



MINISTERIO
DEL
INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE
PROTECCIÓN CIVIL Y
EMERGENCIAS



CONSEJO DE
SEGURIDAD NUCLEAR

MÓDULO 12: TÉCNICAS DE RESPUESTA EN EMERGENCIAS

12.1 LUCHA CONTRA INCENDIOS Y SERVICIOS DE RESCATE

12.2 VIGILANCIA Y CONTROL RADIOLÓGICOS

12.3 CONFINAMIENTO Y EVACUACIÓN

12.4 PROFILAXIS, CONTROL DE ALIMENTOS Y AGUA

12.5 DESCONTAMINACIÓN Y ELIMINACIÓN DE RESIDUOS



MINISTERIO
DEL
INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE
PROTECCIÓN CIVIL Y
EMERGENCIAS



CONSEJO DE
SEGURIDAD NUCLEAR

MÓDULO 12: TÉCNICAS DE RESPUESTA EN EMERGENCIAS

12.1 LUCHA CONTRA INCENDIOS Y SERVICIOS DE RESCATE

Dos puntos de vista:

- Interior
- Exterior



MINISTERIO
DEL
INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE
PROTECCIÓN CIVIL Y
EMERGENCIAS



CSN CONSEJO DE
SEGURIDAD NUCLEAR

VISIÓN GENERAL DE LA SEGURIDAD CONTRA INCENDIOS EN CENTRALES NUCLEARES

- Características del **Fuego**:
 - **Peligro de primer orden** para la seguridad
 - Puede originar **fallo de causa común**
 - Sistemas de seguridad: **prevención y mitigación**
- Requisitos de Diseño:
 - Llevar el reactor a **parada segura**
 - Eliminar el **calor residual**.
 - **Minimizar la emisión** de material radiactivo.
- Protección contra incendios (defensa en profundidad):
 - **Prevención** de incendios.
 - **Detección y extinción** de los incendios.
 - **Prevención de la propagación** de los incendios.



MINISTERIO
DEL
INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE
PROTECCIÓN CIVIL Y
EMERGENCIAS



CSN CONSEJO DE
SEGURIDAD NUCLEAR

REQUISITOS GENERALES DE LA PLANIFICACIÓN DENTRO DEL EMPLAZAMIENTO (1/2)

- **Responsabilidad y tareas** del personal de PCI:
 - Definidas por el **titular**.
 - **Jefe de PCI**: reporta directamente a la dirección
 - Actividades de **prevención y mitigación**.
 - Debe establecerse un **retén permanente** contra incendios
- Protección en la Fase de **Diseño (Técnicas Constructivas)**:
 - Objetivo: **minimizar riesgo** de incendio.
 - **Prevención y propagación**:
 - Aislamiento de cubículos
 - Cableado ignífugo
 - Sellado de penetraciones
 - **Extinción**:
 - Sistemas de detección y alarma automáticos
 - Sistemas de extinción de incendios automáticos
 - Red de PCI (agua de extinción)
- **Funciones** de la Organización de PCI:
 - Rescate de personas accidentadas
 - Extinción de incendios
 - Funcionamiento de sistemas pasivos (detección, extinción)



MINISTERIO
DEL
INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE
PROTECCIÓN CIVIL Y
EMERGENCIAS



CSN CONSEJO DE
SEGURIDAD NUCLEAR

REQUISITOS GENERALES DE LA PLANIFICACIÓN DENTRO DEL EMPLAZAMIENTO (2/2)

- **Organización:**
 - **Unidad básica de Intervención:** Jefe + 4 bomberos
 - Calificación de alto nivel
 - Medios materiales de alto nivel
 - Personal de **otros grupos** de la organización (**apoyo**)
 - Calificación de nivel de bombero voluntario o a tiempo parcial.
 - Personal de los **turnos de operación:**
 - Calificación básica en extinción.
- **Formación:**
 - Inicial
 - Teórica
 - Práctica (Campos de PCI)
 - Reentrenamiento



MINISTERIO
DEL
INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE
PROTECCIÓN CIVIL Y
EMERGENCIAS



CSN CONSEJO DE
SEGURIDAD NUCLEAR

SERVICIOS EXTERNOS DE EXTINCIÓN DE INCENDIOS Y RESCATE

- **No hay recomendaciones** internacionales sobre el Servicio Exterior
- **Funciones:**
 - Apoyo al Servicio de PCI del Explotador en la **Emergencia Interior**
 - Tiempo de respuesta: **Corto**
 - Servicio de Rescate y Extinción en la **Emergencia Exterior**
 - Tiempo de respuesta: **Medio** (emisión no inmediata desde inicio de la emergencia)
 - Muestreo y Vigilancia de **radiación y contaminación** (eventualmente)
- **Organización:**
 - Bomberos **Locales:**
 - Contingente inicial básico: Director + 3 unidades contraincendios y rescate
 - Tiempo de Respuesta: **30 minutos**.
 - Bomberos **Regionales:**
 - Contingente: triple de los locales
 - Tiempo de Respuesta: **60 minutos**



MINISTERIO
DEL
INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE
PROTECCIÓN CIVIL Y
EMERGENCIAS



CONSEJO DE
SEGURIDAD NUCLEAR

COORDINACIÓN ENTRE SERVICIOS INTERNO Y EXTERNO

- **PEI y PEN** deben garantizar **coordinación entre autoridades**
- Deseable que comunicación exista también en **operación normal**
- **Autoridades en PCI:**
 - **PEI:** Director de la Emergencia Interior (**Explotador**)
 - **PEN:** Director de la Emergencia Exterior y **Grupo Logístico**
- Recursos de **otras CCAA:** deben estar disponibles
- **Entrenamiento y ejercicios:**
 - Recomendable ejercicios conjuntos de organizaciones interior y exterior
 - Recomendable intervención de organización externa en Simulacros Internos.



MINISTERIO
DEL
INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE
PROTECCIÓN CIVIL Y
EMERGENCIAS



CONSEJO DE
SEGURIDAD NUCLEAR

EXTINCIÓN Y RESCATE EN ZONAS DE RADIACIÓN Y CONTAMINACIÓN

- Medidas de **Protección Radiológica** del Personal:
 - **Radiación:**
 - Tiempo
 - Distancia
 - Blindaje
 - **Contaminación:**
 - Evitar en lo posible contacto con material radiactivo en aire y superficies
 - Equipos de Protección Personal (Vestuario, equipos respiratorios de bomberos)
- Necesidad de **conocimientos de PR:**
 - Propio del Servicio de extinción y rescate
 - Asistencia de personal de PR
- Necesidad de información del Explotador de las **zonas de riesgo radiológico**
- **Señalización de zonas y equipos** de alto riesgo
- Necesidad de **determinación y registro de dosis.**



MINISTERIO
DEL
INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE
PROTECCIÓN CIVIL Y
EMERGENCIAS



CSN CONSEJO DE
SEGURIDAD NUCLEAR

LÍMITES DE DOSIS PARA EL PERSONAL CONTRA INCENDIOS Y RESCATE

GRUPO 1

- Acciones urgentes para:
 - Salvar vidas
 - Prevenir lesiones graves
 - Evitar agravamiento de las consecuencias del accidente
- Límite de dosis:
 - Umbral de aparición de efectos deterministas graves (1 Gy a cuerpo entero, 6 Gy al pulmón, etc.)
 - Superior, excepcionalmente, para salvar vidas
- Personal debe ser:
 - Voluntario
 - No mujeres embarazadas

GRUPO 2

- Medidas de protección urgentes y otras actuaciones
- Límite de dosis: 50 mSv (límite anual para trabajadores expuestos)

GRUPO 3

- Operaciones de recuperación
- Límites de dosis: Los de las Prácticas (RPSCRI)



MINISTERIO
DEL
INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE
PROTECCIÓN CIVIL Y
EMERGENCIAS



CSN CONSEJO DE
SEGURIDAD NUCLEAR

MÓDULO 12: TÉCNICAS DE RESPUESTA EN EMERGENCIAS

12.2 VIGILANCIA Y CONTROL RADIOLÓGICO

- Zonas afectadas
- Población afectada



SUBSECRETARÍA
DIRECCIÓN GENERAL DE
PROTECCIÓN CIVIL Y
EMERGENCIAS



INTRODUCCIÓN

- Medidas:
 - **Radiación** (monitores de tasa de dosis – radiámetros)
 - **Contaminación Superficial** (monitores de contaminación –contaminómetros)
 - **Contaminación Ambiental** (muestreadores de aire)
- Necesidades:
 - Equipos de Medida
 - Personal formado en uso de equipos (**Grupo Radiológico**).
- **Precauciones:**
 - Manuales y notas de uso almacenados junto a equipos
 - Conocimiento del pronóstico de evolución de la emergencia
 - Prueba de sistemas de comunicación con la dirección de emergencia
- Vigilancia y Control de Zonas
 - **Caracterización global** de la zona
 - Búsqueda de **puntos calientes**
 - Caracterización general con **equipos portátiles normales**
 - Caracterización detallada con equipos más sofisticados (**espectrómetros**: isótopos de vida larga)
- Límites de dosis: Grupo 2 (inicial) y 3 ó público (final)



SUBSECRETARÍA
DIRECCIÓN GENERAL DE
PROTECCIÓN CIVIL Y
EMERGENCIAS



VIGILANCIA TERRESTRE Y MARÍTIMA DE ZONAS

REDES FIJAS (Nacional y Autonómicas)

- Medida de:
 - Tasa de Dosis (RAR - Red de Protección Civil)
 - Algunas otras magnitudes (REVIRA – Red del CSN)
- Distribuidas por:
 - Territorio nacional
 - Zonas de CCNN (mayor densidad): Red PC en Ayuntamientos (Tasa de dosis)
- Proporcionan información general, de poco detalle.



