

**Curso de capacitación continuada en  
materia de radioprotección para  
Responsables de Protección  
Radiológica.**

**P-29 Particularidades de la Protección  
Radiológica en Medidores Nucleares.**

# Objetivo

- **Que los participantes conozcan las particularidades de los aspectos de protección radiológica en Medidores Nucleares.**

## CONTENIDO

- ✂Requisitos administrativos y organizacionales de la práctica.
- ✂Requisitos de diseño de las fuentes y equipos.
- ✂Particularidades de la exposición ocupacional.
- ✂Particularidades de la exposición del público.

# Requisitos administrativos y organizacionales de la práctica Autorización

Las fuentes utilizadas en la práctica de Medidores Nucleares tienen diferentes niveles de riesgo radiológico.

La categorización de riesgos de las fuentes radiactivas se basa en el documento **RS-G-1.9**.

La clasificación de las fuentes se realiza en función del valor de  $A/D$  donde:

$A$  es la actividad de la fuente (TBq).

$D$  es la actividad de una fuente de ese radioisótopo que puede causar algunos tipos de efectos deterministas severos.

Normas de seguridad del OIEA

para la protección de las personas y el medio ambiente

Clasificación de las  
fuentes radiactivas

Guía de seguridad

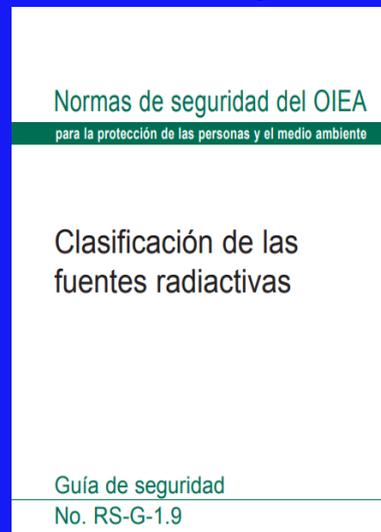
No. RS-G-1.9

# Requisitos administrativos y organizacionales de la práctica

## Autorización

El propia Guía RS-G-1.9 recomienda que los valores de A/D sean tomados en cuenta al establecer las categorías de las diferentes prácticas, pero siempre deberá considerar las circunstancias en que las fuentes serán utilizadas.

La categorización de riesgos de los medidores nucleares que usan equipos generadores de radiación toma en cuenta los valores de tasa de dosis a 1 m, que pueden producir estos equipos y las circunstancias en que los mismos serán utilizados.



# Requisitos administrativos y organizacionales de la práctica Autorización

Atendiendo a las recomendaciones internacionales la Norma UY 117 clasifica las diferentes prácticas con uso de Medidores Nucleares de la forma siguiente:

1. Escáner para el control de contenedores (con Fuentes Radiactivas o Aceleradores): **Categoría I. Licencias.**
2. Medidores Nucleares Fijos y Móviles (con fuentes radiactivas): **Categoría IV. Inscripción en Registro**
3. Medidores con Rx en la industria, Escáner corporales y Escáner de bultos: **Categoría V. Notificación.**



# Requisitos administrativos y organizacionales de la práctica

Inspecciones

Inspección una vez por año



Inspección una vez cada 5 años



Inspección una vez cada 10 años



# Requisitos administrativos y organizacionales de la práctica

## Autorizaciones Individuales

A los operadores de equipos Escáner de Contenedores (Fuentes radiactivas o Aceleradores de Categoría I) y al RPR se le requiere disponer de Autorización Individual.



# Requisitos administrativos y organizacionales de la práctica

## Autorizaciones Individuales

En correspondencia con la Guía de Autorizaciones individuales se requiere presentar:

- a) formulario de solicitud completo y firmado por el individuo interesado;
- b) título que acredite su formación académica básica (técnico, ingeniero, etc.) y especializada (curso de operación del equipo);
- c) copia del documento de identidad (cédula de identidad o pasaporte en el caso de trabajadores extranjeros).
- d) certificados de cursos recibidos en materia de PR, reconocidos por la ARNR;
- e) currículum vitae;
- f) otros documentos que se consideren oportunos para demostrar la cualificación del optante.



