



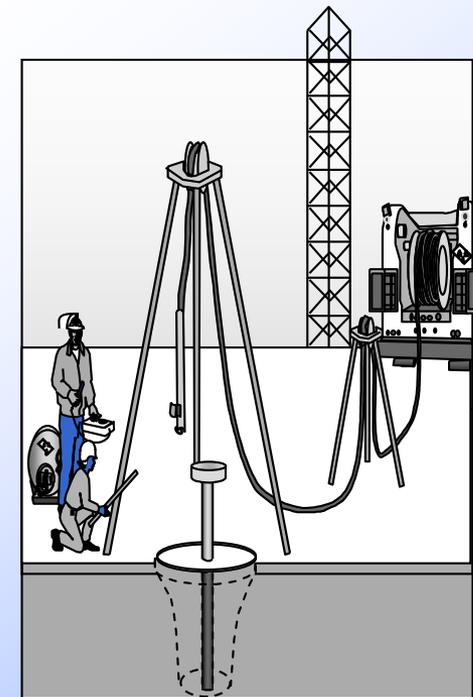
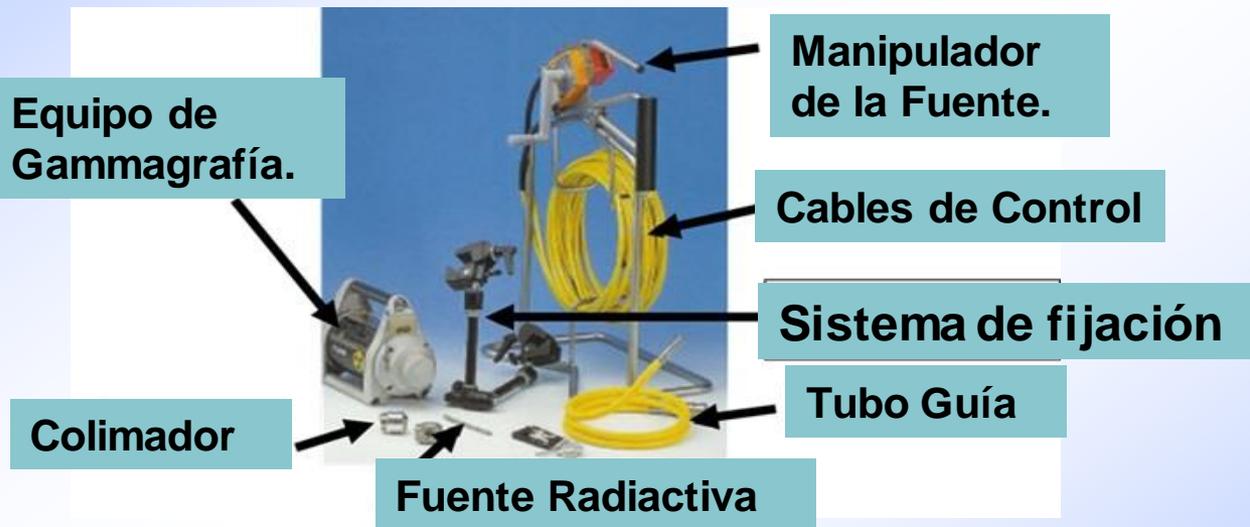
Presentación A. PRACTICA INDUSTRIAL. METODOLOGÍA PARA LA ESTIMACIÓN DE DOSIS EN OPERACIÓN NORMAL.

Organismo Internacional de Energía Atómica.



OBJETIVO

- Para presentar un ejemplo de estimación de dosis durante la Operación Normal en la práctica de Radiografía Industrial y en la práctica de Diagrafía de pozos.





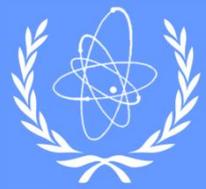
INTRODUCCIÓN

La estimación de dosis en operación normal debe realizarse considerando las personas que se mas se exponen durante la ejecución de las diferentes tareas que se desarrollan durante la realización de la práctica.