SUBSECRETARÍA
DIRECCIÓN GENERAL DE
PROTECCIÓN CIVIL Y
EMERGENCIAS



VIGILANCIA TERRESTRE Y MARÍTIMA DE ZONAS

UNIDADES MÓVILES TERRESTRES

- Medida de más magnitudes:
 - Tasa de dosis
 - Concentración ambiental (aire)
 - Concentración superficial (suelo)
 - Espectrometría gamma
 - Toma de muestras ambientales para laboratorio fijo
- Vehículos convencionales (furgonetas) o Todo-terrenos adaptados:
 - Sobrepresión
 - Equipamiento de purificación del aire y protección respiratoria
 - Compartimento de entrada/salida (zona de paso)



SUBSECRETARÍA
DIRECCIÓN GENERAL DE
PROTECCIÓN CIVIL Y
EMERGENCIAS



VIGILANCIA TERRESTRE Y MARÍTIMA DE ZONAS

EQUIPAMIENTO UNIDADES MÓVILES TERRESTRES

- Monitores de radiación gamma y beta-gamma (radiámetros)
 - Geiger-Müller: baratos y robustos
 - Cámaras de ionización: más caros, mejores
- Espectrómetros gamma: Identificación de radionucleidos
 - Centelleo (Detector de Ina(Tl)):
 - elevada sensibilidad: detecta niveles bajos, tiempos de medida bajos
 - baja resolución energética: dificultad de identificación de radionucleidos
 - Semiconductor (Detector de GeHP):
 - menor sensibilidad: tiempos de medida mayores
 - elevada resolución energética: identificación de radionucleidos
- Captadores de aire de alto volumen
- Contenedores de muestras ambientales (suelo, alimentos, agua, etc.)
- Equipos de Comunicación (telefonía móvil, radio)
- Equipos de protección personal y dosímetros personales

VIGILANCIA TERRESTRE Y MARÍTIMA DE ZONAS

MAGNITUDES MEDIDAS (1/5)

- Tasa de Dosis de radiación gamma y/o beta-gamma
- Contaminación Ambiental (con muestreo)
- Contaminación Superficial (con muestreo)
- Contaminación Ambiental In Situ (sin muestreo)
- Contaminación Superficial In Situ (sin muestreo)
- Medidas en Continuo

VIGILANCIA TERRESTRE Y MARÍTIMA DE ZONAS

MAGNITUDES MEDIDAS (2/5)

- **Medida de Tasa de Dosis de radiación gamma y/o beta-gamma**
 - Parámetro fundamental a medir
 - Indica el riesgo radiológico por irradiación externa
 - Equipos de medida: radiómetros
 - Medida in situ
- **Medida de Contaminación Ambiental con muestreo**
 - Importante saber la concentración de yodo y partículas en aire
 - Indica el riesgo radiológico por irradiación interna
 - Toma de muestras con captadores de aire de alto volumen:
 - Radioyodos: cartucho de carbón activo
 - Partículas de polvo: filtro (acetato de celulosa, fibra de vidrio)
 - Análisis en unidad móvil o laboratorio fijo
 - Análisis:
 - Concentración isotópica de radionucleidos emisores gamma: Espectrómetro gamma (GeHP)
 - Concentración global de emisores beta: Contador beta (Geiger-Müller con ventana fina, etc.)



MINISTERIO
DEL
INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE
PROTECCIÓN CIVIL Y
EMERGENCIAS



VIGILANCIA TERRESTRE Y MARÍTIMA DE ZONAS

MAGNITUDES MEDIDAS (3/5)

• Medida de Contaminación Superficial

- Importante saber la concentración superficial de radionucleidos en el suelo
- Indica el riesgo radiológico:
 - por irradiación externa inmediata
 - Por irradiación interna y externa a largo plazo.
- Toma de muestras con plantillas:
 - Conocimiento de la superficie muestreada
 - Conocimiento de la profundidad muestreada
- Análisis en unidad móvil o laboratorio fijo
- Análisis:
 - Concentración isotópica de radionucleidos emisores gamma: Espectrómetro gamma (GeHP)



MINISTERIO
DEL
INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE
PROTECCIÓN CIVIL Y
EMERGENCIAS



VIGILANCIA TERRESTRE Y MARÍTIMA DE ZONAS

MAGNITUDES MEDIDAS (4/5)

• Medida de Contaminación In Situ

- Medida Directa, sin toma de muestra
- Rapidez de medida (para concentraciones suficientemente altas)
- Espectrometría gamma (GeHP)
- Se evitan problema de la toma de muestras
- Medida sencilla de realizar
- Calibración del equipo
 - Contaminación ambiental: geometría nube semiinfinita
 - Contaminación superficial:
 - toma y medida de muestras de la zona
 - Geometría de plano infinito.



MINISTERIO
DEL
INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE
PROTECCIÓN CIVIL Y
EMERGENCIAS



VIGILANCIA TERRESTRE Y MARÍTIMA DE ZONAS

MAGNITUDES MEDIDAS (5/5)

- **Medida de Magnitudes In Situ en Continuo**
 - Medida con el vehículo en movimiento
 - Medida de:
 - Tasa de dosis
 - Contaminación Ambiental
 - Contaminación Superficial
 - Se debe ajustar velocidad a cantidad de material radiactivo
 - Sistema de posicionamiento geográfico (GPS)
 - Asocia resultados a posición geográfica
 - Análisis y transmisión automática de resultados.



MINISTERIO
DEL
INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE
PROTECCIÓN CIVIL Y
EMERGENCIAS



VIGILANCIA TERRESTRE Y MARÍTIMA DE ZONAS

VIGILANCIA MARÍTIMA

- Aplicable a centrales:
 - Situadas en la costa
 - Con gran masa de agua en su cercanía
- Equipos de medida:
 - Espectrómetro gamma (GeHP)
 - Adaptado a geometría de muestra de agua
- Sistema de posicionamiento geográfico (GPS)



MINISTERIO
DEL
INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE
PROTECCIÓN CIVIL Y
EMERGENCIAS



VIGILANCIA CON EQUIPOS AEROTRANSPORTADOS

- Fase Inicial:
 - Permite caracterización del penacho
 - Riesgo elevado de contaminación e irradiación
- Fase Intermedia:
 - Permite caracterización del material radiactivo depositado
- Uso de detectores de Ina(Tl) de gran tamaño:
 - Gran sensibilidad: Permite hacer medidas a suficiente altitud para seguridad del vuelo
 - Dificultad de identificar radionucleidos
- Uso de detectores de GeHP:
 - Permite identificar radionucleidos (incluso en fase inicial)
- Permite rápida caracterización preliminar de grandes áreas
- Altitud habitual de vuelo: 50-100 metros
- Separación entre pasadas: 150-200 metros
- Requiere tiempos de medida muy cortos.
- Permite medida en continuo automatizada asociada a GPS



MINISTERIO
DEL
INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE
PROTECCIÓN CIVIL Y
EMERGENCIAS



VIGILANCIA DE LAS PERSONAS QUE ABANDONAN LA ZONA AFECTADA (1/5)

- Se realizará en las Estaciones de Clasificación y Descontaminación (ECD)
- Se realizará en las siguientes circunstancias:
 - En caso de evacuación
 - A la salida de la zona afectada
 - Previa a llegada al Área Base de Recepción Social (ABRS)
 - Ordenada por la Dirección de la Emergencia



