

MÓDULO 9: FUNDAMENTOS DE EMERGENCIAS NUCLEARES

9.1 APOYO A LA DECISIÓN PARA LA GESTIÓN DE LA EMERGENCIA EXTERIOR EN UN ACCIDENTE NUCLEAR

CONTENIDOS

- Sistemas de Apoyo a la Decisión en el Marco Comunitario.
- Análisis de decisión y su aplicación en la gestión de emergencias nucleares.
- Técnicas de análisis de decisión: software Web-HIPRE.
- Decisiones de grupo y talleres orientados a la decisión.



MINISTERIO DEL INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE PROTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIAS



CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

SAD en el Marco Comunitario: Introducción

ACCIDENTE RADIOLÓGICO

* Riesgo radiológico: consecuencias sobre la salud
* Efectos secundarios: percepción subjetiva del riesgo

ACCIÓN:

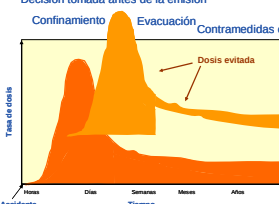
* Evaluación inmediata y fiable del riesgo radiológico.
* Recomendación de la opción de intervención óptima.

Reducción del riesgo
Incremento de la confianza del público

¿Cómo estamos expuestos a la radiación durante y después de un accidente nuclear?



Decisión tomada antes de la emisión
Confinamiento Evacuación Contramedidas en el largo plazo



9.1 / 3



MINISTERIO DEL INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE PROTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIAS



CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

SAD en el Marco Comunitario: Introducción

La intervención post-accidente se apoya en los dos pilares básicos de la PR:

- Garantizar que no se alcanzarán niveles de riesgo individual inaceptables (**Justificación**)
- Reducir el riesgo colectivo de la población hasta el nivel que permita la tecnología existente teniendo en cuenta el coste social asociado a la intervención (**Optimización**)

9.1 / 4



**MINISTERIO
DEL INTERIOR**

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE
POTECIÓN CIVIL Y
EMERGENCIAS

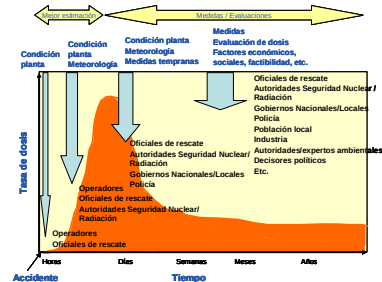


SAD en el Marco Comunitario: Introducción

Para ser capaz de tomar decisiones correctas en el momento adecuado, se necesita:

- Identificar a los decisores e interlocutores sociales implicados en el proceso de gestión de la emergencia.
- Tener sistemas que disparen el inicio del proceso de gestión de la emergencia y que recogan la información sobre la situación de emergencia (planes de emergencia, sistemas de vigilancia, sistemas de ayuda a la decisión)
- Tener métodos para ordenar de forma adecuada las diferentes opciones de actuación o contramedidas (herramientas de evaluación, análisis de decisión)
- Tener métodos para obtener y medir el impacto y las inquietudes de todos los interlocutores sociales relevantes en la decisión sobre las contramedidas (talleres orientados a la decisión).

**Bases para decidir las actuaciones
Decisores / Interlocutores sociales**



9.1 / 5



MINISTERIO
DEL INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE
PROTECCIÓN CIVIL Y
EMERGENCIAS



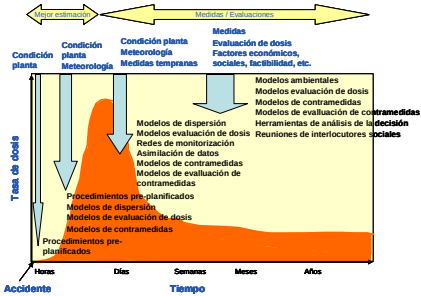
CONSEJO DE
SEGURIDAD NUCLEAR

SAD en el Marco Comunitario: Introducción

Para ser capaz de tomar decisiones correctas en el momento adecuado, se necesita:

- Identificar a los decisores e interlocutores sociales implicados en el proceso de gestión de la emergencia.
- Tener sistemas que disparen el inicio del proceso de gestión de la emergencia y que recogan la información sobre la situación de emergencia (planes de emergencia, sistemas de vigilancia, sistemas de ayuda a la decisión)
- Tener métodos para ordenar de forma adecuada las diferentes opciones de actuación o contramedidas (herramientas de evaluación, análisis de decisión)
- Tener métodos para obtener y medir el impacto y las inquietudes de todos los interlocutores sociales relevantes en la decisión sobre las contramedidas (talleres orientados a la decisión).

¿Qué herramientas de apoyo a la decisión son necesarias en las diferentes fases?



9.1 / 6



MINISTERIO DEL INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE PROTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIAS



CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

SAD en el Marco Comunitario: Introducción

Para ser capaz de tomar decisiones correctas en el momento adecuado, se necesita:

- Identificar a los decisores e interlocutores sociales implicados en el proceso de gestión de la emergencia.
- Tener sistemas que disparen el inicio del proceso de gestión de la emergencia y que recogan la información sobre la situación de emergencia (planes de emergencia, sistemas de vigilancia, sistemas de ayuda a la decisión)
- Tener métodos para ordenar de forma adecuada las diferentes opciones de actuación o contramedidas (herramientas de evaluación, análisis de decisión)
- Tener métodos para obtener y medir el impacto y las inquietudes de todos los interlocutores sociales relevantes en la decisión sobre las contramedidas (talleres orientados a la decisión).

CARACTERIZACIÓN DE CONTRAMEDIDAS

EFICIENCIA

- REDISTRIBUCIÓN DEL CONTAMINANTE
- ELIMINACIÓN DEL CONTAMINANTE
- ALTERACIÓN QUÍMICA DEL MEDIO

FACTORES DE COSTO

- MANO DE OBRA
- FUNGIBLES
- AMORTIZACIÓN DE EQUIPOS

GESTIÓN RESIDUOS GENERADOS

- TIPO
- VOLUMEN
- ACTIVIDAD ESPECÍFICA

FACTORES DE EVALUACIÓN

REDUCCIÓN DE DOSIS

- DOSIS INDIVIDUAL RESIDUAL
- DOSIS COLECTIVA EVITADA

GASTO SOCIAL

- COSTE DE LA CONTRAMEDIDA
- COSTE DE LOS EFECTOS SECUNDARIOS

GASTO SOCIAL

- COSTE GESTIÓN RESIDUOS

INCREMENTO DE DOSIS

- A DOSIS INDIVIDUAL TRABAJADORES

9.1 / 7



MINISTERIO DEL INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE PROTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIAS



CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

SAD en el Marco Comunitario: Introducción

Para ser capaz de tomar decisiones correctas en el momento adecuado, se necesita:

- Identificar a los decisores e interlocutores sociales implicados en el proceso de gestión de la emergencia.
- Tener sistemas que disparen el inicio del proceso de gestión de la emergencia y que recogan la información sobre la situación de emergencia (planes de emergencia, sistemas de vigilancia, sistemas de ayuda a la decisión)
- Tener métodos para ordenar de forma adecuada las diferentes opciones de actuación o contramedidas (herramientas de evaluación, análisis de decisión)
- Tener métodos para obtener y medir el impacto y las inquietudes de todos los interlocutores sociales relevantes en la decisión sobre las contramedidas (talleres orientados a la decisión).