# Requisitos administrativos y organizacionales de la práctica

## Responsabilidades del Representante Legal. Norma UY 116

### F.1. Del Titular de la Autorización

29. Proveer los medios necesarios para cumplir y hacer cumplir, como mínimo, los requisitos establecidos en la autorización de operación, en las normas aplicables y en todo otro requerimiento que la Autoridad Reguladora estime aplicable.

30. Designar al responsable de la protección radiológica (según corresponda), asegurar que la función del mismo esté cubierta mientras permanezca vigente la licencia de operación correspondiente y prestarle al responsable todo el apoyo que necesite para garantizar que la práctica sea realizada en correctas condiciones de seguridad radiológica.

31. Comunicar a la Autoridad Reguladora en forma fehaciente e inmediata, en caso que se produzca la ausencia definitiva del responsable de protección radiológica. Si se produce el cese en sus funciones (temporal o definitivo) del responsable de protección radiológica, la instalación no podrá operar hasta tanto se designe uno nuevo, a satisfacción de la Autoridad Reguladora.

32. Disponer de los recursos humanos necesarios entrenados que aseguren que las tareas relacionadas con el mantenimiento, manejo y uso de fuentes radiactivas será efectuado por personal debidamente entrenado para tal fin y con autorización individual vigente.

33. Mantener a disposición de la Autoridad Reguladora los registros dosimétricos del personal, incluyendo fechas de altas y bajas dentro del período, en los casos que la autoridad lo solicite y comunicarlo al personal.

34. Notificar a la Autoridad Reguladora la intención de cesar en forma temporaria o definitiva el uso de material radiactivo.

35. Notificar a la Autoridad Reguladora toda propuesta de modificación a las condiciones de seguridad radiológica en la instalación.



# Requisitos administrativos y organizacionales de la práctica

## Responsabilidades del RPR. Norma UY 116

### F.2. Del Responsable de Protección Radiológica

36. Comunicar a la Autoridad Reguladora en forma fehaciente e inmediata, la ocurrencia de eventos que afecten o puedan afectar la seguridad radiológica, e investigar sus causas y consecuencias.

37. Comunicar a la Autoridad Reguladora en forma fehaciente e inmediata su renuncia o ausencia temporaria como responsable en la instalación.

38. Informar a la Autoridad Reguladora cuando a su entender, el titular de la licencia de operación no provee los medios necesarios para garantizar la protección y seguridad radiológica.

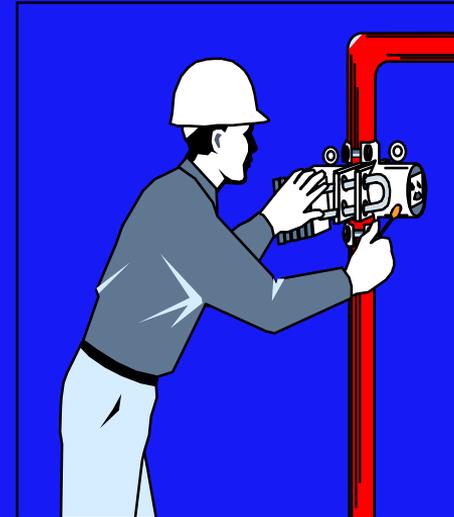


# Requisitos administrativos y organizacionales de la práctica

## Responsabilidades del RPR. Norma UY 116

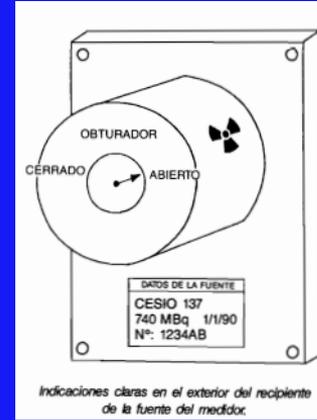
### F.3. Del Trabajador

39. Cumplir con los procedimientos e instrucciones de trabajo establecidas para asegurar su propia protección, la de los demás trabajadores y la del público.



# Consideraciones esenciales de protección radiológica en el diseño

- ➡ Impedir el acceso al haz primario de la fuente que tiene generalmente alta tasa de dosis.
- ➡ El blindaje del medidor nuclear debe garantizar una tasa de dosis en cualquier punto de la superficie del medidor no mayor de  $7,5 \mu\text{Sv/h}$ .