La estimación de dosis debe ser realizada para:

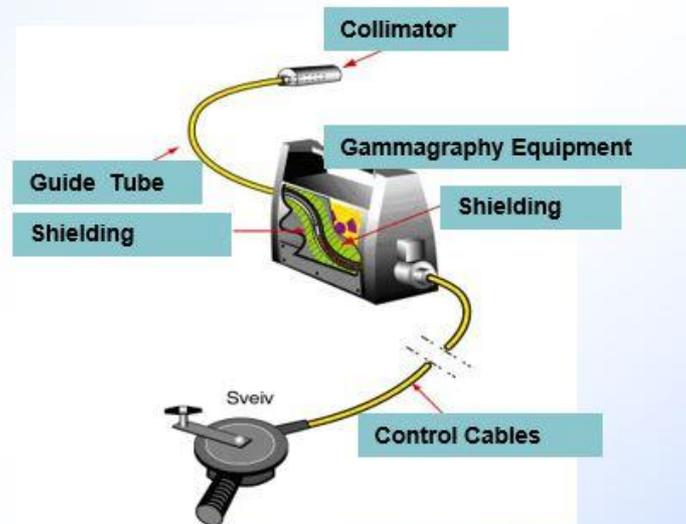
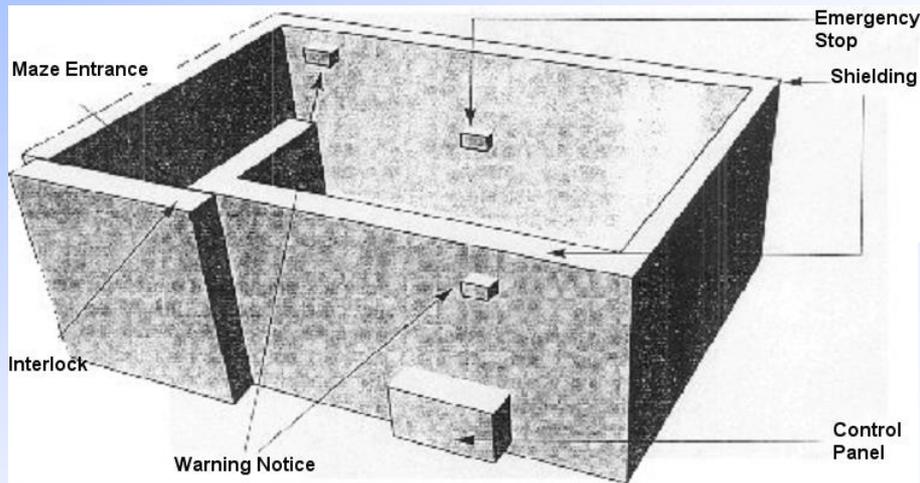
- 1. Trabajador Ocupacionalmente expuesto.**
- 2. Miembros del público.**

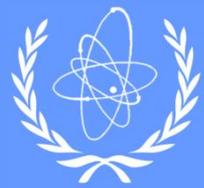




GAMMAGRAFÍA INDUSTRIAL

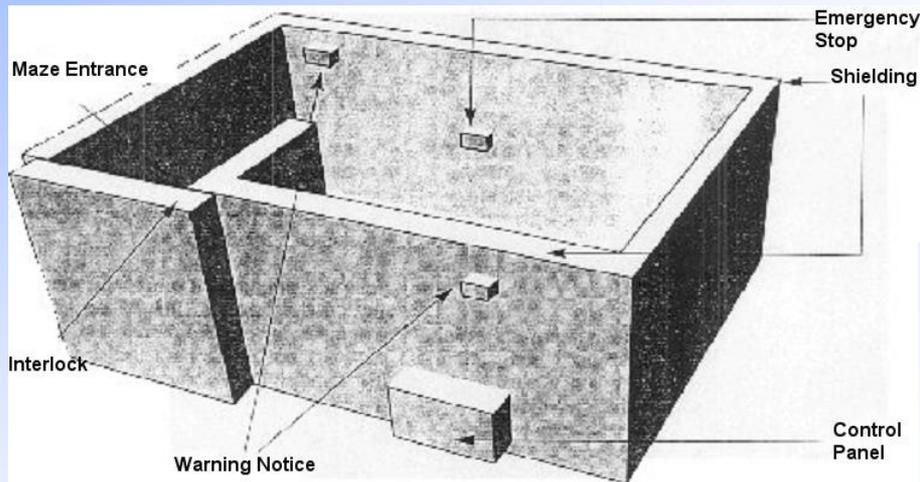
- Ejemplo de estimaciones de dosis en Gammagrafía.



