, a utilizar de ser necesarias.

* Activar la Red de Alerta a la Radiactividad.

* Coordinar la transmisión a la población de la zona afectada de la información que se determine y de las instrucciones dictadas por el DP.

* Determinar las instalaciones que puedan ser utilizadas como ABRS, ordenar la identificación de los medios complementarios precisos.

* Ordenar la notificación a los Alcaldes de los Municipios donde puedan activarse las ECD, y a los que se determinen como ABRS.

* Ordenar la cobertura de necesidades de medios y suministros a las poblaciones afectadas.

FASE DE EMERGENCIA: SITUACION 3.

* Mantener en vigor todas las actuaciones anteriores necesarias para esta Situación.

* Solicitar a las Fuerzas Armadas los apoyos aéreos previstos para la evacuación de grupos críticos.

* Ordenar la puesta en marcha de los medios de transporte necesarios para apoyar los Planes Municipales si se decretase una evacuación de grupos críticos.

* Ordenar el mantenimiento de la seguridad ciudadana, con epecial atención en la operación de evacuación y en las ECD y ABRS.

* Ordenar la colaboración en el control de agua y alimentos y en el inicio del suministro de estos productos cuando lo disponga el DP. Igualmente ordenar el suministro de alimentos y agua al personal que interviene en la emergencia.

* Ordenar el desplazamiento a las cercanías de la zona afectada, de las unidades del Servicio Contra Incendios y Salvamento que considere necesarios para una primera intervención.

* Ordenar la activación de las ECD y ABRS.

* Ordenar la coordinación del albergue de los evacuados en las ABRS y el abastecimiento de los suministros que soliciten.

* Preparar la evacuación de la población en general.

FASE DE EMERGENCIA: SITUACION 4.

* Mantener en vigor todas las actuaciones anteriores adecuándolas a la evolución de la emergencia.

* Ordenar continuar el mantenimiento de la seguridad ciudadana, con especial atención en las áreas en que haya podido decretarse la evacuación.

* Ordenar poner en marcha y apoyar los medios de transporte necesarios para realizar la evacuación general, ordenando organizar la circulación en convoyes y establecer los controles necesarios para conocer en todo momento la situación de los mismos.

* Una vez finalizada la evacuación, ordenar tomar medidas para garantizar la protección de los bienes públicos y privados de la zona evacuada. Establecer, de acuerdo con el Grupo Radiológico, las medidas de protección que debe adoptar el personal que realiza esta misión.

FIN DE LA EMERGENCIA.

* Mantener la operatividad de los Servicios a fin de poder ordenar la ejecución de las medidas de protección a tomar para la Vuelta a la Normalidad.

– *Del Segundo Jefe del Grupo Logístico*

FASE DE PREEMERGENCIA: SITUACION 1.

* Asistir en el cumplimiento de sus funciones al JGL.

* Sustituir, en sus ausencias, al JGL.

* Dirigir el Servicio de Seguridad Ciudadana, para lo cual tiene previsto la designación de un sustituto.

* Velar por el cumplimiento de los procedimientos e instrucciones de actuación por parte de los coordinadores, servicios y equipos del GL.

FASE DE EMERGENCIA: SITUACIONES 2, 3 Y 4

* Idem anterior.

FIN DE LA EMERGENCIA.

* Idem anterior.

– *De los Coordinadores y Jefes de Servicios*

FASE DE EMERGENCIA: SITUACION 1.

Del Coordinador Municipal:

* Controlar, transmitir y recibir información de los CECOPAL, Zona I.

* Coordinar, de ser preciso, los avisos a la población en la Zona I.

Del Coordinador de Transporte y Abastecimiento.

* Localizar y alertar a los Jefes de sus Servicios.

Del Servicio de Seguridad Ciudadana.

* Alertar a sus unidades.

* Aplicar control de accesos al área afectada.

Del Servicio Contra Incendios y Salvamento.

* Mantener comunicación con el JGL.

Del Representante de las Fuerzas Armadas.

* Integrar el Comité Asesor del DP.

Del Servicio de Transmisiones.

* Asegurar la cobertura total de las comunicaciones.

FASE DE EMERGENCIA: SITUACION 2.

Del Coordinador Municipal.

* Mantener las acciones tomadas en la Situación anterior.

* Notificar nueva situación a los CECOPAL, a las ECD y ABRS seleccionadas.

* Controlar el confinamiento.

* Preparar evacuación de grupos críticos.

* Recibir y difundir información RAR.

* Coordinar apoyo de otros municipios y Guardia Civil.
* Solicitar medios de transporte y abastecimientos complementarios.

Del Coordinador de Transporte y Abastecimiento.

* Activar Servicio de Transporte y Servicio de Abastecimiento.
* Estimar y evaluar medios de transporte y suministros disponibles.
* Solicitar apoyo externo de transporte y suministros.
* *Ordenar la localización y alerta de vehículos.*
* Proporcionar credenciales para los mismos.
* Establecer, ordenar y habilitar centros de concentración.
* Determinar centros de almacenamiento.
* Ordenar suministrar abastecimientos a la población confinada.
* Comunicar, de ser necesario, la actuación de sus servicios a RENFE.
* Alertar al aeródromo más próximo.
* Ordenar la estimación de necesidades de transporte para evacuación.
* Ordenar atender necesidades de otros grupos.

