

09.59.07

C.N.E.A. Biblioteca	
ARCHIVO PUBLICACIONES	
NO /	AÑO Bib. 1959

REPUBLICA ARGENTINA

COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA

CURSO DE APLICACION DE RADIOISOTOPOS

EQUIPOS PARA LA
GAMMAGRAFIA INDUSTRIAL

EQUIPOS PARA LA GAMMAGRAFIA INDUSTRIAL

INTRODUCCION.

La moderna gammagrafía industrial no es otra cosa que la puesta al día de los conocidos métodos radiográficos, como técnicas de ensayo no destructivo aplicadas a diversos problemas de fabricación.

Su objetivo continúa siendo el de establecer fehacientemente la calidad interna de un objeto, suministrando un registro perdurable de las posibles fallas en una película sensible.

El examen de tales registros brinda elementos de juicio para decidir el rechazo de piezas o trabajos defectuosos, y permite a menudo proyectar modificaciones en los procesos de producción que eliminan las causas que originan dichos defectos.

Hasta el momento los principales beneficiarios de estas técnicas son las fundiciones y los talleres de soldadura; las razones para que así ocurra pueden ser algunas de las siguientes:

- a.- La inspección frecuente de las piezas fundidas hace posible obtener información sobre la naturaleza de los defectos presentes en ellas y tomar medidas correctivas de las técnicas empleadas o de los moldes utilizados, ya sea para provocar la desaparición de tales defectos o bien para desplazarlos hacia sectores de las piezas en que no resulten perjudiciales. Estas técnicas derivan en un continuo control de la calidad de la producción, al evitar el rechazo de piezas defectuosas; en un ahorro substancial, al incrementar la producción mejorando los procesos y adoptando menores secciones de seguridad en los puntos críticos de los moldes; en beneficios posteriores, al evitar costosos maquinados de piezas con fallas no superficiales, y lo que es más importante, en aumento de seguridad, al tener la certeza de que una vez en operación, dichas piezas no sufrirán roturas imprevistas, y en ocasiones catastróficas, causadas por defectos no descubiertos previamente.
- b.- El trabajo en colaboración de los equipos de gammagrafía y los de soldadura ha llevado estas técnicas a su más alto grado de desarrollo. Aquí el control de calidad puede hacerse siguiendo paso a paso la tarea de los soldadores, y modificando sus métodos o variando sus equipos de acuerdo a los resultados evidenciados por la inspección gammagráfica. El beneficio económico se manifiesta en la disminución de soldaduras reconstruidas; en el ahorro de material por los menores coeficientes de seguridad adoptados al aumentar la eficiencia de las uniones soldadas; en la seguridad de funcionamiento que evitará gastos por pérdidas y reparaciones y, nuevamente, en la confiabilidad de las estructuras, certificada por la inspección gammagráfica. Por las características de muchos trabajos de soldadura, esta puede ser la razón de mayor peso, por la relación directa que con serios problemas de seguridad tiene la calidad de la soldadura, como en los tanques a presión, calderas, tuberías, estructuras resistentes de aviones y barcos, etc.

No se ha pretendido dar un panorama general de las aplicaciones y ventajas de la gammagrafía industrial en esta introducción. El solo enunciado de su capacidad de poner de manifiesto una falla escondida - una inclusión gaseosa en una fundición, una grieta en un cordón de soldadura -, es más que suficiente para permitir valorar sus posibilidades a quienes tienen la responsabilidad de conducir una industria.

ANTECEDENTES Y PRINCIPIOS DE LA GAMMAGRAFIA.

El ensayo no destructivo se ha transformado en una exigencia de rutina en las piezas fundidas vitales de las máquinas y en las soldaduras empleadas en las grandes estructuras y en las conducciones de gases y líquidos. Este tipo de examen ha venido realizándose de muy diversas maneras, entre ellas, y fundamentalmente, por el empleo de radiaciones.

La propiedad que éstas poseen de penetrar la materia tiene sus limitaciones, y este hecho es lo que ha posibilitado su empleo en la inspección de piezas metálicas. Refiriéndose exclusivamente a las radiaciones electromagnéticas, como los rayos X y los rayos gamma - de cuyo uso derivan los nombres de radiografía y gammagrafía -, se tomará nota de que son absorbidas por la materia en forma tal que si un flujo determinado de radiación atraviesa un cuerpo, el haz emergente decrece en magnitud con el aumento de espesor del cuerpo expuesto, según una ley exponencial.