## Requisitos de diseño de equipos, fuentes e instalaciones.

- **Alojamiento de la fuente radiactiva (cabezales)**

La cápsula conteniendo la fuente radiactiva se encierra en un alojamiento de tal resistencia mecánica e integridad que no sea posible perderla, en ninguna de las circunstancias previsibles (*ni siquiera en caso de la existencia de vibraciones o alta corrosión*) y que impida de modo eficaz el acceso a la fuente.



- **Blindaje**

El diseño de los medidores nucleares incluirá un blindaje suficiente para garantizar la seguridad tanto de los trabajadores ocupacionalmente expuestos que estén a cargo de su montaje, reparación, mantenimiento y operación como del público en general.



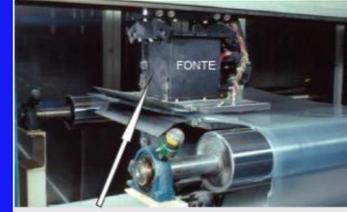
## Requisitos de diseño de equipos, fuentes e instalaciones.

- **Fuentes radiactivas selladas**

Las fuentes radiactivas deberán estar diseñadas de manera que permanezcan herméticamente cerradas y que resistan a la corrosión, a los choques y vibraciones, a la presión externa, a la temperatura y a efectos a largo plazo, como los daños causados por las radiaciones y el aumento de la presión interna, en todas las condiciones de funcionamiento y en caso de accidente, así como durante el período de utilización previsto (vida útil).

- **Obturación**

Desde la etapa de diseño y como requisito de seguridad, deberá ser prevista la colocación de un obturador blindado sobre la salida del haz de radiación, de tal forma que la fuente de radiación quede completamente segura y rodeada por el blindaje cuando no esté en uso. La posición del obturador de “cerrado” o “abierto” debe señalizarse de forma tal que en todas las circunstancias sea visible por el personal de operación y de mantenimiento.



## Requisitos de diseño de equipos, fuentes e instalaciones.

- **Señalización:** En la superficie exterior, mostrando de forma clara y permanente:

- ☛ radiactivo;
- ☛ el símbolo fundamental del trébol que indica la presencia de radiaciones ionizantes, conforme a las normas ISO;
- ☛ nombre del radionúclido que contiene;
- ☛ actividad de cada fuente o de las fuentes radiactivas que utiliza;
- ☛ fecha en que se midió su actividad;
- ☛ número de serie del dispositivo.



Los equipos de rayos x deben tener:

- ☛ señalización lumínica (indique el inicio y fin de la irradiación)
- ☛ Superficie externa se deberá marcar claramente el valor de la corriente y voltaje máximos.



# Requisitos de diseño de equipos, fuentes e instalaciones.

## Diseño del Equipo

- Satisfacer los requisitos establecidos en la norma internacional aplicable. ISO 7205 “Medidores Radiactivos: Medidores diseñados para instalación permanente”.



## Diseño de la Fuente

- Satisfacer requisitos de la ISO 2919 “Sealed radioactive sources – General requirements and classification” o de una Norma Nacional equivalente.
- Antes de ser suministradas las fuentes radiactivas encapsuladas son probadas para comprobar la ausencia de fugas mediante la prueba “de hermeticidad” **que debe repetirse periódicamente. (ISO 9978.)**

# Requisitos de diseño de las fuentes y equipos

Requisitos a los equipos generadores.

- ANSI/HPS N43.3-2008, American National Standard Institute: Norma general de seguridad radiológica para instalaciones que utilizan fuentes de rayos X no médicas y fuentes selladas de rayos gamma, energías de hasta 10 MeV.



# Requisitos de diseño de las fuentes y equipos

Requisitos a los equipos generadores.