MINISTERIO
DEL
INTERIOR

SUBSECRETARÍA
DIRECCIÓN GENERAL DE
PROTECCIÓN CIVIL Y
EMERGENCIAS



VIGILANCIA DE LAS PERSONAS QUE ABANDONAN LA ZONA AFECTADA (2/5)

Vigilancia a Realizar

- Identificar daños a la salud no radiológicos (traumatismos, etc.)
- Medida de contaminación superficial beta y gamma en la piel y la ropa.
 - A todas las personas evacuadas (si existe este riesgo por haber emisión)
 - Equipos portátiles de medida de contaminación superficial (cotaminómetros)
- Medida de contaminación interna del tiroides por radioyodos
 - Seguimiento preferente a los niños
 - Equipos portátiles de medida de radiación (radiómetros)
 - calibrados especialmente para esta medida
 - Sensibilidad para la detección de 1 kBq de I-131
 - En los PEN de las CCNN españolas no se prevé realizar estas medidas específicamente
- Medida de contaminación interna en general
 - Unidades móviles de contadores de radiactividad corporal
 - Permite determinar concentraciones de distintos radionucleidos en distintas partes del cuerpo
 - Equipo caro y con personal especializado



MINISTERIO
DEL
INTERIOR

SUBSECRETARÍA
DIRECCIÓN GENERAL DE
PROTECCIÓN CIVIL Y
EMERGENCIAS



VIGILANCIA DE LAS PERSONAS QUE ABANDONAN LA ZONA AFECTADA (3/5)

- Método de Actuación Radiológica
 - Clasificación inicial de las personas
 - En función del nivel de contaminación
 - Medidas rápidas que permitan una clasificación lo más inmediata posible
 - Realizada por el Grupo Radiológico
 - Caracterización detallada de la contaminación
 - Medida detallada de la distribución de la contaminación en piel y ropa
 - Realizada por el Grupo Radiológico
 - Descontaminación
 - Uso de medios generales (lavados y duchas) y específicos de descontaminación
 - Realizada por el Grupo Sanitario
 - Verificación de la eficacia de la descontaminación
 - Medida detallada de contaminación
 - Realizada por el Grupo Radiológico



MINISTERIO
DEL
INTERIOR

SUBSECRETARÍA
DIRECCIÓN GENERAL DE
PROTECCIÓN CIVIL Y
EMERGENCIAS



CSN

CONSEJO DE
SEGURIDAD NUCLEAR

VIGILANCIA DE LAS PERSONAS QUE ABANDONAN LA ZONA AFECTADA (4/5)

Criterios de Clasificación

- El tratamiento de daños convencionales a la salud (traumático-quirúrgico, etc.) es prioritario respecto a riesgos radiológicos no deterministas
- Criterio fundamental: probabilidad de sobrevivir si la persona es tratada
- Nivel de decisión de la consideración de contaminado se adoptará en función de:
 - Número de personas a clasificar
 - Medios humanos y materiales para clasificar



MINISTERIO
DEL
INTERIOR

SUBSECRETARÍA
DIRECCIÓN GENERAL DE
PROTECCIÓN CIVIL Y
EMERGENCIAS



CSN

CONSEJO DE
SEGURIDAD NUCLEAR

VIGILANCIA DE LAS PERSONAS QUE ABANDONAN LA ZONA AFECTADA (5/5)

Protección de Actuantes

- Equipos de protección individual (vestuario)
- Dosímetros personales
- Vigilancia de niveles de radiación
- Vigilancia de los niveles de contaminación



MINISTERIO
DEL
INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE
PROTECCIÓN CIVIL Y
EMERGENCIAS



DETERMINACIÓN DE LA DEPOSICIÓN EN EL SUELO MEDIANTE MUESTREO (1/2)

Metodología

- Establecimiento de una red de muestreo lo más tupida posible
- Muestreo de suelo con la mayor frecuencia posible
- Muestreo de aire con la misma frecuencia que el de suelo
- Muestras deben tener la profundidad suficiente (distinta según la fase)
- Se puede complementar con muestreo de:
 - vegetación (deposición directa y adsorción por raíces)
 - Depósito húmedo (agua de lluvia).
- Permite determinar:
 - Contaminación actual
 - Velocidad de Deposición o Resuspensión

Resuspensión

- Influye en la redistribución de la contaminación
- Disminuye rápidamente
- Depende de la proporción de suelo descubierto (contaminación desprendible)



MINISTERIO
DEL
INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE
PROTECCIÓN CIVIL Y
EMERGENCIAS



DETERMINACIÓN DE LA DEPOSICIÓN EN EL SUELO MEDIANTE MUESTREO (2/2)

Elección Puntos de Muestreo

- Representativos de la zona
- Evitar laderas y zonas de escorrentía
- Evitar zonas de acumulación de agua
- No apantallados por estructuras, árboles, etc.

Muestreo en Fase Inicial

- Muestreo conjunto de vegetación superficial y pocos centímetros de suelo

Muestreo en Fase Posterior

- Muestreo separado de vegetación y suelo
- Profundidad del suelo mayor a fase inicial
- Muestreo del suelo por capas.



MINISTERIO
DEL
INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE
PROTECCIÓN CIVIL Y
EMERGENCIAS



CSN CONSEJO DE
SEGURIDAD NUCLEAR



MINISTERIO
DEL
INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE
PROTECCIÓN CIVIL Y
EMERGENCIAS



CSN CONSEJO DE
SEGURIDAD NUCLEAR



MINISTERIO
DEL
INTERIOR

SUBSECRETARÍA
DIRECCIÓN GENERAL DE
PROTECCIÓN CIVIL Y
EMERGENCIAS



PROCEDIMIENTO DE ALERTA E INFORMACIÓN A LA POBLACIÓN (2/2)

Etapas de información a la población:

1. información preventiva, sobre:
 - Riesgos
 - Procedimientos de alarma
 - Medidas de autoprotección
2. información a suministrar durante el incidente tras activarse las alarmas, sobre:
 - Situación de emergencia
 - Medidas de Protección a adoptar
3. información a proporcionar después del incidente sobre:
 - Nivel de contaminación
 - Retorno de población evacuada

Control de Accesos:

- Información a población que intenta acceder a zona afectada
- Limitación del acceso a la zona afectada



MINISTERIO
DEL
INTERIOR

SUBSECRETARÍA
DIRECCIÓN GENERAL DE
PROTECCIÓN CIVIL Y
EMERGENCIAS



CONFINAMIENTO EN CASAS Y OTROS EDIFICIOS (1/6)

Concepto

- Aviso a la población
- Refugio bajo techo
- Aplicación de medias de protección respiratoria
- Escuchar directrices las emisoras locales de radio o televisión

Efectividad de Medida depende de:

- Tipo de edificio
- Medidas de confinamiento que se tomen en su interior

Reducción de dosis:

- Irradiación externa (blindaje del edificio)
- Irradiación interna por inhalación (hermeticidad del edificio – intercambio de aire con exterior)

Planificación:

- Características de los edificios: estimación de dosis evitables
- Censo de edificios no particulares: identificación de edificios con buena capacidad de confinamiento



SUBSECRETARÍA
DIRECCIÓN GENERAL DE
PROTECCIÓN CIVIL Y
EMERGENCIAS



CONFINAMIENTO EN CASAS Y OTROS EDIFICIOS (2/6)

Reducción de la Dosis por Irradiación Externa

Efectividad:

- Materiales del Edificio
- Altura sobre el nivel del suelo
- Profundidad sobre el nivel del suelo
- **Factor de Blindaje:** relación entre la tasa de dosis al aire libre a un metro sobre el nivel del suelo y la tasa de dosis en el interior del refugio ($FB \geq 1$)
- **Factor de Reducción:** inversa del factor de blindaje ($FR \leq 1$)
- **Bondad de edificio** como refugio:
 - FB alto
 - FR bajo



SUBSECRETARÍA
DIRECCIÓN GENERAL DE
PROTECCIÓN CIVIL Y
EMERGENCIAS



CONFINAMIENTO EN CASAS Y OTROS EDIFICIOS (3/6)

Factor de Reducción de la Dosis por Irradiación Externa

REFUGIO	FACTOR DE REDUCCIÓN	
	Dosis procedente del penacho	Dosis procedente de la deposición
Coches	1	0.4-0.7
Casas de madera de una o dos plantas, sin sótano	0.9	0.2-0.5
Sótanos de casas de madera	0.1-0.7	
Casas de ladrillo de una o dos plantas, sin sótano	0.4-0.7	0.04-0.4
Sótanos de casas de ladrillo	0.1-0.5	
Grandes edificios de oficinas o industriales	0.1-0.3	
Casas de tres o cuatro pisos y primera o segunda planta de sótanos		0.01-0.08 0.001-0.07
Plantas superiores y sótanos de edificios de muchas		0.001-0.02 0.001-0.015
Bunkers o centros de protección civil (con blindaje de hormigón o roca)	0.003	0.001