Puede verse así que el espesor de material interpuesto en el camino de un flujo radiante X o gamma define la cantidad de radiación que puede atravesarlo por completo. El poder de absorción de los diversos materiales es aproximadamente proporcional a su densidad, de manera que ante un flujo de radiación X o gamma los materiales de menor densidad dejarán pasar más radiación, y viceversa.

Estas dos variantes son las que entran en juego cuando la radiación emergente se utiliza para impresionar una placa o película fotosensible, la que registrará las zonas más o menos espesas y más o menos densas de la pieza radiografiada o gammagrafiada en forma completamente similar a lo que ocurre en la radiografía de tejidos vivos.

Las principales fuentes de radiación electromagnética empleadas hasta que los materiales radioactivos artificiales aparecieron en el mercado, fueron los equipos de rayos X y las fuentes de radium. Cada una de ellas tenía sus ventajas y desventajas particulares, y en base a las primeras y a pesar de las últimas continúan utilizándose en la industria, aunque al entrar los radioisótopos artificiales en la competencia queda escasa duda de que aquellas fuentes serán desplazadas.

Los equipos industriales de rayos X tenían la ventaja de su adaptabilidad a la resolución de muy diversos problemas de radiografía, ya que dependiendo la penetración en la materia de la energía de la radiación incidente - además de los ya señalados factores de espesor y densidad de la pieza expuesta -, la capacidad de aquellos equipos de variar esa energía les permitía cubrir amplios rangos de espesores y densidades.

Las fuentes de radium no presentaban los enojosos problemas de mantenimiento y reparación que significa un equipo de rayos X en operación, eran independientes de las líneas de suministro de energía eléctrica y líquidos de refrigeración, y por tener mucho menor volumen y peso tenían más ductilidad que los primeros, ya que podían acceder a lugares en que era imposible utilizar un equipo de rayos X. Sus únicas desventajas frente a esos equipos eran, por un lado, su elevado costo, y por otro, su reducido rango de espesores y densidades.

Cuando estuvieron disponibles los materiales radioactivos artificiales, como subproducto de la operación de los reactores o como resultado especial de la misma, esas desventajas fueron ampliamente salvadas, al disminuirse el costo de los radioisótopos hasta muy por debajo del valor del radium, y al ofrecer una gran cantidad de elementos radioactivos con una enorme gama de energías, que sobrepasó las posibilidades de los equipos de rayos X utilizables en la industria.

FUENTES DE RADIACION.

Dado que para obtener la penetración y sensibilidad adecuadas a un determinado espesor de un material establecido es necesario y conveniente disponer de una cierta energía de radiación, y teniendo en cuenta que la energía gamma es una característica de cada radioisótopo en particular, puede deducirse que cada elemento radioactivo es utilizable para una cierta gama de espesores.

En general esa gama se establece para espesores de acero, pudiendo trasladarse los valores equivalentes para otros materiales - bronce, aluminio y sus aleaciones, etc -, recordando que, en principio, la absorción de radiación gamma es aproximadamente proporcional a la densidad de aquellos.

La tabla siguiente sirve para tener idea de los rangos de espesores cubiertos por los elementos radioactivos más utilizados hasta el momento :

TABLA I

ALCANCES EFECTIVOS EN ACERO PARA DIVERSAS ENERGÍAS DE RADIACION GAMMA

Nucleído	Período de semi-desintegración	Energía	Rango de espesores de acero
Thulio 170	127 días	80 KeV	1 a 12 milímetros
Iridio 192	74,4 días	hasta 600 KeV	12 a 60 milímetros
Cesio 137	30 años	660 KeV	18 a 80 milímetros
Cobalto 60	5,25 años	1,17 y 1,3 MeV	50 a 200 milímetros

Esta tabla requiere alguna explicación complementaria; en primer lugar, los radioisótopos enumerados están disponibles en las actividades máximas que se detallan a continuación : Thulio 170, hasta 1 curie por fuente; Iridio 192, hasta 15 curies por fuente; Cesio 137 y Cobalto 60, hasta actividades muy superiores a las que pueden utilizarse en gammagrafía.