- **Normas ASTM D6938**, Métodos de prueba estándar para la densidad in situ y el contenido de agua del suelo y los agregados del suelo mediante métodos nucleares.
- **Normas ASTM D2950**, Método de prueba estándar para la densidad del hormigón bituminoso in situ mediante medidores nucleares



# Requisitos de diseño de equipos, fuentes e instalaciones.

## Instalaciones de almacenamiento de MN móviles

- El diseño constructivo de los locales de almacenamiento de equipos y fuentes radiactivas debe garantizar el uso exclusivo de los mismos para estas actividades. Deberá además contar con blindajes eficaces que protejan al personal de la instalación y al público en general
- Los locales de almacenamiento de medidores nucleares y fuentes deberán ubicarse en lugares con bajo riesgo de incendio, explosión e inundación y con poca o nula circulación de personas.
- Los materiales de construcción de los locales de almacenamiento de medidores nucleares y fuentes deben ser resistentes a la acción del fuego



## Requisitos de diseño de equipos, fuentes e instalaciones. Instalaciones de almacenamiento de MN móviles

- Los locales de almacenamiento deben garantizar seguridad física no se quebrante
- La puerta de acceso y paredes exteriores deben de forma clara y perdurable estar señalizadas con el símbolo fundamental de radiaciones ionizantes



- Dispondrán de **cercado perimetral** con puerta de acceso con cerradura de forma tal que se impida el acceso de personas no autorizadas.

# Particularidades de la exposición ocupacional y del Público.

## Para minimizar los riesgos de exposición externa



### Reducción

Distancia



Tiempo



Blindaje



Los trabajadores ocupacionalmente expuestos en la práctica de medidores nucleares están sometidos fundamentalmente a la exposición externa producida por la radiación emitida por las fuentes selladas y equipos generadores de radiación.

- La exposición ocupacional de los trabajadores debe controlarse de manera que no sean excedidos los límites establecidos en la UY 100, ni las restricciones de dosis establecidos en la institución (ejemplo: 5 mSv/ año).
- Se estimarán la dosis que puedan recibir los trabajadores en función de los puestos de trabajo que ocupen en las cercanías de los equipos radiactivos y se justificará la necesidad o no de blindajes adicionales a los del equipo. Se monitorearán las áreas.

# Particularidades de la exposición ocupacional y del Público.

## Tabla comparativa en términos de riesgo

TIPO DE EQUIPAMENTO	RADIOISÓTOPO	ACTIVIDAD	TASA DE DOSIS A 1M *	TEMPO DE PERMANENCIA NECESARIO PARA SUPERAR EL LIMITE DE DOSIS ANUAL *
Detector de humo	<sup>241</sup> Am	0,0005 mCi	0,0008 μSv/h	143 años
Pararrayos radiactivos	<sup>241</sup> Am	5,75 mCi	0,92 μSv/h	45 días
Medidor de nivel	<sup>241</sup> Am	100 mCi	16 μ Sv/h	62,5 horas
Medidor de espesor	<sup>85</sup> Kr	560 mCi	45,9 μ Sv/h	21 horas
Medidor de densidad	<sup>137</sup> Cs	500 mCi	1,6 mSv/h	37,5 min
Medidor de nivel	<sup>137</sup> Cs	5000 mCi	16 mSv/h	3,75 min
Medidor de nivel	<sup>60</sup> Co	2500 mCi	32,5 mSv/h	1,85 min



Tiempo

•Valores calculados considerando la pérdida total de blindaje  
 Limite de Dose Anual para miembros do público: 1mSv/ano

# Particularidades de la exposición ocupacional y del Público.

## Aspectos de operación



1. Utilizar solamente los métodos establecidos, o equipamiento adecuado,
2. Usar fuentes selladas de actividad apropiada para los fines que se ha proyectado el medidor.
3. Solo deberá utilizarse un medidor nuclear portátil cuando se disponga de todo el equipamiento auxiliar necesario. *(instrumentos para manipular la fuente, barreras, avisos y placas, un monitor de radiación y un dosímetro individual).*

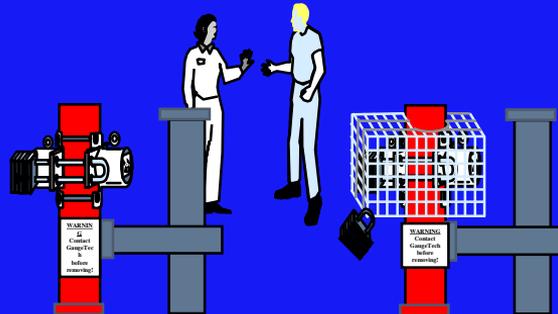
# Particularidades de la exposición ocupacional y del Público.