Optimización de la protección completa de la salud

Expertos en protección radiológica

→ Atributos de protección radiológica

Expertos en ciencias sociales

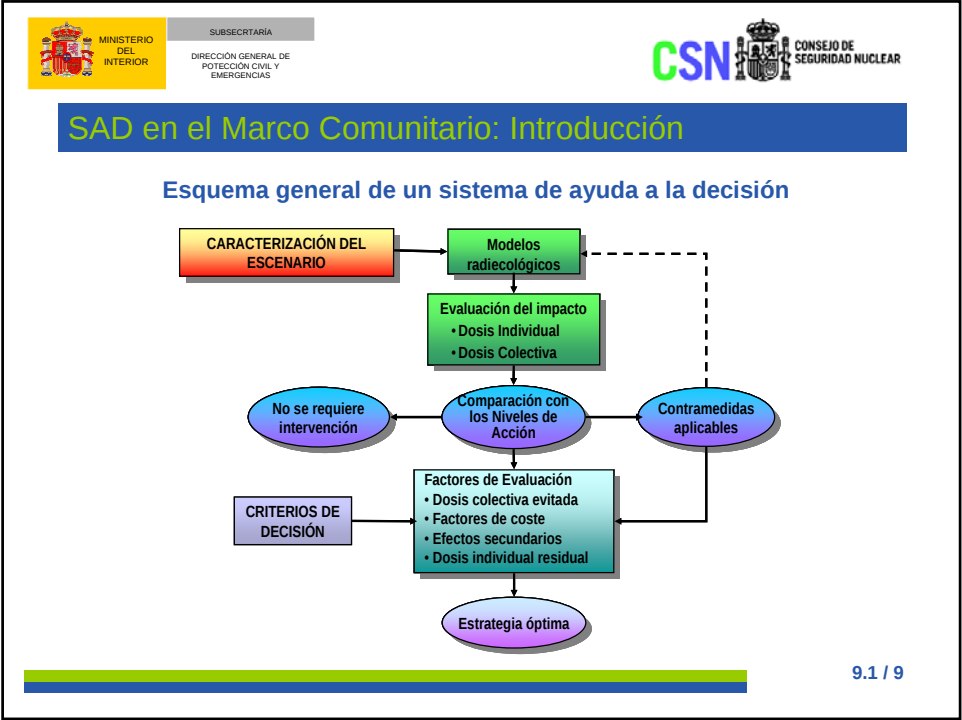
→ Atributos de protección no radiológicos

Decisores

Optimización de la protección completa basada en los atributos radiológicos y no radiológicos

Protección completa a e la salud optimizada

9.1 / 8



SAD en el Marco Comunitario: Introducción

Esquema general de un sistema de ayuda a la decisión

CARACTERIZACIÓN DEL ESCENARIO

Modelos radiológicos

Evaluación del impacto

- Dosis Individual
- Dosis Colectiva

Comparación con los Niveles de Acción

Factores de Evaluación

- Dosis colectiva evitada
- Factores de coste
- Efectos secundarios
- Dosis individual residual

Estrategia óptima

No se requiere intervención

Contramedidas aplicables

CRITERIOS DE DECISIÓN

Factores de Evaluación

9.1 / 9

MINISTERIO DEL INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE PROTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIAS

CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

SAD en el Marco Comunitario: Desarrollos

Los SAD se pueden categorizar en varios niveles:

- Nivel 0: Recepción y comprobación de datos, y su presentación
- Nivel 1: Análisis y predicción de la situación actual y futura
- Nivel 2: Simulación de potenciales acciones de protección
- Nivel 3: Evaluación y catálogo de acciones estratégicas alternativas

Tabla 1 Aplicabilidad de los Sistemas de Ayuda a la Decisión desarrollados durante el 4º PM de la CE

Acronimo del Proyecto	Fase del Accidente				Medio ambiente						Aplicabilidad al tipo de liberación o contaminante		
	Amenaza o preliberación	Liberación	Post-liberación	Gestión Largo Plazo / Restauración	Urbano	Rural		Acuático		Todos ¹	Cesio	Otros	
						Natural / semi-natural	Agrícola	Agua Dulce	Marino				
CESER												Sr ²	
MOIRA												Sr	
RESTORE												Sr	
RODOS ³													
SAVE													
SPARTACUS													
STEPS													
TEMAS												Sr	

1 En la práctica, se limita a los 68 radionucleidos que se incluyen entre todos los potencialmente importantes en las liberaciones accidentales de las instalaciones nucleares

2 Sr - Estroncio

3 Comprende siete proyectos individuales que fueron implementados de una manera integrada.

9.1 / 10



MINISTERIO
DEL
INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE
PROTECCIÓN CIVIL Y
EMERGENCIAS



CONSEJO DE
SEGURIDAD NUCLEAR

SAD en el Marco Comunitario: El Sistema RODOS

RODOS: Real-time On-line DecisiOn Support system

- Para operaciones multi-usuario en los centros de emergencia nacionales/regionales responsables de la gestión de las emergencias nucleares exteriores.
- Proporciona, continuamente actualizada, información integral, constante y oportuna como entrada a la toma de decisión:
 - en las escalas local / regional / nacional / Europea.
 - en las fases tempranas y últimas de un accidente.
 - en todos los tipos de actuaciones y de contramedidas de urgencia.
- Desarrollo histórico:
 - Iniciado en 1989 y desarrollado durante el 3^{er}, 4^o y 5^o PM-UE
 - En proceso de revisión, actualización y armonización - Proyecto EURANOS (6PM-EURATOM)
 - En proceso de implantación y adaptación en la SALEM (CSN) - Proyecto ISIDRO (CSN - CIEMAT - UPM)

9.1 / 11



MINISTERIO
DEL
INTERIOR

SUBSECRETARÍA

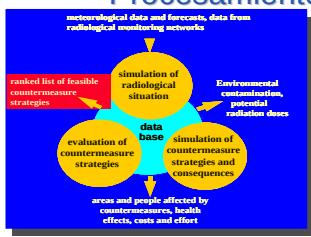
DIRECCIÓN GENERAL DE
PROTECCIÓN CIVIL Y
EMERGENCIAS



CONSEJO DE
SEGURIDAD NUCLEAR

SAD en el Marco Comunitario: El Sistema RODOS

Procesamiento de la información en RODOS

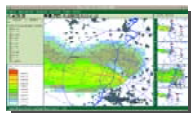
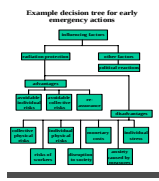


NIVEL 0: recibe, archiva, procesa y presenta las medidas radiológicas y meteorológicas y los datos de los pronósticos

NIVEL 1: diagnóstico y pronóstico de la situación radiológica, continuamente actualizados

NIVEL 2: estimación de la extensión y duración de las contramedidas y de sus consecuencias

NIVEL 3: evaluación y jerarquización de las posibles estrategias de actuación equilibrando entre sus beneficios y desventajas, teniendo en cuenta los aspectos sociales de influencia.