El suelo normal proporciona un factor de reducción para dosis por deposición de 0.7 en relación a un plano infinito



SUBSECRETARÍA
DIRECCIÓN GENERAL DE
PROTECCIÓN CIVIL Y
EMERGENCIAS



CONFINAMIENTO EN CASAS Y OTROS EDIFICIOS (4/6)

Reducción de la Dosis por Inhalación

Efectividad:

- Cierre de puertas y ventanas y entrada de chimeneas
- Desconexión de sistemas de ventilación
- Desconexión de sistemas de aire acondicionado
- **Factor de Filtro**
 - fracción de aerosoles retenidos antes de entrar en edificio ($FB \leq 1$)
- **Tasa de Renovación de aire**
 - Nº de renovaciones / hora
 - Magnitud más influyente
- **Bondad de edificio como refugio:**
 - FF bajo
 - TR bajo



SUBSECRETARÍA
DIRECCIÓN GENERAL DE
PROTECCIÓN CIVIL Y
EMERGENCIAS



CONFINAMIENTO EN CASAS Y OTROS EDIFICIOS (5/6)

Factor de Reducción de la Dosis por Inhalación

Tiempo de paso del penacho	Tasa de ventilación (renovaciones por hora)	Factor de reducción
3 h	0.1	0.15
3 h	0.3	0.45
3 h	1.0	0.75
6 h	0.1	0.25
6 h	0.3	0.6
6 h	1.0	0.85



MINISTERIO
DEL
INTERIOR

SUBSECRETARÍA
DIRECCIÓN GENERAL DE
PROTECCIÓN CIVIL Y
EMERGENCIAS



CONFINAMIENTO EN CASAS Y OTROS EDIFICIOS (6/6)

Riesgos No Radiológicos asociados al Confinamiento

- Inicialmente: **Insignificantes**
 - Confinamiento en lugar actual, sin desplazamiento
- Más de 12 horas: Riesgos apreciables
 - Problemas sociales
 - Problemas médicos
 - Problemas de higiene
- Confinamiento de larga duración:
 - Recomendable evacuación
 - Con o sin confinamiento inicial

Finalización del Confinamiento

- Habitualmente tras paso del penacho
- Exhaustiva ventilación de los edificios



MINISTERIO
DEL
INTERIOR

SUBSECRETARÍA
DIRECCIÓN GENERAL DE
PROTECCIÓN CIVIL Y
EMERGENCIAS



EVACUACIÓN DE LA POBLACIÓN (1/4)

Concepto

- Aviso a la población
- Recogida en puntos planificados
- Traslado por ruta seleccionada entre las planificadas
- Paso por E.C.D. en caso de riesgo de contaminación (emisión iniciada)
- Alojamiento y atención en A.B.R.S.

Reducción de dosis:

- Irradiación externa
- Irradiación interna por inhalación

Planificación:

- Población potencialmente afectada
- Puntos de Recogida (preferible en centros con capacidad de alojamiento)
- Áreas Base de Recepción Social (A.B.R.S.)
- Estaciones de Clasificación y Descontaminación (E.C.D.)
- Rutas de Traslado
- Vehículos de transporte



SUBSECRETARÍA
DIRECCIÓN GENERAL DE
PROTECCIÓN CIVIL Y
EMERGENCIAS



EVACUACIÓN DE LA POBLACIÓN (2/4)

Efectividad de Medida depende de:

- Momento de la realización:
 - Preventiva: antes de llegada de penacho
 - Durante emisión: puede estar contraindicada
- Preparación previa:
 - Se necesita mucho tiempo de preparación (avisos, vehículos, etc.)
 - Se debe prever e iniciar preparación con antelación

Costes económicos:

- Elevados (miles de personas)
- Transporte, alojamiento, alimentación, higiene, atención sanitaria, etc.



SUBSECRETARÍA
DIRECCIÓN GENERAL DE
PROTECCIÓN CIVIL Y
EMERGENCIAS



EVACUACIÓN DE LA POBLACIÓN (3/4)

Información para la Toma de Decisión

- La población estimada de la zona
 - Horas laborables y no laborables
 - En domicilios, lugares de trabajo, hospitales, escuelas, etc.
- Población de riesgo
 - Ancianos desasistidos y minusválidos
 - Niños
- Estimación población que se autoevacuará
- Capacidad de transporte disponible
- Posibles A.B.R.S. y E.C.D.
- Rutas de Evacuación (evitar zonas afectadas)
- Horarios para garantizar un flujo sin restricciones de la evacuación

Contenido de la Orden de Evacuación

- Área exacta a evacuar
- Momento de evacuación
- Medios de transporte a utilizar
- Puntos de recogida
- Destinos de acogida (A.B.R.S. y E.C.D.)
- Ruta/s de evacuación



SUBSECRETARÍA
DIRECCIÓN GENERAL DE
PROTECCIÓN CIVIL Y
EMERGENCIAS



EVACUACIÓN DE LA POBLACIÓN (4/4)

Desarrollo de la Evacuación

- Se prevé Evacuación de zonas poco extensas y poco poblada:
 - zona IA: radio 3 km
 - Sector preferente de zona IB: radio 5 km, sector 67,5°
- Se puede realizar de forma conjunta con evacuación de la central
- Riesgo de Evacuación Espontánea con medios propios
- Grupo de Apoyo Logístico aporta los vehículos
- Medios deben ser suficientes considerando ausencia de evacuación espontánea
- Atención especial a grupos especiales (ancianos e inválidos y niños)

Riesgos no Radiológicos asociados a la Evacuación

- Si está bien planificada y ejecutada: Riesgo relativamente bajo
- En la práctica:
 - Riesgos de entidad
 - Riesgos mayores en caso de Evacuación espontánea significativa
 - Riesgo de evacuación de escuelas por padres
 - Problemas de cuidado del ganado



SUBSECRETARÍA
DIRECCIÓN GENERAL DE
PROTECCIÓN CIVIL Y
EMERGENCIAS



ATENCIÓN A LOS EVACUADOS

Instalaciones

- E.C.D.:
 - Reducir riesgos en evacuados
 - Control de los niveles de contaminación de los evacuados
 - Reducir riesgos en población de acogida
 - control de la dispersión de la contaminación por los evacuados
 - Tipos:
 - E.C.D. fija: ubicación planificada
 - E.C.D. móvil: ubicación no planificada
 - Situación:
 - cercanías del emplazamiento
 - Fuera de zona afectada
 - España:: distancia aproximada de 30 km a la central
 - Medios para:
 - identificar personas que requieren atención sanitaria / radiológica
 - Proporcionar atención sanitaria /radiológica requerida
- A.B.R.S.
 - Medios de realojo
 - Suministro de alimentos y bebida
 - Servicios sanitarios



SUBSECRETARÍA
DIRECCIÓN GENERAL DE
PROTECCIÓN CIVIL Y
EMERGENCIAS



MÓDULO 12: TÉCNICAS DE RESPUESTA ANTE EMERGENCIAS

12.4 PROFILÁXIS RADIOLÓGICA, CONTROL DE ALIMENTOS Y AGUA

- Riesgo por radioyodos y profilaxis
- Disponibilidad de yodo estable
- Instrucciones y dosis por grupos de población
- Riesgos y medidas de protección por alimentos y agua de bebida contaminados



SUBSECRETARÍA
DIRECCIÓN GENERAL DE
PROTECCIÓN CIVIL Y
EMERGENCIAS



RIESGO POR IODO RADIATIVO ($1/2$)

- Emisión potencial al medio de **grandes cantidades** de radioyodos
- Exposición potencial por **deposición**
- Exposición potencial a **largas distancias** (cientos de km)
- Exposición **muy localizada** en la glándula tiroides
- Exposición **inicial por inhalación**: menos de 12 horas
- Exposición por **ingestión de alimentos y agua contaminados**
 - Varía semanas
 - Principalmente por **leche y vegetales** frescos
- **Isótopos**
 - **I-131** ($T_{1/2}=8$ días): isótopo más importante
 - Resto: poco relevantes ($T_{1/2}$ muy pequeñas)



