MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRTARÍA
DIRECCIÓN GENERAL DE POTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIAS
CSN CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

MÓDULO 16: EMERGENCIAS RADIOLÓGICAS

(CONSIDERACIONES ADICIONALES)

16.1 ACCIDENTES EN OTRAS INSTALACIONES NUCLEARES

16.2 ACCIDENTES CON FUENTES RADIACTIVAS

MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRTARÍA
DIRECCIÓN GENERAL DE POTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIAS
CSN CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

MÓDULO 16: EMERGENCIAS RADIOLÓGICAS

16.1 ACCIDENTES EN OTRAS INSTALACIONES NUCLEARES

(CONSIDERACIONES ADICIONALES)

- Reactores de Investigación
- Plantas de Reprocesamiento de Combustible
- Transporte de Combustible Gastado

MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRTARÍA
DIRECCIÓN GENERAL DE POTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIAS
CSN CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

REACTORES DE INVSTIGACIÓN (1/3))

Riesgo Potencial (1/2)

- Gran variedad de propósitos, tipos y potencias
- Usos:
  - Producción de isótopos: uso médico (diagnóstico y tratamiento) e industrial
  - Enseñanza
  - Investigación y Ensayo (materiales, combustible, etc.)
  - Prototipos de reactores de producción energética
- Potencia:
  - Pocos kWt
  - > 100 MWt
- Inventario depende de:
  - Potencia
  - Grado de quemado
  - Enriquecimiento

MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRTARÍA
DIRECCIÓN GENERAL DE POTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIAS
CSN CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

REACTORES DE INVSTIGACIÓN (2/3))

Riesgo Potencial (2/2)

- Reactores menos potentes:
  - Pequeño inventario
  - Sistemas de seguridad sencillos (sin contención)
  - Consecuencias al exterior menores (incluso en accidentes severos)
- Reactores más potentes:
  - Sistemas de seguridad y personal similares a centrales nucleares
  - Consecuencias de accidentes similares a centrales nucleares
- Situación:
  - Cercanías o interior de poblaciones
  - Mayor riesgo para una emisión dada

MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRTARÍA
DIRECCIÓN GENERAL DE POTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIAS
CSN CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

REACTORES DE INVSTIGACIÓN (3/3))

Planificación de Emergencias

- Elementos de planificación: semejante a CCNN
- Categoría de Planificación (OIEA GS-R-2):
  - Categoría II y III
  - Emisión potencial por encima de niveles de intervención genéricos
  - Dosis pequeñas, sin riesgo de efectos deterministas
- Nivel de preparación basado:
  - Análisis de accidentes potenciales
  - Análisis de consecuencias potenciales
- Módulo 3 del Curso:
  - Requisitos de preparación de emergencias
  - Requisitos de actuación en emergencia

MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRTARÍA
DIRECCIÓN GENERAL DE POTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIAS
CSN CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

INSTALACIONES DE REPROCESAMIENTO DE COMBUSTIBLE (1/2)

Riesgo Potencial

- **Almacenamiento de combustible gastado**
  - **Riesgo de criticidad**
  - **Riesgo por calor residual**
  - **Riesgo de rotura de confinamiento**
- **Planta de reprocesamiento**
  - **Riesgo de criticidad**
  - **Riesgo de incendio y explosión (uso de oxidantes y reductores fuertes, H_2 por radiólisis)**
  - **Inventario relativamente bajo: riesgo bajo de accidente grave**
- **Almacenamiento de líquidos altamente radiactivos**
  - **Riesgo más alto**
  - **Tanques con grandes cantidades de líquido muy activo (10^{18} Bq – 10^7 Ci)**
  - **Procesos de radiólisis precipitación de yodos en forma química explosiva, calor residual**
  - **Sistemas de seguridad: refrigeración, ventilación, filtración, nivel, fugas**
  - **Efecto: contaminación de suelo y medio acuático**
- **Almacenamiento de otros residuos radiactivos**

MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRTARÍA
DIRECCIÓN GENERAL DE POTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIAS
CSN CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

INSTALACIONES DE REPROCESAMIENTO DE COMBUSTIBLE (2/2)

Preparación de Emergencias

- **Fases de Planificación:**
  - **generales de instalaciones nucleares**
- **Escenarios: específicos**
  - **Criticidad**
  - **Incendio y explosión**
  - **Fuga de residuos líquidos**

MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRTARÍA
DIRECCIÓN GENERAL DE POTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIAS
CSN CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

TRANSPORTE DE MATERIAL NUCLEAR IRRADIADO (1/6)

Riesgo Potencial (1/2)

- Elevada actividad:10^{15} Bq – 10^{6} Ci por contendor
- Riesgo principal: radionucleidos volátiles (Kr-85, I-129)
- Uso de contenedores específicos:
  - Blindaje de la radiación
  - Refrigeración calor residual
  - Confinamiento de material radiactivo
  - Protección en caso de accidente (ensayos de integridad: perforación, incendio, etc.)
  - Licenciados por el Ministerio de Industria, previo informe del CSN
  - Ejemplo: Contenedores DPT de C.N. Trillo 1

MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRTARÍA
DIRECCIÓN GENERAL DE POTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIAS
CSN CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

TRANSPORTE DE MATERIAL NUCLEAR IRRADIADO (2/6)

Riesgo Potencial (2/2)

- Riesgos principales
  - Accidente de tráfico **sin incendio**:
    - Irradiación externa por Kr-85
    - Efecto sólo cerca del lugar del accidente
    - Elevada irradiación en caso de elementos expuestos
  - Accidente de tráfico **con incendio**:
    - Dosis potencial muy elevada en la cercanía
    - Efecto cerca del lugar del accidente
    - Potencial evacuación en la dirección del viento
    - Riesgo de contaminación inmediata y largo plazo
- Riesgo inferior a reactor:
  - Menor inventario
  - Período de enfriamiento

MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRTARÍA
DIRECCIÓN GENERAL DE POTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIAS
CSN CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

TRANSPORTE DE MATERIAL NUCLEAR IRRADIADO (3/6)

Planificación de la Respuesta en Emergencias (1/2)

- Muy distinta a la de una central nuclear (escenarios muy distintos)
- Muy parecida a la del **Transporte de Mercancías Peligrosas**
- **Particularidades**
  - Ocurrencia potencial en zonas remotas o pobladas
  - Ocurrencia potencial en terrenos orográficamente difíciles
  - Condiciones meteorológicas adversas
  - Intervención de muchas organizaciones:
    - Fuerzas de Orden Público (Tráfico)
    - Bomberos
    - Servicios Sanitarios y Protección Civil
    - Especialistas en Protección Radiológica

MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRTARÍA
DIRECCIÓN GENERAL DE POTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIAS
CSN CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

TRANSPORTE DE MATERIAL NUCLEAR IRRADIADO (4/6)

Planificación de la Respuesta en Emergencias (2/2)

Bases de Planificación

- **Sistema de transporte** utilizado
- **Tipo de contenedor** utilizado
- **Escenarios** accidentales y **consecuencias** potenciales

Contenido del Plan

- Organizaciones implicadas
  - Responsabilidades
  - Capacidades
  - Funciones
- Procedimientos de alerta y notificación
- Métodos de alerta y comunicación a la población
- Niveles de intervención para exposición y contaminación
- Medidas de protección potenciales
- Procedimientos para acciones de respuesta
- Medios sanitarios
- Procedimientos de formación, entrenamiento, realización de ejercicios y actualización de los planes
- Información pública

MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRTARÍA
DIRECCIÓN GENERAL DE POTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIAS
CSN CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

TRANSPORTE DE MATERIAL NUCLEAR IRRADIADO (5/6)

Respuesta a Accidentes de Transporte

- Medidas de Protección Urgentes
  - Rescate y auxilio a las victimas
  - Evitar criticidad (configuración de elementos combustibles)
  - Control de incendios
  - Control de consecuencias habituales de los accidentes de transporte:
    - Corte de tráfico
    - Evitar nuevos accidentes
  - Control del riesgo de irradiación
  - Prevención de la dispersión de la contaminación radiactiva
  - Delimitación de la zona de riesgo de irradiación y contaminación
- Medidas de Recuperación
  - Descontaminar las personas afectadas
  - Descontaminar y restaurar la vía pública
  - Descontaminar las cercanías del lugar del accidente y llevarlo a situación segura

MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRTARÍA
DIRECCIÓN GENERAL DE POTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIAS
CSN CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

TRANSPORTE DE MATERIAL NUCLEAR IRRADIADO (6/6)

Responsabilidades de la Planificación y Respuesta de Emergencias

- Expedidor: Máximo responsable
- Transportista
- Organizaciones gubernamentales
  - Fuerzas de Orden Público
  - Bomberos
  - Servicios Sanitarios
  - Protección Civil
  - Consejo de Seguridad Nuclear
  - Autoridades Locales

Formación, ejercicios y actualización

Deben establecerse e implantarse los requisitos correspondientes

Normativa Específica

Guía de Seguridad nº 6.2 del CSN: Programa de Protección Radiológica Aplicable al Transporte de Materiales Radiactivos

Guía de Seguridad nº 6.3 del CSN: Instrucciones Escritas de emergencia Aplicables al Transporte de Materiales Radiactivos por Carretera

MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRTARÍA
DIRECCIÓN GENERAL DE POTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIAS
CSN CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

MÓDULO 16: EMERGENCIAS RADIOLÓGICAS

16.2 ACCIDENTES CON FUENTES RADIACTIVAS

(CONSIDERACIONES ADICIONALES)

- **Clasificación de las Fuentes**
- **Riesgos asociados a distintas Actividades**
- **Planificación**

MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRTARÍA
DIRECCIÓN GENERAL DE POTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIAS
CSN CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

GENERAL

Uso de fuentes de radiación

- Mucha cantidad
- Muchos tipos (gamma, beta, alfa) (encapsuladas y no)
- Diversas actividades
  - Industria
  - Medicina
  - Investigación
  - Enseñanza

Riesgo

- Pérdida de control sobre las fuentes radiactivas
- Exposición
  - Trabajadores
  - miembros del público

Necesidad

- Planificación de actuaciones ante potenciales accidentes

MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRTARÍA
DIRECCIÓN GENERAL DE POTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIAS
CSN CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

CLASIFICACIÓN DE FUENTES. RIESGOS (1/2)

Importancia

- Conocimiento de los riesgos específicos de cada tipo de fuente
- Necesario para la planificación de pre-emergencia
- Planificación previa reduce la probabilidad de sorpresas en las situaciones de emergencia reales

Fuentes Emisoras Gamma (no nucleares) (radiación penetrante)

- Riesgo fundamental: Irradiación externa
- Medidas de Protección:
  - Vigilancia y reducción de la exposición externa:
    - Población
    - Intervinientes
  - Aplicación principios de PR:
    - Distancia
    - Tiempo
    - Blindaje

MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRTARÍA
DIRECCIÓN GENERAL DE POTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIAS
CSN CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

CLASIFICACIÓN DE FUENTES. RIESGOS (2/2)

Fuentes Emisoras Beta y Alfa (no nucleares) (radiación no penetrante)

- Riesgo fundamental: Irradiación interna
- Medidas de Protección:
  - Evitar incorporación interna y contaminación superficial:
    - Población
    - Intervinientes
  - Reducción de la dispersión
- Dificultad de medición (alfa, principalmente)
- Se considerará ausencia de hermeticidad en la fuente hasta que se confirme lo contrario

Materiales Nucleares

- Riesgo fundamental: criticidad (provoca riesgos de irradiación y contaminación
- Medidas de Protección:
  - Evitar uso de agua (extinción de incendios)

MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRTARÍA
DIRECCIÓN GENERAL DE POTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIAS
CSN CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

RIESGOS ASOCIADOS A ACTIVIDADES (1/9)

GAMMAGRAFÍA INDUSTRIAL

- **Generalidades**
  - Uso de:
    - equipo de rayos X (radiografía industrial)
    - fuente de radiación gamma (gammagrafía industrial)
  - Radiografiado de materiales
    - Piezas metálicas
    - Soldaduras
  - Detección de defectos:
    - Agujeros
    - Grietas
    - Impurezas
  - Exposición de película fotográfica depende de la existencia de defectos

MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRTARÍA
DIRECCIÓN GENERAL DE POTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIAS
CSN CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

RIESGOS ASOCIADOS A ACTIVIDADES (2/9)