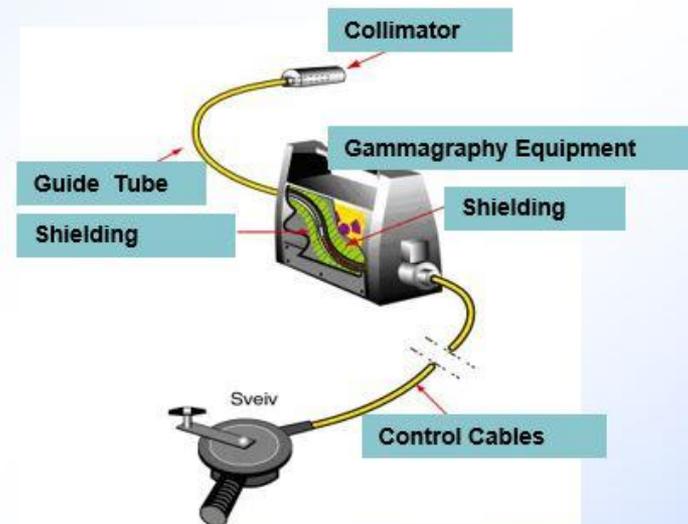


INTRODUCCIÓN

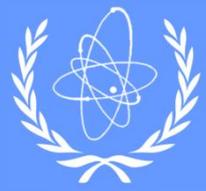
La práctica de gammagrafía puede realizarse mediante las modalidades siguientes:



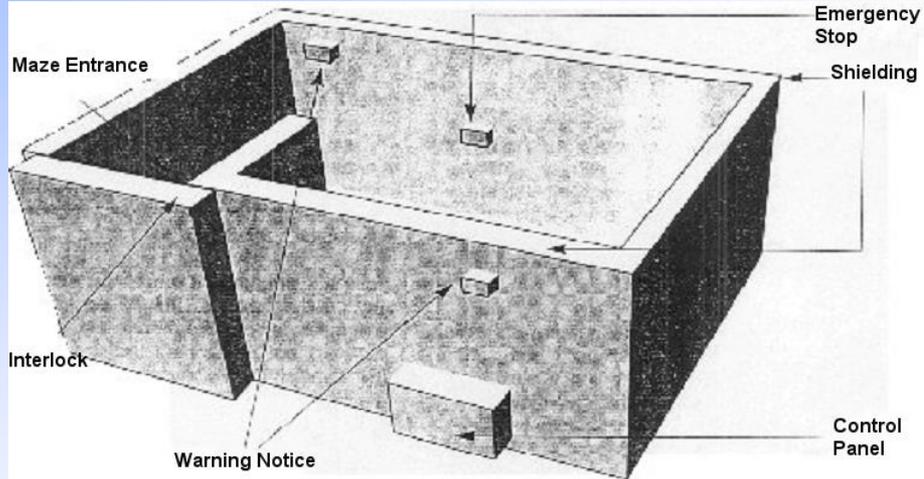
Gammagrafía en Bunker.



Gammagrafía con equipos móviles.