9.1 / 12



MINISTERIO DEL INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE PROTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIAS

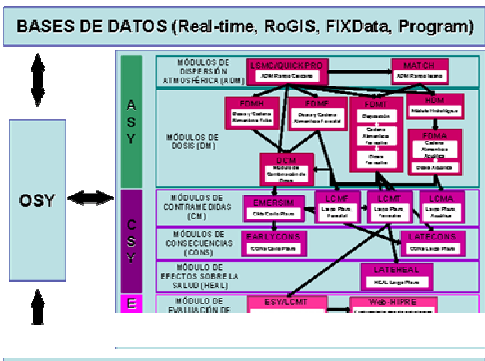


CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

SAD en el Marco Comunitario: El Sistema RODOS

Estructura conceptual y modular de RODOS

- **OSY**: Subsistema operativo
- **ASY**: Subsistema de análisis
 - Módulo dispersión atmosférica
 - Módulo de dosis
- **CSY**: Subsistema de contramedidas
 - Módulo de contramedidas
 - Módulo de consecuencias
 - Módulo de efectos sobre la salud
- **ESY**: Subsistema de Evaluación
 - Módulo de evaluación de estrategias



BASES DE DATOS (Real-time, RoGIS, FIXData, Program)

The diagram illustrates the modular structure of RODOS. It features a central vertical column representing the subsystems: OSY (Operative), ASY (Analysis), CSY (Countermeasures), and ESY (Evaluation). To the right, a detailed grid shows various modules within these subsystems, such as 'Módulo de dispersión atmosférica', 'Módulo de dosis', 'Módulo de contramedidas', 'Módulo de consecuencias', 'Módulo de efectos sobre la salud', and 'Módulo de evaluación de estrategias'. Arrows indicate the flow of information and data between these modules and the central database.

9.1 / 13



MINISTERIO DEL INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE PROTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIAS

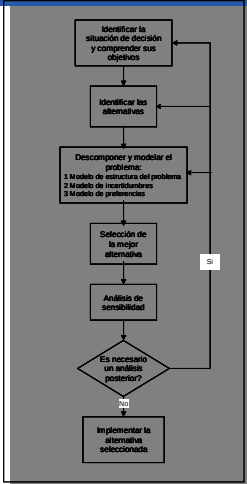


CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

Análisis de Decisión y su aplicación en la gestión de emergencias: Conceptos Básicos

La metodología de análisis de decisión se puede resumir con cuatro pasos separados:

1. Estructura del problema de decisión.
2. Evaluar posibles impactos de cada alternativa.
3. Determinar las preferencias (valores) de los decisores.
4. Evaluar y comparar alternativas.



```

graph TD
    A[Identificar la situación de decisión y comprender sus objetivos] --> B[Identificar las alternativas]
    B --> C[Descomponer y modelar el problema:  
1. Modelo de estructura del problema  
2. Modelo de incertidumbres  
3. Modelo de preferencias]
    C --> D[Selección de la mejor alternativa]
    D --> E[Análisis de sensibilidad]
    E --> F{Es necesario un análisis posterior?}
    F -- Sí --> C
    F -- No --> G[Implementar la alternativa seleccionada]
    
```

9.1 / 14



MINISTERIO DEL INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE PROTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIAS



CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

Análisis de Decisión y su aplicación en la gestión de emergencias: Software Web-HIPRE

Estructuración del problema

Obtención de las preferencias

Agregación

Análisis de Sensibilidad

Decisión final / Recomendación

Árbol de atributos

Tabla de decisión

Ponderación de los criterios

Función de valor

9.1 / 15



MINISTERIO DEL INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE PROTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIAS



CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

Análisis de Decisión y su aplicación en la gestión de emergencias: Software Web-HIPRE

Diversas funciones y métodos de Web-HIPRE proporcionan apoyo para los decisores

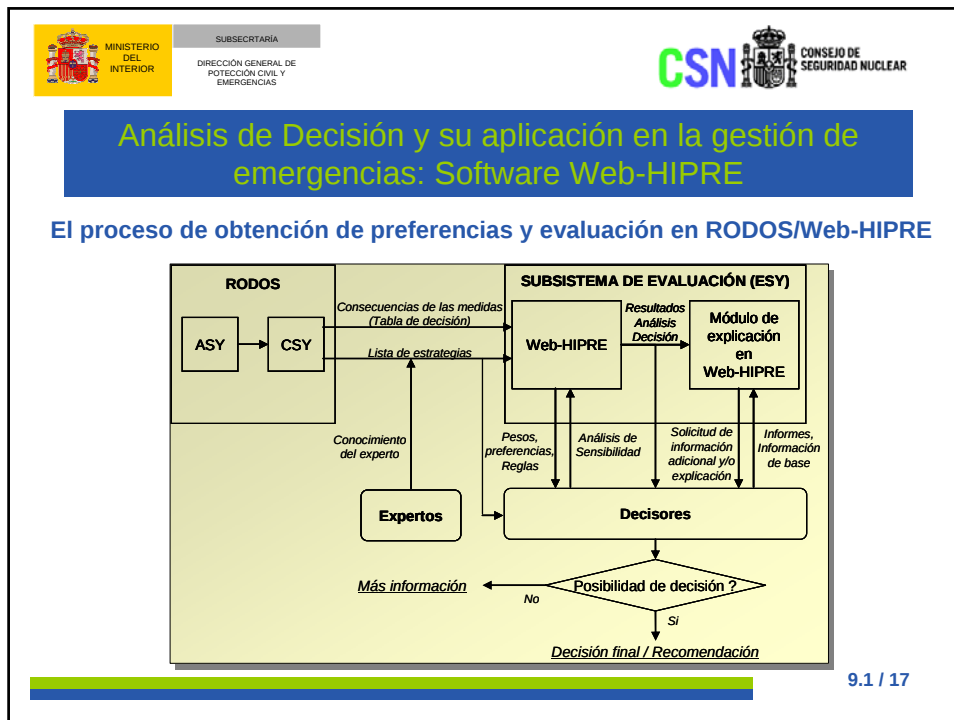
Funcionalidades de Web-HIPRE

La ventana de diálogo "Composición de Prioridades" ilustra los resultados del análisis