SUBSECRETARÍA
DIRECCIÓN GENERAL DE
PROTECCIÓN CIVIL Y
EMERGENCIAS



RIESGO POR IODO RADIOACTIVO (2/2)

- Absorción en la **glándula tiroidea**
- **Absorción rápida:** 12 horas siguientes de la ingesta
- Glándula tiroidea: **órgano más expuesto** a radiación en caso de deposición
- **Riesgos**
 - **Cáncer de tiroides** (estocástico)
 - Insuficiencia tiroidea (determinista)
- Riesgo de cáncer de tiroides depende en gran medida de la **edad del individuo** en el momento de la exposición
- **Niños pequeños:** máximo riesgo
- Adultos: riesgo mínimo o ausencia de riesgo (> 40 años)
- **Riesgo a grandes distancias** en caso de accidente grave (Chernobil)
- Riesgo mayor en poblaciones con **carencias de yodo**



SUBSECRETARÍA
DIRECCIÓN GENERAL DE
PROTECCIÓN CIVIL Y
EMERGENCIAS



PROFILÁXIS RADIOLÓGICA (1/2)

Concepto

- **Administración** de yodo estable
- **Saturación** de la glándula tiroides con yodo estable
- **Incapacidad de absorber** yodo radiactivo
- Eliminación de yodo radiactivo incorporado a través de **orina**

Protección

- **Completa:** Administración antes o inmediatamente después de incorporación de yodo radioactivo
- **50%:** retraso de 5 horas
- **Ninguna:** retraso de 12 horas o más (excepto en casos de exposición prolongada)
- Dosis de yodo estable: bloquea durante **24 horas**



MINISTERIO
DEL
INTERIOR

SUBSECRETARÍA
DIRECCIÓN GENERAL DE
PROTECCIÓN CIVIL Y
EMERGENCIAS



PROFILÁXIS RADIOLÓGICA (2/2)

Administración

- **Dosis única**
 - Protección frente a **inhalación** durante paso del penacho
 - Administración **inmediata**
 - Decisión incluso anterior a realizar cálculos de dosis fiables
 - Efectos secundarios irrelevantes (excepto alergias conocidas)
- **Dosis Diarias**
 - Protección frente a **ingestión** de alimentos y agua
 - Administración **no urgente**
 - Mayor **riesgo de efectos secundarios**
- Yoduro Potásico (KI) o Yodato Potásico (KIO₃)
- Tabletas o líquido
- Tabletas de KI:
 - Lo más utilizado
 - Fáciles de almacenar y administrar
 - Menos irritantes para el estómago
 - Caducidad superior a 5 años
 - Administración triturada y disuelta para lactantes y niños pequeños



MINISTERIO
DEL
INTERIOR

SUBSECRETARÍA
DIRECCIÓN GENERAL DE
PROTECCIÓN CIVIL Y
EMERGENCIAS



DISPONIBILIDAD DE IODO ESTABLE (1/2)

- **Entrega de dosis** a la población: preferiblemente **preventiva**
- **Disponibilidad Crítica** para poder administrar inmediatamente
- Interesante incluso la **predistribución** en zonas cercanas a la central
- **Almacenamiento recomendado:**
 - **lugares estratégicos:** escuelas, guarderías, hospitales, farmacias, cuarteles de fuerzas de orden público, parques de bomberos, centros de protección civil
 - Recomendable existencia de **redundancia** para cada zona
- **Almacenamiento** en Planes de Emergencia Exterior **Españoles:**
 - Ubicaciones en las que está previsto que presten servicio o transiten los **actuales**
 - Organizaciones **municipales** (PAMEN)
 - **Grupo Sanitario**



SUBSECRETARÍA
DIRECCIÓN GENERAL DE
PROTECCIÓN CIVIL Y
EMERGENCIAS



DISPONIBILIDAD DE IODO ESTABLE (2/2)

Instrucciones de Administración

- Entregar o comunicar **instrucciones** junto con comprimidos
- Alertar sobre **contraindicaciones**:
 - Alergia al yodo
 - Enfermedades de tiroides, actuales o pasadas
- Ingestión de **monodosis**
- Ingestión en el momento en que se indique **oficialmente**

Responsabilidad de la administración:

- Grupo **Sanitario**
- Apoyo de organizaciones municipales (PMEN)
- **Médicos locales**: no deben intervenir en decisión de administrar

Información a la población

- Información de ausencia de emisión de radioyodos: **no tomar** yodo estable
- Comunicación de necesidad de **tomar** yodo estable
- Uso de medios de comunicación locales



SUBSECRETARÍA
DIRECCIÓN GENERAL DE
PROTECCIÓN CIVIL Y
EMERGENCIAS



INSTRUCCIONES PARA LOS DIFERENTES GRUPOS DE POBLACIÓN (1/3)

NEONATOS

- **Grupo Crítico**:
 - Riesgos de la exposición
 - Efectos secundarios del yodo estable
- Administración **inmediata** a todos los recién nacidos en caso de indicación
- Únicamente **monodosis**: riesgo de bloqueo de la función tiroidea
- Seguimiento posterior de función tiroidea: riesgo efectos secundarios

LACTANTES, NIÑOS Y ADOLESCENTES

- Grupos de **alto riesgo** de **exposición**
- Grupos de **bajo riesgo** de **efectos secundarios**
- Administración **inmediata** a todos los **niños** en caso de indicación
- Administración de **dosis diarias** en caso de necesidad:
 - Indicada en general
 - Contraindicada en caso de reacciones a la piel



SUBSECRETARÍA
DIRECCIÓN GENERAL DE
PROTECCIÓN CIVIL Y
EMERGENCIAS



INSTRUCCIONES PARA LOS DIFERENTES GRUPOS DE POBLACIÓN (2/3)

MUJERES EMBARAZADAS

- **Protección de:**
 - Mujer
 - **Feto** en última fase de embarazo
- Únicamente **monodosis**: riesgo de bloqueo de la función tiroidea del feto

MUJERES LACTANTES

- **Protección de:**
 - Mujer
 - **Lactante**
- Únicamente **monodosis**: riesgo de bloqueo de la función tiroidea del lactante



SUBSECRETARÍA
DIRECCIÓN GENERAL DE
PROTECCIÓN CIVIL Y
EMERGENCIAS



INSTRUCCIONES PARA LOS DIFERENTES GRUPOS DE POBLACIÓN (3/3)

ADULTOS MENORES DE 40 AÑOS

- Grupo de **bajo riesgo** de exposición
- Grupo de **bajo riesgo** de efectos secundarios
- Nivel de intervención superior a niños
- Únicamente **monodosis**: riesgo de **inhalación**
- Deben considerarse **contraindicaciones**
- Probablemente contraindicado en **zonas alejadas**

ADULTOS MAYORES DE 40 AÑOS

- Grupo de **riesgo prácticamente nulo**
- Grupo de **riesgo apreciable** de efectos secundarios (aumenta con la edad)
- Administración de yodo estable:
 - **Contraindicada** en general
 - Indicada en las cercanías del lugar del accidente (**protección de efectos deterministas**)



SUBSECRETARÍA
DIRECCIÓN GENERAL DE
PROTECCIÓN CIVIL Y
EMERGENCIAS



DOSIS DE IODO ESTABLE

Grupo de edad	Masa equivalente de yodo (mg)	Masa de KI (KIO3) (mg)	Dosis de tableta(*)
Adultos y adolescentes (mas de 12 años)	100	130 (170)	1/1
Niños (3-12 años)	50	65 (85)	1/2
Infantes (1 mes - 2 años)	25	32 (42)	1/4
Neonatos (hasta 1 mes)	12.5	16 (21)	(1/8)

(*) Considerando comprimidos de 100 mg de yodo



SUBSECRETARÍA
DIRECCIÓN GENERAL DE
PROTECCIÓN CIVIL Y
EMERGENCIAS



RIESGO POR OTROS RADIOISÓTOPOS EN ALIMENTOS Y AGUA POTABLE (1/2)

TRANSMISIÓN DE RADIOISÓTOPOS POR LA CADENA TRÓFICA

- **Plantas** pueden incorporar:
 - Deposición directa
 - Absorción por la raíz desde el suelo
- **Animales terrestres** pueden incorporar:
 - Ingestión de alimentos y suelo
 - Ingestión de agua
- **Peces** y otros **Organismos acuáticos** pueden incorporar:
 - Absorción desde el agua
 - Ingestión de agua o alimentos

VALORES MÁXIMOS DE CONTAMINACIÓN

- **Hortalizas:** casi inmediatamente
- **Cultivos de hoja no ancha** (incorporación por la raíz): si cosecha es un mes después de contaminación
- **Leche** de animales que pasten: a los pocos días
- **Carne:** alas pocas semanas
- **Peces y alimentos acuáticos:** a las pocas semanas. No significativo en el mar