GAMMAGRAFÍA EN BUNKER





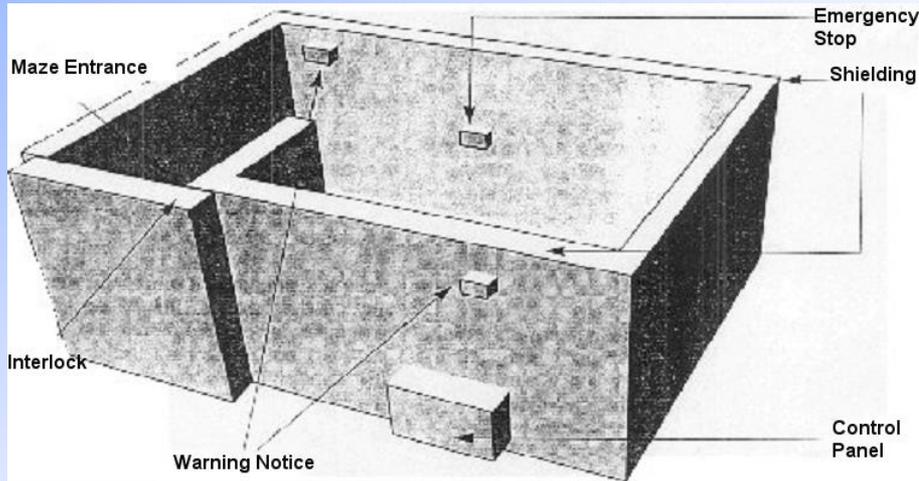
GAMMAGRAFÍA EN BUNKER

Trabajador Ocupacionalmente expuesto en la práctica de Gammagrafía en Bunker.

No.	Puesto de Trabajo	Tareas desarrolladas	Dosis
1.	Operador del Equipo de Gammagrafía.	Operación del equipo de Gammagrafía desde el Panel de Control.	?
Dosis Total que recibe el operador			?
2.	Asistente del Operador.	Acarreo del equipo de gammagrafía.	?
		Operación con el equipo de Gammagrafía desde el Panel de Control.	?
Dosis total que recibe el Asistente del operador.			?



GAMMAGRAFÍA EN BUNKER. DOSIS RECIBIDAS POR EL OPERADOR.



La dosis recibida por el operador en el Panel de Control depende de la Tasa de Dosis que recibe el operador y del número de ensayos realizados. (Depende de la efectividad del blindaje del Bunker)

Consideraciones para la estimación de dosis.

- Simplificaciones del modelo relativas a las consideraciones de “Fuente Puntual”.
- Se trabaja sin usar colimadores al final del tubo guía.
- Para estimar la dosis durante el tiempo de movimiento de la Fuente (desde el equipo al punto de irradiación) se asume que la Fuente está en una posición hipotéticamente fija. La “Fuente fija” se encuentra localizada entonces a una distancia que es, la mitad de la longitud del tubo guía.



GAMMAGRAFÍA EN BUNKER. DOSIS RECIBIDAS POR EL OPERADOR.

Dosis recibidas por el operador en el Panel de Control.

- La tasa de dosis instantánea (IDR) en el panel de control puede estimarse mediante la siguiente ecuación:

$$IDR = \frac{DR_0 \cdot B}{d^2}$$

$DR_0 = H$, Es la tasa de dosis a un metro de la fuente.

Si no se conoce el valor de “B” pero sí se conoce el espesor de la barrera de blindaje (S), entonces se puede calcular “B” usando la siguiente ecuación :

$$B = 10^{-[1+(S/TVL)]}$$



GAMMAGRAFÍA EN BUNKER. DOSIS RECIBIDAS POR EL OPERADOR.

Dosis recibidas por el operador en el Panel de Control.

- La tasa de dosis promedio semanal (D_{sem}) recibida por el operador puede ser estimada por la siguiente ecuación:

$$D_{sem} = IDR * N * t * d_i$$

N – Es el número de radiografías tomadas en un día de trabajo,

d_i – Es el número de días de trabajo a la semana,

t – Es el tiempo promedio de irradiación usado para cada radiografía.

La dosis anual recibida por el operador en el Panel de Control es:

$$D_t = D_{sem} * N_w \longrightarrow N_w \text{ Es el número de semanas de trabajo por año.}$$



GAMMAGRAFÍA EN BUNKER

Dosis recibida por miembros del público en la práctica de Gammagrafía en Bunker.