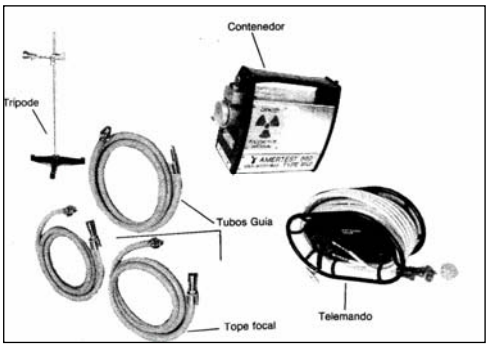
GAMMAGRAFÍA INDUSTRIAL

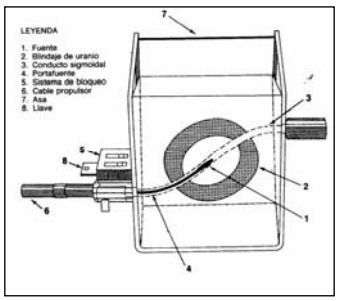
- **Circunstancias desfavorables para accidentes**
  - Radiación intensa y penetrante
    - Para estudio de materiales densos y gruesos
    - En caso de accidente pueden provocar dosis muy elevadas
  - Uso de fuentes pequeñas dimensiones
    - Obtención de imágenes de mejor calidad
    - La intensidad superficial es enorme
    - Si se toca, la fuente puede causar daños graves, incluso en unos pocos segundos
  - La radiografía se realiza en obras
    - Difíciles condiciones de trabajo
    - Interacción con otros trabajos
    - Poca supervisión directa o apoyo
    - Presión para finalización de trabajos
    - Apresuramiento puede provocar accidentes
- **Normativa específica de seguridad**
  - Guía de Seguridad 5.14 del CSN

MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRTARÍA
DIRECCIÓN GENERAL DE POTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIAS
CSN CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

RIESGOS ASOCIADOS A ACTIVIDADES (3/9)

EQUIPOS USADOS EN GAMMAGRAFÍA





MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRTARÍA
DIRECCIÓN GENERAL DE POTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIAS
CSN CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

RIESGOS ASOCIADOS A ACTIVIDADES (4/9)

ACCIDENTES EN GAMMAGRAFÍA

- Asociados a **violación de procedimientos**
  - Carencias de formación
  - Apresuramiento
  - Falta de atención
- **Errores del operario** que producen accidentes
  - La fuente permanece fuera del blindaje cuando no debería
  - Estudio radiológico de verificación de fuente en blindaje
    - No se realiza
    - No se realiza correctamente
  - No se bloquea la fuente en el blindaje
- Suceso iniciador habitual:
  - **Fallo del sistema de recogida de la fuente** e introducción en el blindaje

MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRTARÍA
DIRECCIÓN GENERAL DE POTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIAS
CSN CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

RIESGOS ASOCIADOS A ACTIVIDADES (5/9)

MEDIDAS CORRECTORAS EN CASO DE ACCIDENTE CON GAMMÁGRAFO

1. Alejarse de la fuente y mantener la calma
2. Medir la intensidad de radiación
3. Acotar la zona en base a requisitos de dosis e impidiendo acceso
4. No dejar la fuente desatendida
5. Informar a la organización de lo que está ocurriendo y solicitar asistencia
6. Planificar el flujo de acciones a realizar, antes de entrar en zona controlada
7. Aplicar el flujo de acciones planificado
8. Colocar la fuente utilizando equipos de emergencia, si es posible
9. Blindar la fuente si no se puede retraer en el dispositivo radiográfico
10. Pedir asistencia, en caso necesario, de un especialista o del fabricante

PÉRDIDA O ROBO DE GAMMÁGRAFO

- Suceso relativamente frecuente
- Grave riesgo:
  - exposición severa
  - graves lesiones
- Acciones correctoras:
  - Búsqueda inmediata (medidor de tasa de dosis)
  - Notificar al CSN (Si no se encuentra “inmediatamente”)

MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRTARÍA
DIRECCIÓN GENERAL DE POTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIAS
CSN CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

RIESGOS ASOCIADOS A ACTIVIDADES (6/9)

FUENTES ENCAPSULADAS

Usos:

- Control de Procesos: Medida de espesor, densidad, nivel
- Técnicas Analíticas: fluorescencia R-X, etc.
- Medicina: gammaterapia, braquiterapia
- Esterilización: Irradiadores