SUBSECRETARÍA
DIRECCIÓN GENERAL DE
PROTECCIÓN CIVIL Y
EMERGENCIAS



RIESGO POR OTROS RADIOISÓTOPOS EN ALIMENTOS Y AGUA POTABLE (2/2)

NIVEL DE INTERVENCIÓN SOBRE ALIMENTOS (ICRP)

- Reducción de dosis individual > 10 mSv/año
- Concentración de Cs-137 y I-131 = 1000 – 10000 Bq/kg
- Asegurando alimento sustitutivo nutricionalmente semejante

NIVELES DE INTERVENCIÓN DE LA UNIÓN EUROPEA

Isótopos	Niveles de intervención, Bq/kg				
	Alimentos para bebés	Productos lácteos	Alimentos menores	Otros alimentos	Alimentos líquidos
Estroncio (Sr-90)	75	125	7 500	750	125
Iodo (I-131)	150	500	20 000	2 000	500
Emisores alfa (Pu)	1	20	800	80	20
Cesio y otros nucleidos (Cs-137)	400	1 000	12 500	1 250	1 000

ALIMENTOS DESTINADOS A ANIMALES	Niveles de intervención, Bq/KG
Cerdos	1 250
Aves de corral, terneros y corderos	2 500
Otros	5 000



SUBSECRETARÍA
DIRECCIÓN GENERAL DE
PROTECCIÓN CIVIL Y
EMERGENCIAS



CONTRAMEDIDAS REFERENTES A PRODUCTOS ALIMENTARIOS Y AGRÍCOLAS

- Prohibición de producción y consumo
- Descontaminación del suelo
- Enterrado del suelo superficial



MINISTERIO
DEL
INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE
PROTECCIÓN CIVIL Y
EMERGENCIAS



CSN CONSEJO DE
SEGURIDAD NUCLEAR



MINISTERIO
DEL
INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE
PROTECCIÓN CIVIL Y
EMERGENCIAS



CSN CONSEJO DE
SEGURIDAD NUCLEAR



MINISTERIO
DEL
INTERIOR

SUBSECRETARÍA
DIRECCIÓN GENERAL DE
PROTECCIÓN CIVIL Y
EMERGENCIAS



INTRODUCCIÓN

Técnicas de limpieza

- **Descontaminación:** retirada del material radiactivo
- **Estabilización o fijación:** inmovilización del material radiactivo
- **Aislamiento:** cubrimiento del material radiactivo
- Adicionalmente: **Transporte y Eliminación** de los residuos resultantes

Criterios decisión de descontaminación de zonas extensas:

- **Coste:** muy elevado
- Evaluación de **reducción de dosis** colectiva
- Evaluación de **costes** no monetarios (riesgos no radiológicos, etc.)
- Optimización de la descontaminación (**ALARA**)
- **Planificación**
 - Preliminar: antes de producirse la contaminación
 - Detallada: tras iniciarse el accidente
- **Caracterización detallada** de la contaminación y usos de la tierra



MINISTERIO
DEL
INTERIOR

SUBSECRETARÍA
DIRECCIÓN GENERAL DE
PROTECCIÓN CIVIL Y
EMERGENCIAS



CRITERIOS DESELECCIÓN DE LOS MÉTODOS DE DESCONTAMINACIÓN (1/3)

Eficacia de Técnica

- Se deben valorar por la reducción de dosis que producen
- Se valoran también por la reducción del material radiactivo

Factor de Descontaminación:

- Relación entre actividad inicial y final
- Indica eficacia de la descontaminación
- No indica la reducción de dosis que produce la descontaminación

Consideraciones de Selección Relativas a la Contaminación

- Nivel de contaminación
- Tipo de depósito (húmedo o seco)
- Características físico-químicas del material depositado
- Tipo de material y superficie contaminados
- Factor de descontaminación requerido
- Eficiencia de cada proceso de descontaminación



MINISTERIO
DEL
INTERIOR

SUBSECRETARÍA
DIRECCIÓN GENERAL DE
PROTECCIÓN CIVIL Y
EMERGENCIAS



CRITERIOS DESELECCIÓN DE LOS MÉTODOS DE DESCONTAMINACIÓN (2/3)

Otras Consideraciones en la Selección del Método y el Equipo de Descontaminación

- Disponibilidad, coste y complejidad de los equipos necesarios
- Necesidad de acondicionar los residuos secundarios generados
- Dosis a los trabajadores expuestos por la descontaminación
- Dosis al público en general por la descontaminación
- Otros problemas de seguridad, medioambientales y sociales
- Disponibilidad de personal



MINISTERIO
DEL
INTERIOR

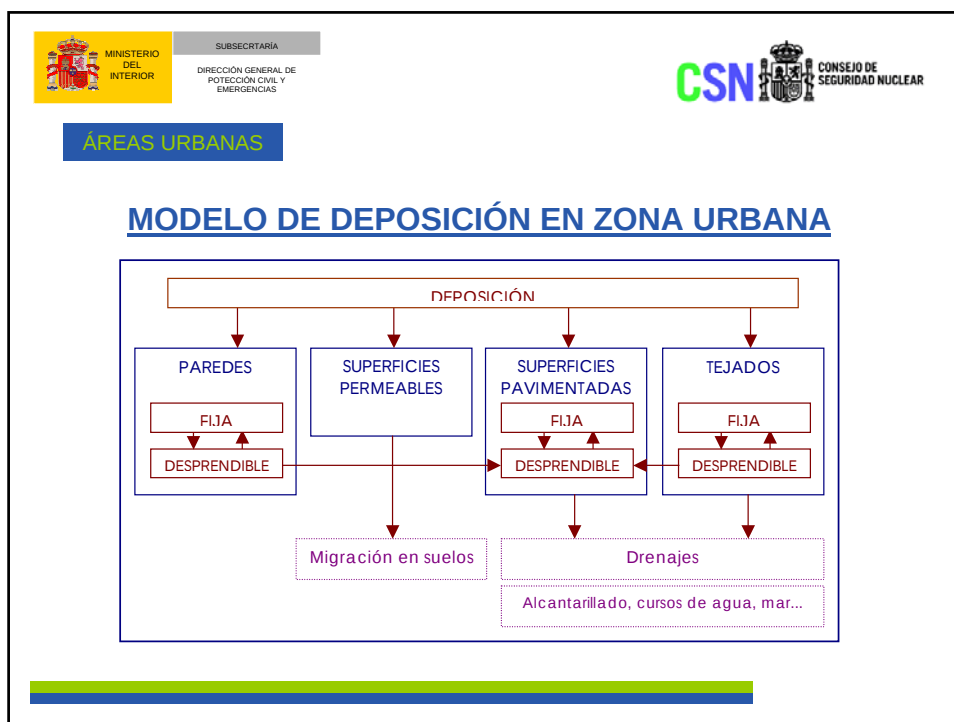
SUBSECRETARÍA
DIRECCIÓN GENERAL DE
PROTECCIÓN CIVIL Y
EMERGENCIAS



CRITERIOS DESELECCIÓN DE LOS MÉTODOS DE DESCONTAMINACIÓN (3/3)

Posibles Objetivos de Descontaminación

- Reducción a un cierto nivel la dosis externa media a los miembros de público
- Reducción hasta un nivel la contaminación de los productos agrícolas
- Obtención de un cierto factor de descontaminación para una superficie especial
- Aplicación de procedimientos de recuperación tales que el coste por cada Sievert-persona evitado no exceda una cierta cantidad de dinero
- Inversión de una suma fija de dinero en la descontaminación de una determinada área y conseguir la máxima reducción posible en Sievert-persona para esa suma de dinero



MINISTERIO DEL INTERIOR SUBSECRETARÍA DIRECCIÓN GENERAL DE PROTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIAS

CSN CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

ÁREAS URBANAS

MECANISMOS DE DEPOSICIÓN

- Deposición **seca**: en ausencia de precipitaciones
- Deposición **húmeda**: en presencia de precipitaciones
- Distribución de depósito:
 - Depende del mecanismo de deposición

DEPOSICIÓN SECA

- Áreas más afectadas: **zonas ajardinadas y arboladas**
- Superficies rugosas permeables (**césped**):
 - Gran eficacia de retención
 - 10 veces superior a la depositada sobre superficies lisas impermeables (asfalto, hormigón)
- **Árboles**:
 - Gran eficacia de captura de partículas
 - Aumenta significativamente el total de deposición en zonas urbanas
- **Paredes**:
 - Interceptan poca deposición por unidad de superficie
- **Zonas pavimentadas**:
 - Interceptan algo más que las paredes
 - Importantes en zonas de alta densidad de población
- **Tejados**:
 - Retención 10 veces superior a las zonas pavimentadas horizontales
 - Importantes en zonas de casas bajas