## Aspectos de operación. Procedimientos

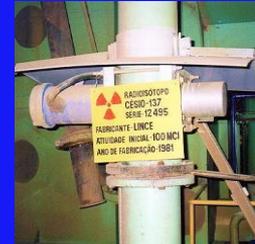
- Se deben estudiar los riesgos derivados del funcionamiento de los equipos incluyendo las tasas de radiación emitidas con el obturador abierto y cerrado, la proximidad de personal a los equipos, los factores de ocupación de las zonas próximas o la carga de trabajo.



Uso de herramientas apropiadas



Limitación del acceso y seguridad física



Señalización e identificación de las áreas y locales

## Particularidades de la exposición ocupacional y del Público.

### Ejemplo de restricciones de dosis

Para la práctica de Medidores Nucleares:

- ① **5 mSv por año** para TOEs que cumplan una jornada laboral de ocho horas o la parte proporcional a este valor cuando la jornada sea menor; y
- ② **0.3 mSv por año** para miembros del público



# Particularidades de la exposición ocupacional y del Público.

## Delimitación de zona

- Las zonas (**controlada y supervisada**) deben ser **acotadas y señalizadas**,
- Al delimitar la zonas se pueden utilizar medidas de limitación de acceso o barreras físicas.
- Tasa de dosis en el extremo exterior de las mismas no debe superar:
  - **7.5  $\mu\text{Sv/h}$**  (Zona Controlada),
  - **1  $\mu\text{Sv/h}$**  (Zona Supervisada).
- El área de estas zonas deberá estar adecuadamente señalizada con el Símbolo Fundamental de Radiación Ionizante, con barreras, cuerdas que indiquen la advertencia de peligro y donde se especifique la prohibición de acceso de personal al área delimitada.



# Particularidades de la exposición ocupacional y del Público.

## Dosimetría individual

- Es poco probable que los trabajadores de las zonas en que se instalan medidores nucleares fijos estén expuestos a niveles significativos de radiación por lo que no será necesario la dosimetría personal.
- La estimación de dosis puede ser realizada partiendo de los resultados de la vigilancia radiológica del puesto de trabajo.
- No obstante algunos trabajadores de mantenimiento y operadores pueden verse sometidos a exposición por pequeños intervalos de tiempo por lo que puede requerirse el uso de dosímetros individuales.



- Película – radiación gamma, X y beta
- TLD – radiación gamma, X, neutrones y beta
- OSL – radiación gamma, X, neutrones y beta

**IMPORTANTE.** Un servicio de dosimetría del personal reconocido por el Órgano Regulador

# Particularidades de la exposición ocupacional y del Público.

## Monitoreo radiológico de áreas

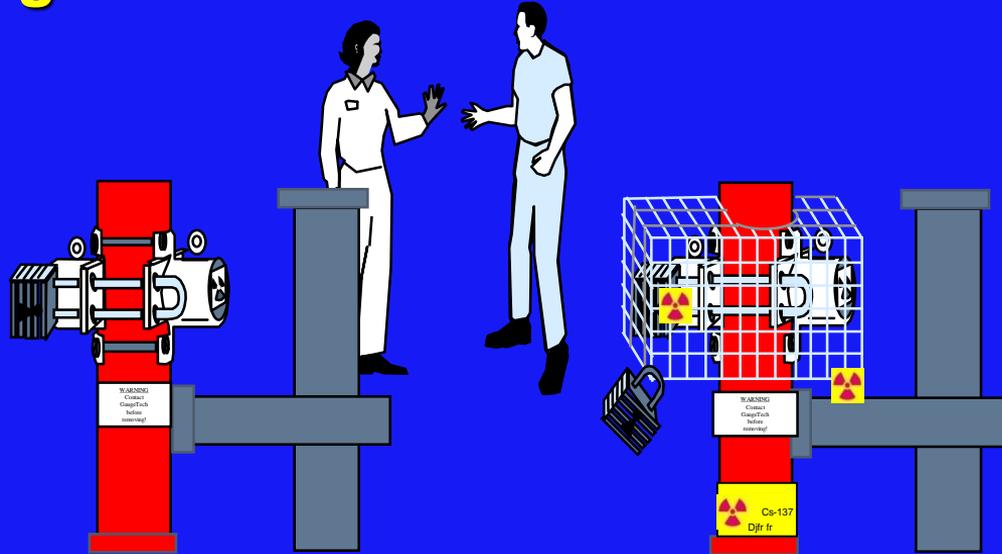


Se debe implementar un “Programa de monitoreo de los lugares de trabajo” usando equipos apropiados en correspondencia con el tipo de radiación y la energía de esta. Equipos calibrados por una organización competente autorizadas por la ARNR