En segundo lugar, debe hacerse referencia a los períodos de semidesintegración, recordando que tales períodos, llamados por brevedad vida media, identifican el tiempo en que un radioisótopo decae hasta poseer la mitad de su actividad inicial. Esto significa que el transcurso de ese período no implica que haya terminado la capacidad de emisión del nucleído, que puede ser utilizable - y peligroso - durante varios períodos. En términos de gammagrafía, en resumen, la consecuencia fundamental de que haya transcurrido un período del radioisótopo empleado es que los tiempos necesarios para obtener una determinada calidad en la exposición de las películas sensibles se duplican.

Esta circunstancia, junto con la seguridad de poder reactivar o reemplazar las fuentes radioactivas a bajo costo y en breve tiempo, debe tenerse en cuenta al valorar las posibilidades económicas de un determinado material radioactivo.

En tercer lugar, la enumeración de energías disponibles, que llegan a valores superiores a los obtenibles con equipos de rayos X de carácter industrial, sirve como elemento auxiliar para elegir la fuente más adecuada a un dado trabajo

si la energía es demasiado baja para el problema a resolver, las zonas más espesas de la pieza examinada no serán apreciablemente penetradas, y la película mostrará sectores sin exponer que no brindan información alguna; si la energía es demasiado alta, las zonas más delgadas apenas absorberán radiación, y la consecuencia será la falta de detalle.

Finalmente, deberá decirse que los rangos de espesores consignados en la tabla han sido dados teniendo en cuenta las exigencias de sensibilidad planteadas al método, que oscilan alrededor del 4 %, esto es, que la placa impresionada debe acusar sin dificultad diferencias de espesores de esa magnitud porcentual con respecto al espesor total de la pieza. Si se fijan espesores mayores, los rangos de espesores cubiertos pueden ampliarse.

LOS EQUIPOS DESARROLLADOS

La División Aplicaciones del Departamento de Radioisótopos, por intermedio de su Laboratorio de Altas Actividades, ha proyectado y construido varios equipos para gammagrafía industrial, algunos de los cuales se encuentran aún en su etapa experimental.

Estos equipos integran una línea que pretende cubrir todos los campos de utilización, cuyos dos primeros prototipos, el RI-10.000 y el RI-2.000, se consideran completamente desarrollados.

Estos dos primeros modelos tienen características constructivas similares, diferenciando solamente en el tamaño y peso, predeterminado por la naturaleza y actividad de las fuentes radioactivas que emplean.

El modelo RI-10.000, que es el mayor de la serie, está destinado a alojar fuentes de Cobalto 60 de hasta 10 curies, mientras que el RI-2.000 puede utilizar fuentes del mismo nucleído de hasta 2 curies, o fuentes de Cesio 137 o Iridio 192 de prácticamente cualquier actividad empleada en gammagrafía. El primero de estos equipos pesa 700 kilogramos, mientras que el segundo modelo alcanza a 400.

La fuente radioactiva es un pequeño cilindro de 13 milímetros de diámetro, incluido el revestimiento, ubicado en un portafuente de acero inoxidable en la extremidad de un largo cable. Esa fuente, mientras no se encuentra en operación, permanecerá alojada en el interior de un pesado y macizo recipiente de blindaje, construido con metal de alta densidad que absorbe la radiación emergente de la fuente hasta llevarla a límites tolerables.

Por medio de un mecanismo de comando manual a distancia, la fuente movida por su cable impulsor puede deslizarse dentro de una conducción flexible que la lleva hasta su posición de irradiación, fuera del recipiente de blindaje que le sirve de depósito.

La unidad está dotada de sistemas de cierre de seguridad y dispositivos eléctricos de posición alimentados a batería, y está montada sobre una plataforma de transporte con ruedas neumáticas. Se le puede colocar adaptadores especiales para exposición direccional, aunque su uso más frecuente es como fuente panorámica.

El mecanismo de comando ya citado vuelve a emplearse para reingresar la fuente al recipiente de blindaje, una vez finalizada la exposición.

Merced a la plataforma de transporte, el equipo puede ser utilizado fácilmente como unidad móvil en las plantas fabriles o en campaña.

MÉTODOS Y NORMAS DE TRABAJO.

La base de la obtención de buenos resultados es la experiencia directa con los problemas específicos, sobre todo en lo relativo a la elección de distancias de trabajo, tiempos de exposición, tipo, grano y calidad de las películas sensibles, revelado de las mismas, etc.