Un análisis de sensibilidad muestra la robustez del ranking de alternativas frente a los cambios en la ponderación de los objetivos

El Módulo de Explicación genera lenguaje natural para informar los resultados de los análisis

9.1 / 16





MINISTERIO DEL INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE PROTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIAS



CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

Decisiones de grupo y talleres orientados a la decisión

Formas potenciales de toma de decisión en la gestión de emergencia nuclear

Formas de participación:

- Conferencias públicas
- Jurados ciudadanos
- Células de planificación
- Comités de asesores
- Mediación y negociación asistida
- Talleres orientados

Formas gerenciales:

- Equipos de gestión



Participantes

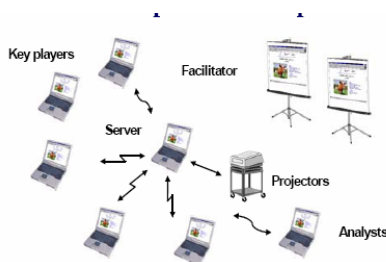
- Los participantes que tomarán parte en el proceso de toma de decisión en las emergencias nucleares:
- gobierno central o autoridades locales, representantes de organizaciones de expertos, industria, productores y representantes ciudadanos.
- todos los grupos de interés deberán estar representados equitativamente.
- proceso abierto y participativo basado en la escucha, aprendizaje y mutua cooperación.
- la participación será consensuada y no jerarquizada.

9.1 / 18

Decisiones de grupo y talleres orientados a la decisión

Talleres orientados a la decisión

- sesión intensiva o reunión de trabajo a la que asisten personas expertas en diversas áreas de conocimiento.
- el análisis de la decisión es una característica diferenciada del taller; mejora la calidad de las deliberaciones.
- un orientador dirige la discusión del grupo.
- los analistas modelan los puntos de vista del grupo usando herramientas de análisis de decisión.
- el taller puede durar desde unas pocas horas hasta dos o tres días.



9.1 / 19

MÓDULO 9: FUNDAMENTOS DE EMERGENCIAS NUCLEARES

9.1

EQUIPO, INSTALACIONES Y REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA PARA EL APOYO A LA TOMA DE DECISIÓN



MINISTERIO
DEL
INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE
PROTECCIÓN CIVIL Y
EMERGENCIAS



CONSEJO DE
SEGURIDAD NUCLEAR

CONTENIDOS

- Fases de un accidente.
- Revisión del proceso de toma de decisión desde el punto de vista del asesor técnico.
- Requisitos de información y planificación para la toma de decisiones.

9.1 / 21



MINISTERIO
DEL
INTERIOR

SUBSECRETARÍA

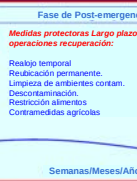
DIRECCIÓN GENERAL DE
PROTECCIÓN CIVIL Y
EMERGENCIAS



CONSEJO DE
SEGURIDAD NUCLEAR

Fases de un accidente

a)

	Fase de Emergencia	Fase de Post-emergencia
Tasa de exposición		
	Medidas protectoras Precisión: Evacuación Confinam. Propt. lodo	Medidas protectoras Largo plazo y operaciones recuperación: Resalto temporal Reubicación permanente Limpieza de ambientes contam. Descontaminación Restricción alimentos Contramedidas agrícolas
	Horas/Días	Semanas/Meses/Años

Tiempo tras el inicio del accidente

b)

	Pre-emisión	Emisión	Post-emisión
Tasa de exposición			
	Fase de Emergencia Medidas protectoras Precisión: Evacuación Confinam. Propt. lodo	Medidas protectoras Urgentes: Evacuación Confinam. Propt. lodo Protec. alim.	Fase de Post-emergencia: Medidas protectoras Largo plazo y operaciones recuperación: Resalto temporal Reubicación permanente Limpieza de ambientes contam. Descontaminación Restricción alimentos Contramedidas agrícolas
	Horas	Horas/Días	Semanas/Meses/Años

Tiempo tras el inicio del accidente

Sistema de Apoyo a la Decisión en la fases de un accidente

Fase temprana (emergencia):

El apoyo debe basarse en sistemas manuales preparados por adelantado, y en árboles de decisiones informatizados, listas de acciones concretas, etc.

Fase tardía (post-emergencia):

En la fase tardía, hay más tiempo y se necesitan sistemas de apoyo más sofisticados.

Figura 1. Fases temporales para introducir las actuaciones y medidas protectoras en una emergencia radiológica (a) y nuclear (b).

9.1 / 22



MINISTERIO DEL INTERIOR SUBSECRETARÍA DIRECCIÓN GENERAL DE PROTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIAS

CSN CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

Revisión del proceso de toma de decisión desde el punto de vista del asesor técnico

- La Organización de Respuesta ante Emergencias (ORE) es la estructura operativa establecida por el CSN para llevar a cabo las funciones que le corresponden en caso de emergencia nuclear o radiológica
- Está dotada con los recursos humanos, medios técnicos y procedimientos operativos adecuados.
- Las actuaciones de la ORE, durante una situación de emergencia real tienen prioridad respecto de cualquier otra actividad del CSN. La ORE actúa independientemente de la función reguladora y de control que tiene asignada el CSN y tendrá como funciones exclusivas:
 - Contribuir a llevar la situación de emergencia a condición segura.
 - Paliar las consecuencias radiológicas generadas por el accidente que ocasionó la situación de emergencia sobre las personas, los bienes y el medio ambiente.
 - Informar y asesorar a las autoridades encargadas de dirigir el plan de emergencia aplicable.
 - Informar a la población sobre los riesgos asociados a la situación de emergencia.
 - Dar cumplimiento a los compromisos internacionales en materia de pronta notificación y asistencia mutua.

9.1 / 24





MINISTERIO DEL INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE PROTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIAS



CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

Requisitos de información para la toma de decisiones

Fase de pre-liberación

Información disponible

- Recepción de la alerta
- Estado de la PEN y evolución potencial del accidente (impreciso, parcialmente desconocido y no plenamente comprensible), incluyendo una primera estimación de un término fuente (con poca precisión: cantidad y evolución temporal)
- Información general
 - Datos meteorológicos y radiológicos "in situ"
 - Datos de pronósticos meteorológicos a petición
 - Pre-planificación
 - Disponibilidad de equipos

Apoyo proporcionado por un SAD

- Recoge todos los datos en un mismo lugar y proporciona información de manera consistente.
- Ejecuta evaluaciones de dosis.
- Proporciona resultados: mapas, evolución temporal de las concentraciones de actividad, dosis y tasas de dosis en el área de interés.
- Propone las áreas donde aplicar las contramedidas protectoras iniciales y las modela simulando su comportamiento para estimar la posibilidad de ejecutarlas de forma individual o combinadas.