Del Servicio de Seguridad Ciudadana.

* Mantener control de accesos y circulación.
* Desplazar unidades de la Guardia Civil y Policía.
* *Colaborar con los CECOPAL en los avisos a la población.*
* Vigilar el cumplimiento de las medidas de protección ordenadas.
* Ejecutar la requisa de vehículos.
* Colaborar en los desplazamientos y seguridad de otros Grupos.
* *Informar noticias de interés.*

Del Servicio Contra Incendios.

* Alertar a las unidades.

Del Representante de las Fuerzas Armadas.

* Informar al JGL de las ayudas que puedan prestar las Fuerzas Armadas tanto en cuanto al personal como en recursos materiales.

* Transmitir a sus mandos respectivos las solicitudes de apoyo para su pronta ejecución.

* Mantenerse informado de la actuación de sus mandos y transmitir esta información a JGL.

Del Servicio de Transmisiones.

* Asegurar la cobertura total de transmisiones.

FASE DE EMERGENCIA: SITUACION 3.

Del Coordinador Municipal.

* Mantener las acciones tomadas en las situaciones anteriores.
* Coordinar y apoyar a los equipos de avisos.
* Coordinar la evacuación de grupos críticos.
* Preparar evacuación de la población en general.
* Coordinar la difusión de información sobre el control de agua, alimentos y animales.
* Activar las ECD y ABRS.

Del Coordinador de Transporte y Abastecimiento.

* Mantener las acciones tomadas en las situaciones anteriores.
* Notificar la nueva situación a sus Servicios.
* Atender necesidades de transporte para evacuación de grupos críticos.
* Enviar equipos de abastecimiento a las ECD y ABRS.
* Designar suministros para centros de albergue.

Del Servicio de Seguridad Ciudadana.

* Mantener las acciones tomadas en las situaciones anteriores.
* Colaborar en el mantenimiento del orden y la seguridad en: puntos de concentración, operaciones de evacuación, tráfico de convoyes, así como en las sedes de ECD y ABRS.

Del Servicio Contra Incendios y Salvamento.

* Desplegar y mantener unidades en las cercanías de la zona afectada.

Del Representante de las Fuerzas Armadas.

* Idem situación anterior.

Del Servicio de Transmisiones.

* Asegurar la cobertura total de las comunicaciones.

FASE DE EMERGENCIA: SITUACION 4.

Del Coordinador Municipal.

* Mantener las acciones tomadas en las situaciones anteriores.
* Coordinar la evacuación de la población en general.
* Mantener la operatividad de sus servicios.

Del Coordinador de Transporte y Abastecimiento.

* Mantener las acciones tomadas en las situaciones anteriores.
* Atender necesidades para evacuación de la población en general.

Del Servicio de Seguridad Ciudadana.

* Mantener las acciones tomadas en las situaciones anteriores.

* Mantener ininterrumpidamente patrullas en la zona evacuada hasta el retorno a la normalidad.

Del Servicio Contra Incendios y Salvamento.

* Idem situación anterior.

Del Representante de las Fuerzas Armadas.

Idem situación anterior.

Del Servicio de Transmisiones.

* Idem situación anterior.

Estructura

El Grupo Logístico se estructura conforme el diagrama:

- Jefatura del GL: Jefe y Segundo Jefe.
- Coordinadores y Servicios:

* Coordinador Municipal.

* Coordinador de Transporte y Abastecimiento.

Servicio de Transporte.

Servicio de Abastecimiento.

* Servicio de Seguridad Ciudadana.

* Servicio Contra Incendios y Salvamento.

* Servicio de Transmisiones.

Jefatura Provincial de Telecomunicaciones.

Delegación Provincial de CTNE.

* Representante de las Fuerzas Armada.

Referencias

- Ley 25/1964 sobre Energía Nuclear (B. O. E. n.º 107 de 4 de mayo de 1964).

- Decreto 2562/1972. Reglamento sobre Instalaciones Nucleares y Radiactivas (B. O. E. n.º 255 de 24 de octubre de 1972).

- Ley 15/1980 de Creación del Consejo de Seguridad Nuclear (B. O. E. n.º 100 de 25 de abril de 1980).

- Real Decreto 2519/1982. Reglamento sobre Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes (B. O. E. n.º 241 de 8 de octubre de 1982).

- Real Decreto 1753/1987 por el que se modifica parcialmente el Real Decreto 2519/1982 (B. O. E. n.º 13 de 15 de enero de 1988).

– C. S. N. Guía de Seguridad 1.3. Plan de Emergencia en Centrales Nucleares.

– Plan Básico de Emergencia Nuclear. Revisión 02. 13 de noviembre de 1986.