Riesgos:

- Generalmente bajo:
  - fuentes fijas
  - Fuentes blindadas
  - Fuentes en instalación radiactiva
    - Señalización
    - Control radiológico
    - Personal autorizado y formado (operadores y supervisores)
- Más Elevado:
  - Instalaciones de gammaterapia y esterilización: actividad muy elevada (10^4 – 10^7 Ci)
  - Braquiterapia: fuente móvil

MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRTARÍA
DIRECCIÓN GENERAL DE POTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIAS
CSN CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

RIESGOS ASOCIADOS A ACTIVIDADES (7/9)

PLANTAS DE ESTERILIZACIÓN (irradiadores gamma)

- Esterilización de materiales:
  - Instrumental y material médico
  - Alimentos
  - Etc.
- Irradiación a dosis elevadas de radiación gamma (kGy)
- Fuente encapsulada
- Fuentes de radiación muy activas (10^5 – 10^7 Ci)
- Isótopos: Co-60, Cs-137
- Blindaje en piscina

Sucesos iniciadores potenciales:

- Fenómenos naturales: terremoto, huracán
- Incendio, explosión
- Fallo del mecanismo de retorno de la fuente
- Pérdida de hermeticidad de la fuente
- Pérdida de blindaje (agua)
- Fallos mecánicos, eléctricos, estructurales

MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRTARÍA
DIRECCIÓN GENERAL DE POTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIAS
CSN CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

RIESGOS ASOCIADOS A ACTIVIDADES (8/9)

SATÉLITES CON ALIMENTACIÓN NUCLEAR

Riesgos:

- Lanzamiento fallido
- Reentrada no controlada
- Destrucción o incendio y liberación de material radiactivo
- Efecto sobre:
  - Atmósfera (desintegraciones en polvo)
  - Superficie terrestre (desintegraciones en trozos)

Tipos de dispositivos:

- Generadores Termoeléctricos de Radioisótopos (RTG)
  - Generación de electricidad a partir de calor producido por desintegración radiactiva alfa
  - Pu-238, T1/2=87.7 años, 40 -80 Ci
  - Accidente: 1964 EEUU vaporización en reentrada y dispersión por todo el mundo
  - Seguridad actual: encapsulamiento del generador que asegura hermeticidad
- Reactores Nucleares
  - Uranio enriquecido al 90%
  - Seguridad en caso de malfunción:
    - reactor se envía a órbita superior (300 años de decaimiento)
    - Si falla, se asegura vaporización y dispersión en capas altas de la atmósfera
  - Accidente: 1978 URSS incendio desintegración en trozos. Contaminación de tundra canadiense

MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRTARÍA
DIRECCIÓN GENERAL DE POTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIAS
CSN CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

RIESGOS ASOCIADOS A ACTIVIDADES (9/9)

SATÉLITES CON ALIMENTACIÓN NUCLEAR

Fases de Actuación

- Notificación: lugar y momento previsto de reentrada, etc.
  - Estimación de efectos
  - Comunicación a población
- Búsqueda
  - Medios aerotransportados o terrestres
  - Caracterización
  - Información a la población
  - Medidas urgentes de protección
- Recuperación
  - Descontaminación hasta niveles aceptables

Vías de Exposición

- Irradiación externa:
  - RTG: irrelevante (emisor alfa y gamma de baja energía)
  - Reactores: relevante (productos de fisión)
    - Fragmentos depositados: riesgo principal
    - Polvo en atmósfera: riesgo mucho menor
- Irradiación interna
  - Inhalación de polvo radiactivo: fase inicial
  - Ingestión de alimentos y agua contaminados

MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRTARÍA
DIRECCIÓN GENERAL DE POTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIAS
CSN CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

PLAN DE EMERGENCIA PARA ACCIDENTES RADIOLÓGICOS

PEI obligatorio para todas las instalaciones y actividades

Contenido del PEI:

- Acciones inmediatas de prevención de sobredosis
- Notificación interna y externa
- Actuación para devolver la situación a la normalidad
- Evaluación de incidentes:
  - Identificación de causas
  - Estimación de consecuencias
- Exámenes médicos
- Informes de los incidentes para la autoridad reguladora