9.1 / 26

Requisitos de información para la toma de decisiones

Problemas en la fase de pre-liberación

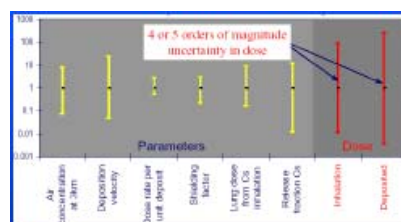
Problema

- Término fuente muy incierto
- Resultados de las evaluaciones de dosis con incertidumbres debido a las incertidumbres del término fuente y de los pronósticos meteorológicos (además de las limitaciones propias de los modelos de dispersión y conversión de actividad a dosis)

Se tienen que tomar decisiones con datos de entrada muy inseguros para iniciar la evacuación, confinamiento o profilaxis de yodo

¿Como resolverlos?

- Utilizando la mejor información disponible procedente de la planta para estimar el término fuente (ASTRID, STERPS)
- Mejorar los pronósticos del clima y los modelos de simulación



Incertidumbres en las predicciones del modelo

9.1 / 27

Requisitos de información para la toma de decisiones

Fase de liberación

Información disponible

- Estado de la PEN y evolución potencial del accidente incluyendo una estimación del término fuente utilizando monitores fijos o móviles.
- Datos meteorológicos "in situ" y datos de pronósticos meteorológicos.
- Vigilancia radiológica
- Información proyectada a petición sobre:
 - Concentraciones de actividad, dosis y áreas potenciales de aplicación de las CMS urgentes en la vecindad (~100 km) del punto del accidente.

Hay que considerar las CMs para la fase temprana e intermedia de la emergencia

Sistemas de vigilancia

- Redes de vigilancia de tasas de dosis gamma.
- Estaciones de vigilancia del aérea.
- Estaciones de vigilancia meteorológica
- Sistemas de recogida de aerosoles (parcialmente con medidas directas de la nube)
- Vigilancia de la contaminación ambiental y de los alimentos
- Vigilancia de las dosis individuales

Apoyo proporcionado por un SAD en la recogida de datos

- El SAD recoge la información de:
 - Pronósticos meteorológicos
 - Información del sitio y de la PEN; base de datos de términos fuente; datos de emisión; meteorología local
 - Datos de vigilancia local; medidas espectrométricas gamma en aire.
 - Datos de vigilancia nacional

9.1 / 28



MINISTERIO
DEL
INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE
PROTECCIÓN CIVIL Y
EMERGENCIAS



CONSEJO DE
SEGURIDAD NUCLEAR

Requisitos de información para la toma de decisiones

Problemas en la fase de liberación

Problema	¿Cómo resolverlos?
• Término fuente muy incierto • Las medidas y predicciones de los modelos están disponibles y pueden ser contradictorias entre ellas.	• Utilizando la mejor información disponible procedente de la planta para estimar el término fuente (ASTRID, STERPS) • Asimilación de datos para obtener la mejor estimación de la situación y una mejor estimación de su evolución

Se tienen que tomar decisiones con datos de entrada inseguros para iniciar las actuaciones urgentes, incluyendo las primeras intervenciones sobre los alimentos

9.1 / 29



MINISTERIO
DEL
INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE
PROTECCIÓN CIVIL Y
EMERGENCIAS



CONSEJO DE
SEGURIDAD NUCLEAR

Requisitos de información para la toma de decisiones

Fase de post-liberación

Información disponible	Sistemas de vigilancia
• Estado de la PEN (la emisión ha terminado). • Vigilancia radiológica (la situación es estable). • Información proyectada a petición sobre: – Evolución temporal de las concentraciones de actividad, dosis y áreas potenciales de aplicación de las CMs de protección a largo plazo (realojo, descontaminación, restricción de alimentos) si fueran necesarias.	• Localizar la huella de la pluma radiactiva. • Identificar "puntos calientes". • Definir las áreas donde se exceden los niveles de intervención, midiendo (depósito, tasa de dosis gamma) para justificar una actuación (p.ej., reubicación). • Espectrometría gamma "in situ" para obtener la información sobre el núcleo de interés. • Vigilancia en los centros de rescate para asegurar que la población evacuada / trasladada está descontaminada. • Muestras de alimentos para confirmar las posibles restricciones.

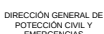
Apoyo proporcionado por un SAD

- Como para la fase anterior:
 - Recopilación de datos, simulación de las concentraciones de actividad y CMs (tempranas y tardías).
- Apoyo a la vigilancia (p.ej., en áreas urbanas).
- Asimilación de datos (p.ej., alimentos).
- Simulación de contramedidas.

9.1 / 30



MINISTERIO
DEL
INTERIOR



SUBSECRETARÍA
DIRECCIÓN GENERAL DE
PROTECCIÓN CIVIL Y
EMERGENCIAS



CONSEJO DE
SEGURIDAD NUCLEAR

Problema

- Se pueden aplicar un variado rango de contramedidas para reducir la dosis o las consecuencias.
- Hay factores no cuantificables que pueden influir en la decisión.

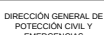
¿Cómo resolverlos?

- Las mediciones y la simulación de las CMs mediante un SAD proporcionan las bases para mejorar la decisión.
- Las herramientas de apoyo al análisis de la decisión proporcionan los medios para tratar los factores no cuantificables como los aspectos sociales o políticos.

9.1 / 31



MINISTERIO
DEL
INTERIOR



SUBSECRETARÍA
DIRECCIÓN GENERAL DE
PROTECCIÓN CIVIL Y
EMERGENCIAS



CONSEJO DE
SEGURIDAD NUCLEAR

Contramedidas

- CMs agrícolas
 - >10 medidas individuales y hasta 30 combinaciones razonables.
 - Información disponible sobre efectividad y dosis evitada, incluyendo pérdidas de producción, recursos y dosis a los trabajadores.
- Opciones de descontaminación
 - > 10 opciones individuales (las combinaciones están bajo desarrollo).
 - Información disponible sobre efectividad y dosis evitada, incluyendo recursos y dosis a los trabajadores.
- Realojo / traslado
 - Información disponible sobre efectividad y dosis evitada, incluyendo recursos y dosis a los trabajadores.

Evaluación de las contramedidas

- Aspectos radiológicos (del SAD).
- Aspectos de viabilidad (parcialmente desde el SAD).
- Aspectos económicos (parcialmente desde el SAD).
- Aspectos sociales (participación de interlocutores sociales).
- Aspectos políticos (participación de interlocutores sociales).

↓

Necesidad de involucrar a los interlocutores sociales.
Uso de herramientas especiales de evaluación para el análisis de la decisión (p. ej., Web-HIPRE)

9.1 / 32

MÓDULO 9: FUNDAMENTOS DE EMERGENCIAS NUCLEARES

9.1 EJEMPLOS DE APOYO A LA TOMA DE DECISIÓN PARA ACCIONES PROTECTORAS

CONTENIDOS

- Experiencias en métodos para involucrar a los interlocutores sociales en las actuaciones en el caso de un accidente nuclear.
- Talleres orientados a la decisión sobre actuaciones protectoras en la fase inicial de una emergencia.
- Análisis de la decisión de actuaciones de limpieza en un entorno urbano.