– Safety Series 50-SG-G6 Preparedness of Public Authorities for Emergencies at Nuclear Power Plants. O. I. E. A. Viena, 1982.

DESCRIPCION

Medios materiales a utilizar

Coordinador de Abastecimiento y Transporte

Servicio de Abastecimiento.

– Listado de (*):

* Locales y equipamientos públicos y privados que pueden constituir centros de almacenamiento y suministros para la población afectada.

* Campamentos y talleres.

* Distribuidores de CAMPSA y estaciones de servicio existentes en la zona.

* Plantas embotelladoras de agua potable existentes en la zona.

* Grupos electrógenos.

* Almacenes mayoristas y fabricantes de ropa existentes en la zona y resto de la provincia.

* Panificadoras, expendedurías de pan, molinos y almacenes de harina existentes en la zona y en la provincia.

* Almacén de artículos alimenticios, frigoríficos, frutas y hortalizas, etc. existentes en la zona y en la provincia.

* Centros de suministro básico de organismos públicos: ropas, catres, colchonetas, ropa de cama, alimentos, medicamentos, combustibles, agua potable, etc.

– Material de comunicaciones.

Servicio de transporte.

– Listado de (*):

* Número de vehículos particulares disponibles en las poblaciones a evacuar.

* Empresas de autocares, de transporte de mercancías y mudanzas y vehículos capitone existentes en la provincia.

* Vehículos cisterna existentes en la provincia.

* Asociaciones gremiales y transportistas existentes en la provincia.

* Rutas y horarios de medios de transporte que circulen por la provincia.

* Medios ordinarios de transporte por ferrocarril.

* Parque de vehículos PMM.

* Material y equipo del Centro Zonal del Instituto Nacional de Meteorología.

* Parque de maquinarias de organismos públicos.

* Ambulancias públicas.

– Material de comunicaciones.

– Credenciales de identificación.

Servicio de Seguridad Ciudadana

– Vehículos de la Guardia Civil con megafonía móvil para potenciar las existentes en los Ayuntamientos.

– Dosímetros y trajes especiales para el personal de la Guardia Civil que cubre el área afectada.

– Material de comunicaciones.

Servicio Contra Incendios y Salvamento

– Listado de:

* Parques móviles existentes en la provincia y de los medios con que cuentan.

* Detalle de la dotación de los parques más próximos a la zona de emergencia, así como de los medios de extinción en ella no adscritos a ningún parque móvil.

– Catálogo de los medios disponibles en la provincia para extinción de incendios.

– Material de comunicaciones.

Servicio de Transmisiones

– Listado de las estaciones radiotelefónicas del MOPU, ICONA y otras instituciones que puedan utilizarse.

– Equipos de retén y de averías para hacer frente a las situaciones que se puedan presentar en la emergencia.

Coordinador Municipal

– Material de comunicación.

Modo de Operación

FASE DE PREEMERGENCIA: SITUACION 1.

– Constitución de la Jefatura del Grupo Logístico y asunción por sus componentes de las tareas previstas en esta Fase conforme a lo previsto en el Plan.

FASE DE EMERGENCIA: SITUACIONES 2, 3 Y 4.

– Constitución de la organización completa del GL, y realización de las acciones previstas en los procedimientos, así como de los agregados por la Jefatura del Grupo Logístico, conforme al desarrollo de la emergencia y que pueden resumirse en:

De la Jefatura del GL

– Las comunicaciones con el DP se realizarán de acuerdo con el procedimiento previsto.

– Dirigir y coordinar las acciones y recursos de las unidades que componen los Servicios de Actuación Logística previstos en los respectivos procedimientos.

– Proponer al DP la requisa de vehículos y suministros según el procedimiento correspondiente.

– Controlar la recepción y distribución de ayudas según proceda.

– Coordinar las actuaciones con los otros Grupos de Acción.

Del Representante de las Fuerzas Armadas

– *La información al JGL de la ayuda que pueden prestar las Fuerzas Armadas se realizará de acuerdo con el procedimiento previsto.*

Del Coordinador Municipal

– Coordinar las actuaciones previstas en los distintos procedimientos:

* La actuación de los Municipios de la Zona I.

* La actuación de los Municipios sede de ECD.

* La actuación de los Municipios con función de ABRS.

Del Coordinador de Abastecimiento y Transporte

– Coordinar las actuaciones previstas en los procedimientos del:

* Servicio de Abastecimiento.

* Servicio de Transporte.

Del Servicio de Seguridad Ciudadana

– Velar por el orden público y la seguridad ciudadana.

Del Servicio Contra Incendios y Salvamento

– Permanecer en estado de alerta y, si procede, trasladarse a la zona afectada.

Del Servicio de Transmisiones

– Realizar las actuaciones previstas en los distintos procedimientos:

* De actuación para atender nuevos requerimientos de comunicación.

* De actuación para apoyar el mantenimiento y reparación de los medios previstos.

(*) Los listados detallarán el número de unidades, su capacidad, características, propietario, modo de localización y de petición urgente.