- Se estimarán la dosis que puedan recibir los trabajadores en función de los puestos de trabajo que ocupen en las cercanías de los equipos radiactivos y se justificará la necesidad o no de blindajes adicionales a los del equipo. Se monitorearán las áreas.

# Particularidades de la exposición ocupacional y del Público.

## Seguridad física de las fuentes



# Particularidades de la exposición ocupacional y del Público.

## Programa de mantenimiento

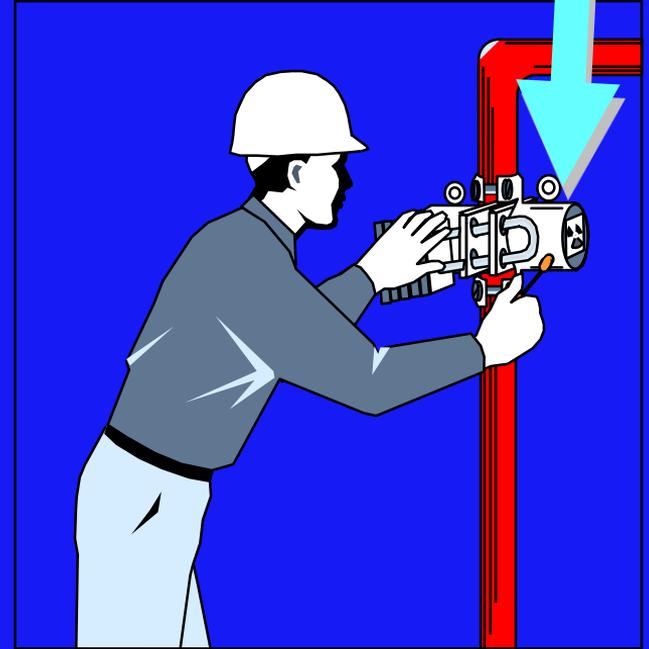
- ① El programa y la frecuencia para el mantenimiento deberán estar en correspondencia con las recomendaciones del fabricante.
- ② El programa de mantenimiento deberá incluir:
  - El mantenimiento ordinario requerido que debe realizar el operador después del trabajo con el medidor nuclear portátil;
  - Revisiones periódicas planificadas y reparación durante el mantenimiento de medidores nucleares fijos y accesorios, que puede ser realizado por el personal de mantenimiento del usuario;
  - Mantenimiento completo definido por el fabricante del equipo, realizado por aquellas entidades que cuenten con la correspondiente autorización de Servicios Técnicos; y
  - Pruebas de hermeticidad a las fuentes radiactivas existentes.



# Particularidades de la exposición ocupacional y del Público.

## Prueba de Fuga de Fuentes Selladas

- Las pruebas de fuga se deberán realizar a la frecuencia recomendada por el fabricante (anualmente)
- Se deberán usar métodos de análisis e instrumentos adecuados (comúnmente frotis a superficies colindantes con la fuente).
- Deberán existir procedimientos para retirar la fuente de la institución, si se encuentran niveles de contaminación que excedan las normas (ISO 9978).



# Particularidades de la exposición ocupacional y del Público.

## Prueba de Fuga de Fuentes Selladas. Procedimientos

- Deben registrarse los certificado de las pruebas de fugas entregados por el fabricante o aquellos certificados entregados por una institución que posea autorización de la autoridad reguladora para realizar estos servicios, en conformidad con la ISO 9978.
- Deben existir procedimientos operacionales para realizar las pruebas de fuga a través de frotis.