Experiencias en métodos para involucrar a los interlocutores sociales

Objetivos del análisis

- Estudiar y desarrollar la aplicabilidad del sistema de apoyo a la toma de decisiones para distintas situaciones.
- Definir los factores de importancia para decidir sobre las contramedidas.
- Estudiar cómo incorporar las incertidumbres al proceso.
- Proporcionar criterios de comprensión entre el personal que toma decisiones y los expertos en radiación acerca de las preocupaciones y temas relacionados con las acciones protectoras tras un accidente nuclear.

9.1 / 35

Experiencias en métodos para involucrar a los interlocutores sociales

Fases principales de un taller de decisión

1. Exploración del problema e identificación de las áreas de interés.
2. Construcción de un modelo de decisión asistido por ordenador: un árbol de valores, una lista de alternativas y su tabla de decisión.
3. Valoración de la importancia relativa de los atributos y agregación de los beneficios de cada opción.
4. Examen de la jerarquía de actuaciones utilizando un análisis de sensibilidad.
5. Discusión sobre los resultados obtenidos y conclusiones.

9.1 / 36



MINISTERIO
DEL
INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE
PROTECCIÓN CIVIL Y
EMERGENCIAS



CONSEJO DE
SEGURIDAD NUCLEAR

Experiencias en métodos para involucrar a los interlocutores sociales

Éxito del método participativo

- El éxito se ha evaluado respecto a los siguientes criterios:
 - El proceso de toma de decisiones debe ser justo y competente.
 - Incorporación de las valoraciones de los participantes en las decisiones.
 - Mejora de la calidad de las decisiones, p.ej. a través de la experiencia o conocimiento local.
 - Resolución de conflictos entre intereses contrapuestos.
 - Incremento de la confianza en las instituciones.
 - Educación del, e información al público.

Características que conducen al éxito de un proceso participativo

- Respuesta de la agencia responsable.
- Motivación de los participantes:
 - Sentir que su experiencia, conocimientos y puntos de vista son importantes.
 - Buena preparación de los casos que se discuten.
- Calidad de las deliberaciones.
- Sentimiento de control por parte de los participantes.

9.1 / 37



MINISTERIO
DEL
INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE
PROTECCIÓN CIVIL Y
EMERGENCIAS



CONSEJO DE
SEGURIDAD NUCLEAR

Experiencias en métodos para involucrar a los interlocutores sociales

Aplicabilidad de las diferentes maneras de tomar decisiones

Low

High

Low

High

Low

High

Low

High

fase temprana

última fase

planificación previa

éxito

característica del proceso

Low

High

Low

High

Low

High

Low

High

Low

High

9.1 / 38



MINISTERIO DEL INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE PROTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIAS



CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

Talleres orientados a la decisión sobre actuaciones protectoras en la fase inicial de una emergencia

- **Caso estudio:**
 - Accidente hipotético en la PEN de Olkiluoto, Finlandia. Daños en el núcleo, ocasionando una contaminación al medio ambiente.
- **Objetivos:**
 - Definir factores y atributos de las CMs urgentes.
 - Definir niveles de intervención, momento, duración y área de aplicación de cada actuación protectora.
 - Desarrollar una estrategia de actuación para la zona afectada.
 - Inclusión de la incertidumbres y su impacto en los resultados.

9.1 / 39



MINISTERIO DEL INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE PROTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIAS



CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

Talleres orientados a la decisión sobre actuaciones protectoras en la fase inicial de una emergencia

- **Escenario del accidente:**
 - Emisión radiactiva durante 12 horas con una tasa de emisión que disminuye exponencialmente durante ese tiempo.
 - Emisión en Agosto con meteorología predecible.
 - Incertidumbre en el término fuente: se establecen tres escenarios, para los percentiles 5, 50 y 95 de la distribución acumulada de la emisión.

Tabla 1. Fracciones de emisión asumidas para el accidente hipotético de Olkiluoto, "tallo temprano de contención".

Grupo de nucleidos	Fracción de emisión		
	Percentil 5	Percentil 50	Percentil 95
Gases nobles	4.7·10 ⁻¹	4.9·10 ⁻¹	5.1·10 ⁻¹
Yodo total	2.1·10 ⁻¹	1.2·10 ⁻¹	1.3·10 ⁻¹
Grupo de los alcalinos (Cs, Rb)	2.0·10 ⁻¹	9.2·10 ⁻²	1.1·10 ⁻¹
Grupo del telurio (Te, Se, Sb)	2.0·10 ⁻³	6.1·10 ⁻²	9.2·10 ⁻²
Grupo de los alcalinotérreos (Sr, Ba)	3.4·10 ⁻⁶	3.1·10 ⁻⁴	3.1·10 ⁻²
Grupo del rutenio (Ru, Mo, Tc)	1.1·10 ⁻⁷	3.7·10 ⁻⁶	1.6·10 ⁻³
Grupo lantánidos (La, Nb, Zr, Cm, Cr, Nd, Sm, Eu, Pu, refr. Ox. Nb, Zr)	4.6·10 ⁻⁸	1.2·10 ⁻⁵	3.1·10 ⁻³

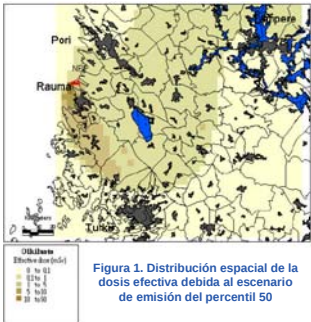


Figura 1. Distribución espacial de la dosis efectiva debida al escenario de emisión del percentil 50

9.1 / 40



MINISTERIO
DEL
INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE
PROTECCIÓN CIVIL Y
EMERGENCIAS



CONSEJO DE
SEGURIDAD NUCLEAR

Talleres orientados a la decisión sobre actuaciones protectoras en la fase inicial de una emergencia

Total

Salud

Socio-psicológico

Costes

Coste político

Cáncer de tiroides

Resto de cánceres

Efectos positivos

Efectos negativos

Estructuración del problema:
Planteamiento del árbol de valores

Figura 2. Árbol de valores utilizado en la toma de decisión

Tabla 2. Los atributos, su correspondiente descripción, unidades e intervalo de las medidas.