No.	Miembros del público	Condiciones de exposición.	Dosis
1.	Trabajador de la empresa que realiza trabajos no relacionados con la práctica de Gammagrafía	Se expone durante la realización de su trabajo, en lugares contiguos al Bunker de Gammagrafía.	?
Dosis total del trabajador clasificado como público			?
2.	Miembro del público que temporalmente se encuentra en áreas adyacentes al Bunker de Gammagrafía.	Está expuesto una fracción del tiempo durante la realización de los trabajos de Gammagrafía.	?
Dosis total del miembro del público			?



GAMMAGRAPHY IN BUNKER. DOSES RECEIVED BY THE PUBLIC

Dosis recibida por el público.

- La tasas de dosis instantanea (IDR) en el punto donde se ubica el público es:

$$IDR = \frac{DR_0 \cdot B}{d^2}$$

$DR_0 = H$, Es la tasa de dosis a un metro de la fuente.
 d , Es la distancias hasta el punto donde se ubica el público.

Si no se conoce el valor de “B” pero sí se conoce el espesor de la barrera de blindaje (S), entonces se puede calcular “B” usando la siguiente ecuación :

$$B = 10^{-[1+(S/TVL)]}$$



GAMMAGRAPHY IN BUNKER. DOSES RECEIVED BY THE PUBLIC

- La tasa de dosis promedio semanal (D_{sem}) recibida por el público puede ser estimada por la siguiente ecuación:

$$D_{sem} = IDR * N * t * d_i * T$$

N – Es el número de radiografías tomadas en un día de trabajo,

d_i – Es el número de días de trabajo a la semana,

t – Es el tiempo promedio de irradiación usado para cada radiografía.

T – Es el factor de ocupación estimado para el público.

La dosis anual que recibe el miembro del público es :

$$D_t = D_{sem} * N_w \longrightarrow N_w \text{ Es el número de semana de trabajo al año.}$$



GAMMAGRAFÍA INDUSTRIAL MÓVIL

**Equipo de
Gammagrafía.**

Colimador

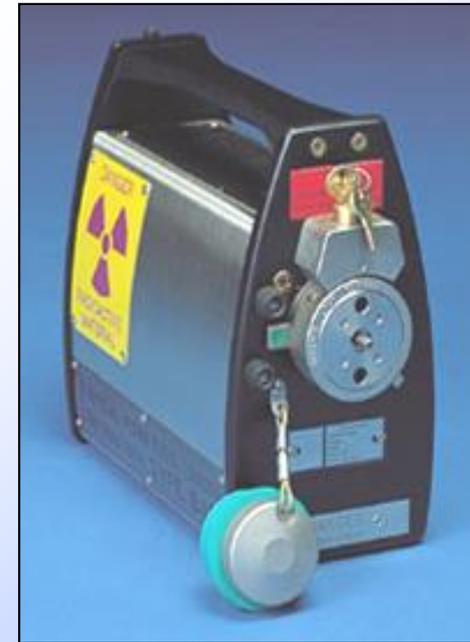
Fuente Radiactiva

**Manipulador
de la Fuente.**

Cables de Control

Sistema de fijación

Tubo Guía



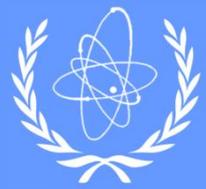


GAMMAGRAFÍA INDUSTRIAL MÓVIL

Exposición Ocupacional del trabajador en Gammagrafía Industrial Móvil.

No.	Puesto de Trabajo	Tareas desarrolladas	Dosis
1.	Operador del Equipo de Gammagrafía.	Operación del equipo de Gammagrafía desde el Panel de Control.	?
Dosis Total que recibe el operador			?
2.	Asistente del Operador.	Acarreo del equipo de gammagrafía.	?
		Operación con el equipo de Gammagrafía desde el Panel de Control.	?
Dosis total que recibe el Asistente del operador.			?