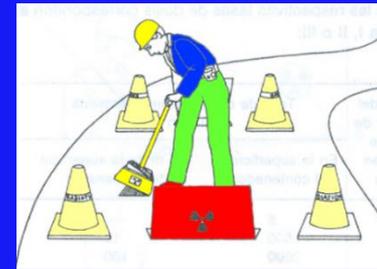


# Particularidades de la exposición ocupacional y del Público.

## Exposición del público

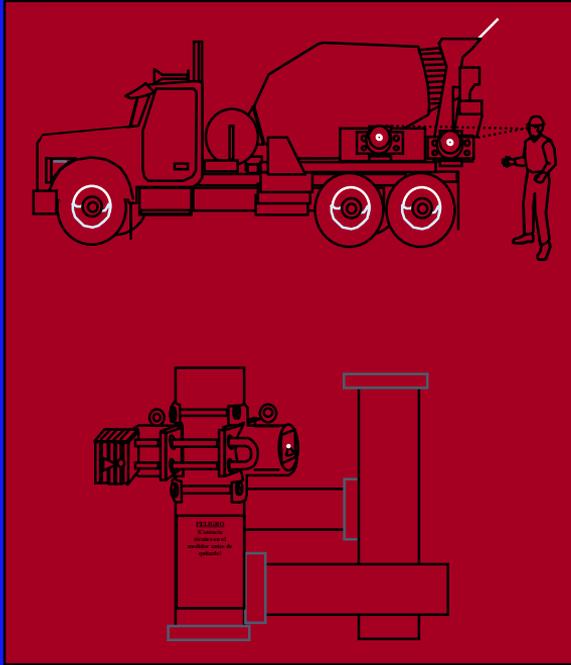
Cuando se realizan trabajos con medidores nucleares se deberá:

1. Facilitar información e instrucciones adecuadas a las personas que en función de su trabajo se encuentren cerca de los lugares donde se instalan los equipos o se realizan trabajos con medidores portátiles.
2. Velar porque se impida la entrada en las zonas de exposición de miembros del público.
3. Señalización en el idioma local.
4. Realizar la gestión de fuentes sellada declaradas en desuso, decaídas, o con pérdida de su hermeticidad (devolución al suministrador y cuando esto no sea posible, contratar a una institución especializada en la gestión de desechos radiactivos que esté autorizada por el ARNR.

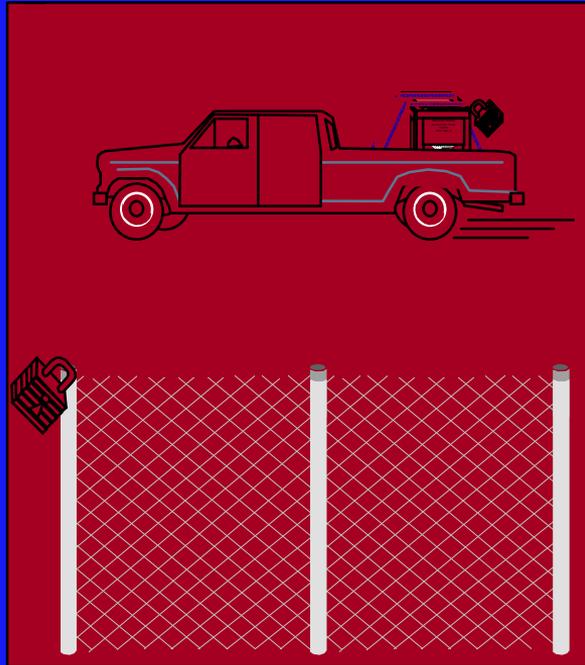


# Particularidades de la exposición ocupacional y del Público.

## Exposición del público. Seguridad física



En el lugar de trabajo



Durante el transporte



Durante el almacenaje de la fuente.

## *Conclusiones:*

- 1) **La práctica de Medidores Nucleares tiene múltiples aplicaciones y usa equipos generadores de radiaciones y fuentes radiactivas con diferentes niveles de riesgo.**
- 2) **Todos los equipos y fuentes usadas en esta práctica deben cumplir requisitos de la normativa internacional aplicable (ISO, ANSI).**
- 3) **Se deben cumplir requisitos que garanticen la seguridad radiológica en las exposición ocupacional y del público.**
- 4) **Los RPR de instalaciones deben conocer las principales medidas de seguridad que son requeridas para garantizar la seguridad de la práctica.**