Atributo	Descripción	Unidad e intervalo
Salud		
Cáncer de tiroides	Cáncer de tiroides en niños	Nº de incidentes de cáncer (0-250)
Resto de cánceres	Quedados de cáncer	Nº de incidentes de cáncer (0-350)
Socio-psicológico	Relacionados con la salud y seguridad	
Efectos positivos	Reafirmación	Sin cambios – muy positivo (0-100, escala relativa)
Efectos negativos	Perturbaciones en las relaciones sociales y estilo de vida	Sin cambios – muy negativo (0-100, escala relativa)
Costes	Costes directos, compensación, protección	0-189 MEuros
Costes Políticos	Confianza del público en las autoridades, seguridad nacional, confianza internacional en Finlandia y en los productos fineses	Sin cambios – muy negativo (0-100, escala relativa)

9.1 / 41



MINISTERIO
DEL
INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE
PROTECCIÓN CIVIL Y
EMERGENCIAS



CONSEJO DE
SEGURIDAD NUCLEAR

Talleres orientados a la decisión sobre actuaciones protectoras en la fase inicial de una emergencia

Establecimiento y análisis de las posibles estrategias de actuación

- Estrategia 0: no hacer nada.
- Estrategia 1: ingesta de comprimidos de yodo y confinamiento en Rauma – una ciudad de 30.000 habitantes dentro de la zona de 20 km.
- Estrategia 2: implementar el confinamiento en Rauma y las zonas cercanas alrededor de la ciudad. Ingesta de comprimidos de yodo en el camino hacia Turku, es decir, a 100 km del emplazamiento.
- Estrategia 3: implementar el confinamiento en las mismas zonas que en la Estrategia 2, aunque la ingesta de comprimidos de yodo se incorpora en todas las zonas afectadas por el accidente, es decir, incluyendo ambas ciudades de Rauma y Turku.
- Estrategia 4: Evacuar Rauma hasta que la nube haya sobrepasado la zona. Confinamiento e ingesta de comprimidos de yodo durante el paso de la nube.

Estrategias de contramedida	Área (km²)	Nº de personas
Estrategia 0		
Confinamiento	0	0
Profilaxis con yodo	0	0
Evacuación	0	0
Estrategia 1		
Confinamiento durante 12 horas	560	40.600
Profilaxis con yodo	560	40.600
Evacuación	0	0
Estrategia 2		
Confinamiento durante 12 horas	1.150	56.200
Profilaxis con yodo	3.040	88.500
Evacuación	0	0
Estrategia 3		
Confinamiento durante 12 horas	1.150	56.200
Profilaxis con yodo	26.900	1.023.000
Evacuación	0	0
Estrategia 4		
Confinamiento durante 8 horas	560	40.600
Profilaxis con yodo	560	40.600
Evacuación	560	40.600

Tabla 3. Número de personas y tamaño de la zona afectadas por las estrategias de contramedida planteadas

9.1 / 42



MINISTERIO DEL INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE PROTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIAS



CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

Talleres orientados a la decisión sobre actuaciones protectoras en la fase inicial de una emergencia

Tabla 4. Impactos de cada estrategia sobre los diferentes atributos en la segunda fase de la conferencia de decisión.

Atributo	Unidad	Escenario	Estrategia 1	Estrategia 2	Estrategia 3	Estrategia 4	Estrategia 5
Salud							
Cáncer de tiroides	Incidentes	5%	0	0	0	0	0
		50%	20	5	2	2	4
		95%	240	50	20	20	40
Otros	Incidentes	5%	0	0	0	0	0
		50%	22	20	20	20	12
		95%	320	286	288	286	204
Socio-psicológicos							
Efectos positivos	(0-100)	5%	0	100	10	10	0
		50%	0	75	50	45	40
		95%	0	50	90	80	80
Efectos negativos	(0-100)	5%	40	0	90	80	50
		50%	70	40	50	45	35
		95%	100	80	10	10	20
Costes	MEUROS	5%	0	9.7	13.5	13.5	960.2
		50%	11.8	18.7	22.5	22.5	962.9
		95%	166.2	143.1	145.3	144.5	1056.2
Coste político	(0-100)	5%	30	0	0	20	80
		50%	65	40	40	30	50
		95%	100	80	80	40	20

Tabla 5. Los pesos obtenidos durante el desarrollo del taller. Los niveles entre paréntesis corresponden al percentil 95.

Atributos	Nivel de Mínima preferencia	Nivel de Máxima preferencia	SMART	Tradeoff	SMART (95%)
Cáncer tiroides	250	0 (20)	0.328	0.210	0.400
Otros cánceres	400	0 (200)	0.262	0.105	0.120
Efectos positivos	0	100	0.016	0.030	0.040
Efectos negativos	100	0	0.098	0.101	0.080
Costes	1100	0 (100)	0.033	0.050	0.040
Costes políticos	100	0	0.262	0.504	0.320

Tabla de decisión, Preferencias y Agregación

Alternative

Utility

Strategy 0

Strategy 1

Strategy 2

Strategy 3

Strategy 4

0.566

0.743

0.753

0.783

0.722

Costs

Soc.-Psych Negative

Other cancers

Soc.-Psych Positive

Political cost

Thyroid cancer

Alternative

Utility

Strategy 0

Strategy 1

Strategy 2

Strategy 3

Strategy 4

0.474

0.697

0.694

0.748

0.628

Costs

Soc.-Psych Negative

Other cancers

Soc.-Psych Positive

Political cost

Thyroid cancer

Figura 3. Clasificación obtenida para las estrategias de actuación con los métodos SMART y de Compensación.

9.1 / 43



MINISTERIO DEL INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE PROTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIAS



CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

Análisis de la decisión de actuaciones de limpieza en un entorno urbano

Caso estudio:

– Accidente hipotético en la PEN de Loiiivisa, Finlandia. Se organiza un taller de toma de decisión una semana después del accidente. El área de depósito y la contaminación del suelo se pueden medir.

Objetivos:

– Evaluar las actuaciones realizadas en los primeros momentos con carácter urgente, considerando la extensión de la evacuación de la población.

– Determinar las posibles actuaciones que deben realizarse a continuación.

– Desarrollar métodos para involucrar a los interlocutores sociales.

– Verificar los factores que conducen el proceso de toma de decisión.

– Identificar las estrategias relevantes para las organizaciones implicadas.

9.1 / 44



MINISTERIO DEL INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE PROTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIAS



CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

Análisis de la decisión de actuaciones de limpieza en un entorno urbano

• Escenario del accidente:

– El escenario de emisión se basó en un fallo del contenedor típico, con una liberación radiactiva durante 12 horas con una tasa de emisión que disminuye exponencialmente durante ese tiempo.

– Se produce en Junio en condiciones de sequedad ambiental y con vientos suaves.

– Se estimó el término fuente sin incertidumbres.

– Antes de la emisión se tomaron medidas protectoras de urgencia.

Tabla 1. Fracciones de emisión utilizadas en los cálculos de consecuencias.