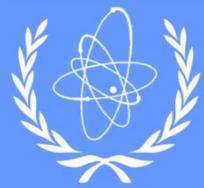




GAMMAGRAFÍA INDUSTRIAL MÓVIL

Gammagraphy Equipment Operator.





GAMMAGRAFÍA INDUSTRIAL MÓVIL.

Dosis recibidas por el operador

Dosis recibidas por el operador en el Panel de Control.

En la dosis recibida por el operador en el panel de control se pueden distinguir dos contribuciones:

- Dosis recibida por el operador durante el tránsito de la Fuente desde el equipo de Gammagrafía al punto donde se toma la imagen gammagráfica. (D_{tr}).
- Dosis recibida por el operador debido a la irradiación de la fuente durante la obtención de la Gammagrafía (D_{ir}).

La dosis total sería: $D_{tot} = D_{ir} + D_{tr}$

Nota: Las peores condiciones de trabajo son aquellas cuando el procedimiento de gammagrafía se realiza sin usar el colimador.





GAMMAGRAFÍA INDUSTRIAL MÓVIL.

Dosis recibidas por el operador

Dosis recibidas por el operador en el Panel de Control.

Dosis recibida durante el tiempo de irradiación para obtener la Gammagrafía. (D_{ir}).

La tasa de dosis debida a la irradiación al obtener la gammagrafía se puede determinar por la ecuación:

$$\dot{H}_{ir} = \frac{\Gamma \cdot A}{d^2}$$



- Γ , es la constante gamma para el radioisótopo usado (Γ para el I-192 es 0.135 mSv m²/ GBq h).
- A, es la actividad de la Fuente usada.
- d, es la distancia entre el punto de irradiación y el punto donde se ubica el mecanismo de control remoto. (Usualmente dado por la suma de la longitud del tubo guía y el cable de control 20 metros)

Nota: Esta ecuación es aplicable haciendo consideraciones de fuente puntual.



GAMMAGRAFÍA INDUSTRIAL MÓVIL.

Dosis recibidas por el operador

Dosis recibidas por el operador en el Panel de Control.

Dosis recibida durante el tiempo de irradiación para obtener la Gammagrafía. (D_{ir}).

- **Consideración relativa a la variación de la actividad de la Fuente debido a la desintegración radiactiva.**

La Fuente de Ir-192 decae su actividad a la mitad en aproximadamente 74 días. Por este motivo la dosis que reciben los trabajadores disminuye con el tiempo de uso de la fuente. Si asumimos que la fuente es reemplazada aproximadamente cada 5 meses (150 días), nosotros podemos (a los efectos de la estimación de la dosis) considerar que todo el año los trabajadores están expuestos a una fuente de actividad constante que es igual a la mitad de la actividad inicial ($A = A_0/2$), donde A_0 es la actividad inicial de la fuente.





GAMMAGRAFÍA INDUSTRIAL MÓVIL.

Dosis recibidas por el operador

Dosis recibidas por el operador en el Panel de Control.

Dosis recibida durante el tiempo de irradiación para obtener la Gammagrafía. (D_{ir}).

Consideraciones generales para el cálculo de la dosis por irradiación (D_{ir}).

- La empresa realiza N gammagrafías por año.
- En cada gammagrafía, como promedio, la Fuente se expone un tiempo t .

Entonces la dosis por irradiación se calcula como:

$$D_{ir} = H_{ir} * N * t$$





GAMMAGRAFÍA INDUSTRIAL MÓVIL.

Dosis recibidas por el operador

Dosis recibidas por el operador en el Panel de Control.

Dosis recibida durante el transito de la Fuente desde el equipo de gammagrafía hasta el punto donde se realiza la Gammagrafía (D_{tr}).

La tasa de dosis durante el transito de la fuente puede ser determinada por la ecuación siguiente:

$$\dot{H}_{tr} = \frac{\Gamma \cdot A}{d^2}$$

- Γ , es la constante gamma para el radioisótopo usado (Γ para el I-192 es 0.135 mSv m²/ GBq h).
- A, es la actividad de la Fuente usada.
- d, es la distancia entre el mecanismo de control (panel de control) y el punto donde está ubicada la fuente en el momento del cálculo.