MINISTERIO
DEL
INTERIOR

SUBSECRETARÍA
DIRECCIÓN GENERAL DE
PROTECCIÓN CIVIL Y
EMERGENCIAS



ÁREAS URBANAS

DEPOSICIÓN HÚMEDA

- Incluye **gases** (disueltos) y partículas arrastrados por la precipitación
- **Coefficiente de lavado:**
 - Modeliza la tasa de deposición
 - Describe el arrastre por la lluvia de los gases y partículas de una nube radiactiva
 - Depende principalmente de la distribución de tamaño de:
 - Aerosoles
 - Gotas de agua
- Intensidad de la lluvia
 - **Lluvia intensa:** favorece escorrentía, arrastre y eliminación de contaminantes
 - **Lluvia fina:** Favorece la retención de contaminantes en las superficies
- Contribución máxima a la dosis: **jardines y calles**
- **Paredes:** deposición depende de intensidad y dirección del viento
- **Árboles:** su presencia no aumenta la deposición húmeda por unidad de superficie



MINISTERIO
DEL
INTERIOR

SUBSECRETARÍA
DIRECCIÓN GENERAL DE
PROTECCIÓN CIVIL Y
EMERGENCIAS



ÁREAS URBANAS

Velocidades de deposición estimadas para superficies urbanas (relativas a la correspondiente en hierba)

Superficie	Deposición seca	Deposición húmeda
Hierba	1	1
Superficies de suelo impermeable, arenoso y duro	0.16	0.4
Tejados	0.65	0.6
Paredes	0.023	0.02
Árboles	1.63	1



SUBSECRETARÍA
DIRECCIÓN GENERAL DE
PROTECCIÓN CIVIL Y
EMERGENCIAS



ÁREAS URBANAS

RESUSPENSIÓN, ARRASTRE E INFILTRACIÓN

- Influidos por distintos tipos de fenómenos
- Fenómenos **meteorológicos**:
 - Lluvia
 - Viento
 - Heladas
- Actividades **humanas**:
 - Limpieza viaria
 - Tráfico rodado

Ejemplo:

Lluvia de 3 mm en zona pavimentada arrastra el 100% de la contaminación



SUBSECRETARÍA
DIRECCIÓN GENERAL DE
PROTECCIÓN CIVIL Y
EMERGENCIAS



ÁREAS URBANAS. METODOS DE DESCONTAMINACIÓN

SISTEMAS SENCILLOS (1/2)

- Relativamente eficaces
- Fáciles de realizar
- Factibles a pequeña y gran escala
- Bajo costo
- **Barrido y barrido con aspiración**
 - Técnicas normales de limpieza de calles
 - Eficaz para superficies con alta carga de polvo
 - Ineficaz para superficies con baja carga de polvo
 - Eficiencia depende en gran medida:
 - tamaño de partículas
 - naturaleza de la superficie
 - tiempo transcurrido antes de que se apliquen técnica
- **Manguedo**
 - Eficaz para deposición seca
 - Eficaz si se realiza poco después de la deposición
 - Desventaja de que no se recupera material radiactivo sino que se traslada





SUBSECRETARÍA
DIRECCIÓN GENERAL DE
PROTECCIÓN CIVIL Y
EMERGENCIAS



ÁREAS URBANAS. METODOS DE DESCONTAMINACIÓN

SISTEMAS SENCILLOS (2/2)

- **Cortado de césped**
 - Eficaz en los primeros días tras deposición
 - Transporte de partículas de hierba a suelo se estima en 7-18 días
 - Uso de cortadora con recogida de hierba cortada
- **Excavación**
 - Eficaz en zonas ajardinadas
 - Eficaz hasta 20 cm de profundidad
 - No requiere herramientas especiales
- **Arado**
 - Eficaz para grandes zonas ajardinadas
 - Eficaz hasta una profundidad de 30 cm
 - Problema de reaparición en superficie en siguientes arados-
 - Reducción en factor 20 de la tasa de dosis mediante arado profundo (45 cm o más)



SUBSECRETARÍA
DIRECCIÓN GENERAL DE
PROTECCIÓN CIVIL Y
EMERGENCIAS



ÁREAS URBANAS. METODOS DE DESCONTAMINACIÓN

OTROS SISTEMAS

- **Tala de árboles y arbustos**
 - Eficaz en la descontaminación de zonas arboladas
 - Zonas arboladas retienen gran cantidad de material radiactivo
 - Generación de gran cantidad de residuos
 - Potenciales problemas de resuspensión
 - Utilización de cubiertas del terreno
- **Eliminación de capa superficial de asfalto de viales**
 - Muy efectivo para la retirada de la contaminación
 - Caro
 - Lento
 - Factor de descontaminación > 100
 - Generación de grandes cantidades de residuos
- **Retirada de una capa de suelo**
 - Mediante excavadoras, escarificadoras y niveladoras
 - Eliminación de 5 cm reduce 80-90% de la contaminación
 - Generación de grandes cantidades de residuos



SUBSECRETARÍA
DIRECCIÓN GENERAL DE
PROTECCIÓN CIVIL Y
EMERGENCIAS



ÁREAS URBANAS. METODOS DE DESCONTAMINACIÓN

COMPARATIVA DE LOS SISTEMAS DE DESCONTAMINACIÓN DE ZONAS URBANAS

Técnicas de descontaminación	Superficie	Actividad retirada (%)
Barrido y barrido con aspiración	Superficies pavimentadas Superficies permeables	20-90 67-90
Manguedo y flaseado	Superficies pavimentadas Tejados Paredes	45-95 25-90 0
Retirada de superficies	Capa superior de suelos Superficie de viales Sustitución de cubiertas	75-90 98-100 100
Cortado de césped		25-90
Tala de árboles		90-98
Arado (15-30 cm)	Parques y zonas ajardinadas	25-98
Excavación	Jardines	83
Chorreado	Edificios	40-100



SUBSECRETARÍA
DIRECCIÓN GENERAL DE
PROTECCIÓN CIVIL Y
EMERGENCIAS



ZONAS RURALES

PLANIFICACIÓN DE LA DECONTAMINACIÓN

- **Objetivos**
 - Reducción de radiación beta/gamma a niveles aceptables
 - Prevención de la incorporación de radionucleidos a la Cadena Trófica
 - Mínimo impacto ecológico
 - Seguros, prácticos y viables económicamente
- **Otros Criterios de Selección del Método**
 - Mínimo efecto en viabilidad del terreno para cultivo
 - Mínimos impacto ecológico al suelo, la flora y la fauna
- **Problemas de Selección del Método**
 - Topografía de la zona
 - Gran número de ecosistemas naturales
 - Usos de la tierra posibles
 - Gran número de tipos de vegetación
 - Clases de suelo y sus características
 - Comportamiento complejo de los radionucleidos:
 - Específico
 - En los diferentes suelos



MINISTERIO
DEL
INTERIOR

SUBSECRETARÍA
DIRECCIÓN GENERAL DE
PROTECCIÓN CIVIL Y
EMERGENCIAS



ZONAS RURALES

FENOMENOLOGÍA DE LOS SUELOS NATURALES CONTAMINADOS

- Consecuencias dependen de época del año de la contaminación
- Deposición se puede producir sobre:
 - Suelo desnudo
 - Superficies vegetales (cultivadas o no)
 - Suelo subyacente
- Fracción de contaminación captada por cultivo depende de:
 - Tipo de deposición (seca o húmeda)
 - Cantidad e intensidad de la precipitación
- Deposición en pastos: impacto mayor en época de pastoreo
- Transferencia a animales:
 - Zonas cultivadas – animales domésticos:
 - transferencia menor
 - producción mayor
 - Terrenos improductivos – animales salvajes:
 - transferencia mayor
 - producción menor



MINISTERIO
DEL
INTERIOR

SUBSECRETARÍA
DIRECCIÓN GENERAL DE
PROTECCIÓN CIVIL Y
EMERGENCIAS



ZONAS RURALES

COMPORTAMIENTO DE LOS RADIONUCLEIDOS

- Radionucleidos **fundamentales** (concentración y movilidad):
 - Cs-137
 - Sr-90
- **Movilidad:** depende de tipo de suelo
 - Arcilloso: limita movilidad (adsorción)
 - Arenoso: facilita movilidad
- **Transferencia suelo – plantas:** depende de constituyentes del suelo
 - **Materia orgánica:** facilita transferencia de Cs-137
 - Presencia de **especies químicas similares:** limita la transferencia
 - Cs-137: presencia de potasio
 - Sr-90: presencia de calcio