Grupo de nucleidos	Fracción de emisión
Gases nobles	$8 \cdot 10^{-1}$
Yodo total	$1.1 \cdot 10^{-3}$
Grupo de los alcalinos (Cs, Rb)	$1 \cdot 10^{-3}$
Grupo del telurio (Te, Se, Sb)	$1 \cdot 10^{-6}$
Grupo de los alcalinotérreos (Sr, Ba)	$< 1 \cdot 10^{-10}$
Grupo del rutenio (Ru, Mo, Tc)	$< 1 \cdot 10^{-10}$
Grupo lantánidos (La, Nb, Zr, Cm, Cr, Nd, Sm, Eu, Pu, refr.Ox. Nb, Zr)	$< 1 \cdot 10^{-10}$

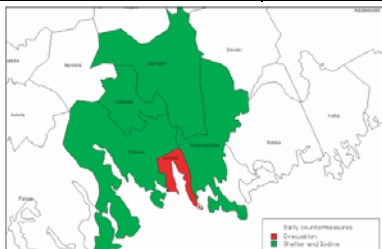


Figura 1. Municipios donde se tomaron las medidas preventivas para proteger a la población.

9.1 / 45



MINISTERIO DEL INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE PROTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIAS



CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

Análisis de la decisión de actuaciones de limpieza en un entorno urbano

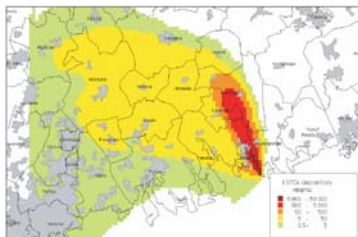


Figura 2. El depósito de cesio, municipios afectados y núcleos de población (áreas grises.)

Escenario una semana después del accidente.

Evaluación de consecuencias.

Figura 3. La clasificación del área de depósito para la evaluación de consecuencias.



Tabla 3. Datos clave en las áreas de actuación si no se toman medidas de descontaminación.

Área NPP	Área 1	Área 2	Área 3	Área 4	Área 5
Población (hab.)	28	5423	6070	29600	1101614
Nº de casas	25	2101	2487	10845	144025
Depósito de ¹³⁷ Cs (kBq / m²)	7423	5145	273	8	2
Dosis en los días 1-7 (mSv)	19	1	1	0	0
Dosis en los días 7-30 (mSv)	36	5	1	0	0
Dosis en los días 7-365 (mSv)	267	44	11	0	0
Dosis a 70-años(mSv)	2263	215	73	2	0
Dosis colectiva, 70 a. (manSv)	63	5797	440	67	283
Incremento de casos de cáncer	6	136	44	7	28

9.1 / 46



MINISTERIO DEL INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE PROTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIAS



CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

Análisis de la decisión de actuaciones de limpieza en un entorno urbano

- El desarrollo de una estrategia de descontaminación implica:
 - Conocer la distribución del contaminante sobre las distintas superficies y su contribución a la dosis total.
 - Viabilidad en términos de disponibilidad de equipos y aceptación social y coste de la técnica.
 - Interés del público por su patrimonio (hogares) y efectos sobre la industria.
- La selección de las actuaciones en base a:
 - Superficie a limpiar.
 - Técnica de limpieza.
 - Extensión del área a descontaminar.

Tabla 4. Reducción de la dosis efectiva en 70 años causada por el Cs-137 para las técnicas de descontaminación seleccionadas.

	Tipo de depósito	Lavado de tejados	Lavado de paredes	Barrido de las calles	Tala de árboles	Siega de la hierba	Rastrillado de la tierra
Chalet individual de madera	seco	7	8	4	9	50	60
	húmedo	7	7	4	1	15	75
Chalet individual de ladrillo	seco	10	4	4	10	45	58
	húmedo	10	3	4	1	15	72
Chalets adosados	seco	6	2	5	6	55	71
	húmedo	4	1	6	1	15	76
Bloque de pisos	seco	1	3	7	4	59	74
	húmedo	1	2	15	0	15	77

9.1 / 47



MINISTERIO DEL INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE PROTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIAS



CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

Análisis de la decisión de actuaciones de limpieza en un entorno urbano

Estructuración del problema para aplicar el análisis de decisión:

- Se realiza una evaluación de consecuencias en cada una de las áreas de depósito para todas las acciones de descontaminación y/o evacuaciones con diferentes duraciones susceptibles de ser aplicadas.
- Se definen ocho posibles estrategias de acción sobre toda la zona, en función de las técnicas seleccionadas en cada área.
- Se evalúan sus atributos tangibles (consecuencias de las estrategias) para construir la tabla de decisión.

Tabla 5. Propuesta de definición de estrategias (ver códigos de color en la figura 3)

Actuación de limpieza	max	A	B	C	D	E	min	0
Realce permanente								
Evacuación, días 7 – 30								
Evacuación, días 7 – 14								
Lavado de casas	L++	L++	L++	L++	L++	L++	L++	L++
Barrido de calles	M	M	M	M	M	M	M	M
Talado de la vegetación	L++	L++	L++	L++	L++	L++	L++	L++
Siega de la hierba	M	M	L++	L++	L++	L++	L++	L++
Rastrillado del suelo	L++	L++	L++	L++	L++	L++	L++	L++

L incluye Loviisa y la parte este de Pernaja;
L++ incluye, además de L: Uusikaupunki, Lappeenranta y la parte sur de Ruusikymykyä;
L+++ incluye, además de L+: la parte oeste de Pernaja, Myrskylä, Askola, Pukila, Pori y Mänttä;
M incluye, además de L+: Äänekoski, Oulunsalo, Kälviä, Hauho, Riihimäki, Hyvinkää, Porvoo, Sipoo, Järvenpää, Kerava, Tuusula, Nurmijärvi, Vantaa, Espoo, Kauniainen y Helsinki.

Notas:
• Área NPP sufre una reubicación en cada estrategia.
• La hierba no se corta en las áreas donde la superficie del suelo es escasa.
• En la Estrategia max no se realizan actuaciones de limpieza fuera del área L.

Tabla 6. Tabla de consecuencias para la salud y el medio ambiente y costes de las estrategias.

Atributos	max	A	B	C	D	E	min	0
Incidentes de cáncer	36	83	84	114	120	210	231	261
Incidentes de cáncer salvados	225	178	167	147	141	51	30	0
Dosis colectiva (manSv)	360	830	940	1440	1200	2100	2310	2610
Dosis a los trabajadores (manSv)	1	1	1	1	1	0	0	0
Residuos generados (10 ³ Tm)	773	278	275	123	116	7,5	0,11	0
Costes actuaciones de limpieza (M €)	22	17	9	4	2	1	0	0
Costes de realce (M €)	5 100	16	16	16	16	6	0	0
Costes totales (M €)	5 122	33	25	20	19	6	0	0
Efectos sobre la forma de vida (sub)								
Calidad del medio ambiente (sub)								

Nota. Las medidas tomadas durante la primera semana no están incluidas en los números.

9.1 / 48