GAMMAGRAFÍA INDUSTRIAL MÓVIL.

Dosis recibidas por el operador

Dosis recibidas por el operador en el Panel de Control.

Dosis recibida durante el transito de la Fuente desde el equipo de gammagrafía hasta el punto donde se realiza la Gammagrafía (D_{tr}).



Consideraciones relativas a la distancia entre la Fuente y el mecanismo de control remoto durante el tránsito de la Fuente.

La distancia entre la Fuente y el Mecanismo de control remoto varia durante el tránsito de la Fuente desde el equipo hasta el punto de irradiación. Esto provoca que la tasa de dosis disminuye cuando la fuente se mueve desde el equipo de Gammagrafía hasta el punto donde se realiza la Gammagrafía y después la tasa de dosis aumenta cuando la fuente se traslada de regreso al equipo de gammagrafía. Partiendo de este análisis se acepta, para el cálculo, considerar que la fuente durante el tránsito está virtualmente parada a la distancia media del Tubo Guía, es decir: $d = d_1 + (d_{tg}/2)$.

Donde:

d_1 , es la distancia entre el mecanismo de control remoto y el equipo de Gammagrafía, and,
 d_{tg} , es la distancia entre el equipo de Gammagrafía y el punto de irradiación (longitud del Tubo Guía).



GAMMAGRAFÍA INDUSTRIAL MÓVIL.

Dosis recibidas por el operador

Dosis recibidas por el operador en el Panel de Control.

Dosis recibida durante el transito de la Fuente desde el equipo de gammagrafía hasta el punto donde se realiza la Gammagrafía (D_{tr}).

$$D_{tr} = H_{tr} * N * t_{tr} \quad (*)$$

(*) **Consideraciones generales para el cálculo de la dosis recibida durante el tránsito (D_{tr}):**

- La empresa realiza **N** gammagrafías por año.
- Como promedio, la Fuente se mueve a una velocidad de 1 m/s en cada radiografía, por ello el tiempo de transito de la Fuente es:

$$t_{tr} = 2 * (d_{tg} / 1 \text{ (m/s)})$$

Note: d_{tg} es el largo del Tubo guía (usualmente 10 m)





GAMMAGRAFÍA INDUSTRIAL MÓVIL.

Dosis recibidas por el público

Dosis recibida por el público, considerando que este se encuentra fuera del área controlada.

$$D = 2.5 \mu\text{Sv/h} * N * t \quad (*)$$



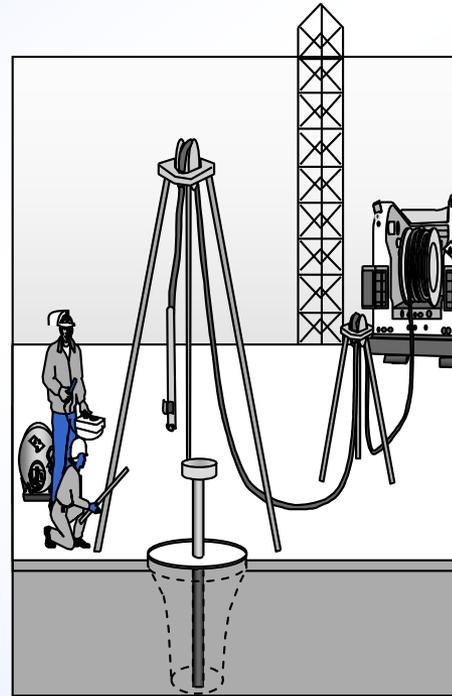
(*) Consideraciones generales para el cálculo de la dosis que recibe el público:

- La empresa realiza **N** gammagrafías por año.
- En cada gammagrafía, como promedio, la Fuente está expuesta por un tiempo **t** (usualmente dos minutos).
- En correspondencia con regulaciones internacionales, la tasa de dosis en la frontera del área controlada no debe superar 2.5 $\mu\text{Sv/h}$.