MINISTERIO
DEL
INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE
PROTECCIÓN CIVIL Y
EMERGENCIAS



CONSEJO DE
SEGURIDAD NUCLEAR

ZONAS RURALES

MÉTODOS DE DESCONTAMINACIÓN EN SUELOS AGRÍCOLAS (1/2)

- **Retirada de Vegetales Cultivados**
 - Recomendable al menos en el año agrícola de la deposición
 - Eficacia depende de:
 - Tipo de cultivo
 - Etapa de desarrollo del cultivo al producirse deposición
 - Cultivo denso: 25-50% aprox
 - Generación de gran cantidad de residuos
 - Costes: el de la cosecha
- **Retirada de la capa superior del suelo**
 - Retirada de capa 5-10 cm
 - Método más eficaz
 - Método más aceptado públicamente
 - Generación de gran cantidad de residuos
 - 5 cm de espesor de una hectárea genera 500 m³ – 1000 Tm de residuos
 - Enormes problemas logísticos y de gestión
 - Método caro:
 - Ejecución y residuos
 - Eliminación de parte más fértil del suelo



MINISTERIO
DEL
INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE
PROTECCIÓN CIVIL Y
EMERGENCIAS



CONSEJO DE
SEGURIDAD NUCLEAR

ZONAS RURALES

MÉTODOS DE DESCONTAMINACIÓN EN SUELOS AGRÍCOLAS (2/2)

- **Arado**
 - Tipos de Arado:
 - Normal o de vertedera:
 - voltear los 20 ó 30 cm superiores del suelo
 - Profundo:
 - voltear los 50 ó 100 cm superiores del suelo
 - Tipo "skim-and-burial" (arado superficial y enterramiento profundo)
 - Sitúa la capa superficial (5-10 cm) bajo capa profunda (50 cm)
 - No voltear la tierra
 - Elimina problemas de resuspensión e irradiación
 - Problema de reaparición en siguientes arados
 - Ventajas Arado Profundo y S&B:
 - Mayor reducción de transferencia a plantas
 - Desventajas Arado Profundo y S&B
 - Reduce las cualidades agrícolas del terreno (profundo)
 - Coste superior
- **Contramedidas agroquímicas**
 - Adición de fertilizantes y otros aditivos:
 - En exceso
 - Con naturaleza química similar a contaminantes (Cs-137 – K, Sr-90 – Ca)
 - Reducción de la absorción por la raíz



MINISTERIO
DEL
INTERIOR

SUBSECRETARÍA
DIRECCIÓN GENERAL DE
PROTECCIÓN CIVIL Y
EMERGENCIAS



ZONAS RURALES

MÉTODOS DE DESCONTAMINACIÓN EN SUELOS AGRÍCOLAS

RELACIÓN COSTE -BENEFICIO

Método de Descontaminación del suelo	Producto	% reducción en Sievert-persona	Coste (Euro/ - Sievert-persona)
Retirada de una capa de 5 cm de suelo	Grano panificable	95	40000
	Patatas	95	2100
	Leche	95	4100
Arado tipo "skim-and-burial"	Grano panificable	90	7300
	Patatas	90	400
	Leche	90	760
Fertilización anual con potasio	Grano panificable	39	94000
	Patatas	50	4000
	Leche	67	2200

Para una deposición de 1 MBq/m²)



MINISTERIO
DEL
INTERIOR

SUBSECRETARÍA
DIRECCIÓN GENERAL DE
PROTECCIÓN CIVIL Y
EMERGENCIAS



ANIMALES

Atención a productos de animales

- Domésticos (menor transferencia, mayor producción)
- Salvajes (mayor transferencia, menor producción)

Medidas de Protección (1/2)

- Restricción del consumo humano de productos animales
 - Medida cara
 - Medida socialmente desestabilizadora
 - Consejos sobre dieta
- Gestión de los animales
 - Uso de alimentación no contaminada
 - Retirar o desplazar animales a zonas no contaminadas
 - Cambiar la producción de leche a carne





MINISTERIO
DEL
INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE
PROTECCIÓN CIVIL Y
EMERGENCIAS



CSN CONSEJO DE
SEGURIDAD NUCLEAR

ANIMALES

Medidas de Protección (1/2)

- Administración de aditivos de alimentación
 - Adsorbentes de radiocesio:
 - Bentonita: reducción del 50%
 - AFCF (derivado de hexacianoferrato): reducción del 80-90 %
 - Administración:
 - Alimento: reducción más constante
 - Sal: reducción más variable. Uso en animales salvajes
 - Absorbentes de radioestroneio:
 - Alta eficiencia: no hay
 - Administración de Ca



MINISTERIO
DEL
INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE
PROTECCIÓN CIVIL Y
EMERGENCIAS



CSN CONSEJO DE
SEGURIDAD NUCLEAR

TRANSPORTE Y ELIMINACIÓN DE RESIDUOS DE DESCONTAMINACIÓN

Residuos Generados al Descontaminar

- Gran cantidad
- Gran variedad
 - Suelo
 - Vegetación
 - Asfalto
 - Materiales de construcción
 - Líquidos
- Deben ser Gestionados en condiciones de Seguridad

Gestión a Realizar: **Eliminación en Repositorio** (vertedero de seguridad)

Carga y transporte

- Uso de equipos convencionales de movimiento de tierras
- Precauciones: protección del personal y MA
 - Evitar polvo (humedecer tierra) en carga
 - Limpieza y caracterización de vehículos cargados
 - Plan de emergencia durante transporte



MINISTERIO
DEL
INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE
PROTECCIÓN CIVIL Y
EMERGENCIAS



CONSEJO DE
SEGURIDAD NUCLEAR

TRANSPORTE Y ELIMINACIÓN DE RESIDUOS DE DESCONTAMINACIÓN

CARACTERÍSTICAS DEL REPOSITORIO

- **Objetivo:**
 - Confinar el material radiactivo hasta ausencia de riesgo inaceptable
- **Criterios de diseño:**
 - Evitar dispersión acuática y aérea de material radiactivo de los residuos
 - Proteger de dispersión superficial: erosión, intrusión, vegetación
 - Contención durante cientos de años (decaimiento de Cs-137 y Sr-90)
- **Factores de Selección de Emplazamiento:**
 - Distancia a zona contaminada
 - Cantidad y naturaleza de residuos
 - Medios de transporte disponibles
 - Disponibilidad de emplazamientos naturales (canteras, minas, depresiones)
 - Geología e Hidrogeología: permeabilidad, aguas subterráneas
 - Tiempo durante el que se debe ejercer control
 - Mejoras de ingeniería posibles
 - Costes: transporte, construcción, mantenimiento



MINISTERIO
DEL
INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE
PROTECCIÓN CIVIL Y
EMERGENCIAS



CONSEJO DE
SEGURIDAD NUCLEAR

TRANSPORTE Y ELIMINACIÓN DE RESIDUOS DE DESCONTAMINACIÓN

Evaluación de Seguridad del Repositorio

- Estudio de la evolución futura del repositorio
 - Escenarios de liberación
 - Mecanismos de transporte de los radionucleidos
 - Receptores sensibles
 - Evaluación de Riesgo: estimación de dosis al hombre

Medidas de ingeniería

- Vaso:
 - Impermeabilización (material natural y/o artificial)
 - Drenaje de potenciales Lixiviados
 - Drenaje de seguridad
- Cubrimiento:
 - Impermeabilización (material natural y/o artificial)
 - Drenaje de pluviales y escorrentía
 - Escollera o cubierta gruesa (evitar intrusión)



MINISTERIO
DEL
INTERIOR

SUBSECRETARÍA
DIRECCIÓN GENERAL DE
PROTECCIÓN CIVIL Y
EMERGENCIAS



TRANSPORTE Y ELIMINACIÓN DE RESIDUOS DE DESCONTAMINACIÓN

Repositorios

- Depresiones o valles naturales
- Canteras y minas a cielo abierto
- Minas subterráneas
- Fosas excavadas
- Diques o Pilas

Proceso de Selección de Emplazamiento

- Obtención de datos básicos (cantidad y concentración de residuos, etc.)
- Establecimiento de criterios generales
- Selección de zonas potencialmente favorables
- Selección de emplazamientos posibles
- Confirmación de aceptabilidad de emplazamientos seleccionados