PERFILAJE DE POZOS

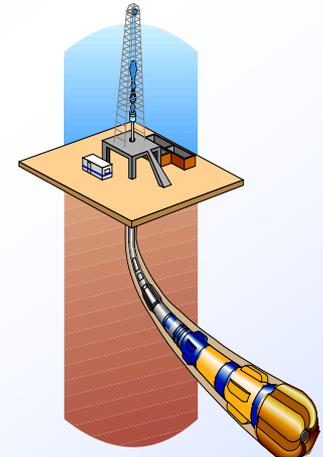
- **Ejemplo de estimaciones de dosis en
Diagrafía de pozos.**





INTRODUCTION

1. Fuentes usadas en la práctica de Diagrafía de Pozos.



No.	Tipo	Número de serie	Radionúclido	Actividad de la fuente		Fecha de Referencia
				GBq	n/s	
1	GSR-J	1111	Cs-137	55	-	14/2/2013
2	NSR-F	5555	Am ²⁴¹ -Be	592	-	14/2/2013



PERFILAJE DE POZOS. DOSIS RECIBIDAS POR EL OPERADOR

Estimación de dosis para fuentes emisoras gamma.

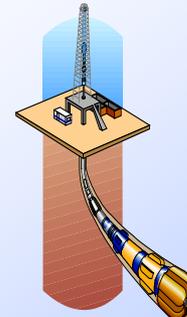
$$\dot{H} = \frac{\Gamma \cdot A}{d^2}$$

- Γ , es la constante gamma del radioisótopo utilizado.
- A , es la actividad de la fuente utilizada.
- d , es la distancia entre la fuente y el operador.

Datos: (Γ for Cs-137 is $1.032 \cdot 10^{-4} \frac{mSv m^2}{MBq h}$).

(Γ for Th- 232 is $1.848 \cdot 10^{-5} \frac{mSv m^2}{MBq h}$).

(Γ for Am- 241 is $8.478 \cdot 10^{-5} \frac{mSv m^2}{MBq h}$).





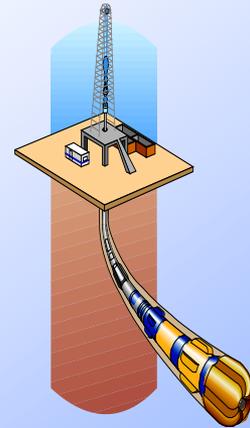
PERFILAJE DE POZOS. DOSIS RECIBIDAS POR EL OPERADOR

Estimación de dosis para fuentes de neutrones.

Si solo conocemos la actividad de la Fuente emisora ALFA , se necesita calcular la emisión de neutrones considerando la eficiencia de la reacción (alpha-neutrón)

$$\Phi_n = A * E_f$$

- Φ_n , es el flujo de neutrones
- A, es la actividad de la fuente ALFA.
- E_f , es la eficiencia de la reacción ALFA-NEUTRÓN.
(Para Am-241, E_f es 70 neutrones por 10^6 partículas alfa emitidas).





PERFILAJE DE POZOS. DOSIS RECIBIDAS POR EL OPERADOR

Estimación de dosis para fuentes de neutrones.

Considerando el coeficiente de dosis por neutrones, para neutrones de 5.45 MeV, ($C_{dn} = 282 \text{ pSv/cm}^2$).

$$H = (C_{dn} * \phi_n) / 4\pi(d_h)^2$$

H, es la tasa de dosis por neutrones.

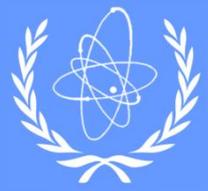
d_h, es la distancia a la cual es manipulada la fuente,
(Usualmente es la longitud de la herramienta usada).



La dosis por neutrones (D_n) es calculada por la ecuación :

$$D_n = H * T$$

T, es el tiempo usado para la manipulación de la Fuente.



Gracias