La primera etapa a cumplir en la toma de una gammagrafía es la preparación de la película. Esta debe cargarse en un chasis flexible, entre un par de pantallas de plomo, destinadas a intensificar la acción de la radiación gamma sobre la emulsión sensible por la producción de electrones secundarios. Las dimensiones usuales de las pantallas de plomo suelen ser de un décimo de milímetro para la que queda al frente de la película y de dos décimas para la que le sirve de respaldo.

Preparado el chasis, con la placa protegida en su envoltura de papel, se lo coloca adosado a la pieza a gammagrafiar para asegurar la mejor definición de la imagen. Acto seguido debe ubicarse el terminal de la conducción flexible enfrentando la pieza, en el caso de exposición direccional, o en cualquier otra posición favorable si se trata de exposición panorámica.

La posición del terminal de la conducción flexible, que será en definitiva la posición de la fuente, y su distancia a la pieza que se somete a inspección, son decisivas en cuanto a la definición de la imagen por el fenómeno de penumbra, y en general debe tenderse a colocarla a la mayor distancia compatible con un tiempo razonable de exposición.

Determinada así la posición que adoptará la fuente, se procede a abrir con su llave el cierre de seguridad, destrabando luego el movimiento de la fuente tirando de la traba hacia arriba y girándola hacia la derecha del operador. En ese momento se encenderá la luz blanca de la caja del mecanismo de comando, indicando que la fuente se encuentra dentro del recipiente de blindaje.

A continuación debe colocarse el operador con el mecanismo de comando a distancia en una ubicación acorde con la actividad de la fuente con que se trabaja, y que en general está establecida por la longitud total de las conducciones flexibles utilizadas para la transferencia de la fuente. La tabla siguiente puede resultar de utilidad para apreciar el tiempo máximo semanal disponible para permanecer a una dada distancia de una fuente determinada, sin exceder las exposiciones máximas admisibles para los seres humanos.

Se indican en la tabla los tiempos para fuentes de los cuatro nucleidos usados en gammagrafía, para tres actividades y tres distancias distintas.

TABLA II
TIEMPOS SEMANALES MÁXIMOS DE PERMANENCIA

D (m)	Thulio 192			Iridio 192			Cesio 137			Cobalto 60		
	1 C.	5 C.	10 C.	1 C.	5 C.	10 C.	1 C.	5 C.	10 C.	1 C.	5 C.	10 C.
1	25 ^h	5 ^h	2 ^h 30 ^m	12 ^m	2 ^m 24 ^s	1 ^m 12 ^s	19 ^m 20 ^s	3 ^m 52 ^s	1 ^m 56 ^s	4 ^m 37 ^s	55 ^s	28 ^s
5	cont.	cont.	cont.	5 ^h	1 ^h	30 ^m	8 ^h 03 ^m	1 ^h 36 ^m	48 ^m 20 ^s	1 ^h 55 ^m	23 ^m 04 ^s	11 ^m 32 ^s
10	cont.	cont.	cont.	20 ^h	4 ^h	2 ^h	32 ^h 13 ^m	6 ^h 26 ^m	3 ^h 13 ^m	7 ^h 41 ^m	1 ^h 32 ^m	46 ^m 10 ^s

Nota : En la tabla del Thulio 192, "cont." significa más de 40 horas semanales.

Se debe recordar que los tiempos máximos de permanencia se cuentan mientras la fuente se halla fuera del recipiente de blindaje, en que la radiación emitida puede ejercer su acción en todas direcciones.

Ubicado el operador al lado del mecanismo de comando a distancia, accionará sobre la manivela ubicada en la posición superior girandola en el sentido de las agujas del reloj, haciendo salir de esta manera la fuente radioactiva de su recipiente de blindaje. Esto coincidirá con el encendido de la luz roja en el comando, cuyo significado es que nadie debe acercarse a la zona de irradiación. Se continuará girando la manivela hasta que se encienda la luz verde, que indica que la fuente se encuentra en la extremidad del conducto flexible, ya en posición de trabajo.

Todo el movimiento de la fuente debe seguirse con un monitor portátil, para prevenir desperfectos del sistema eléctrico de posición y asegurarse de la real ubicación de aquella.

En ese momento el operador puede alejarse del equipo, pues ha comenzado la exposición, que se prolongará por un determinado tiempo que depende de la actividad de la fuente, de la energía del elemento radioactivo, de la distancia de la fuente a la película, del espesor y densidad de la pieza gammagrafiada y de las características de la película y de la imagen buscada.

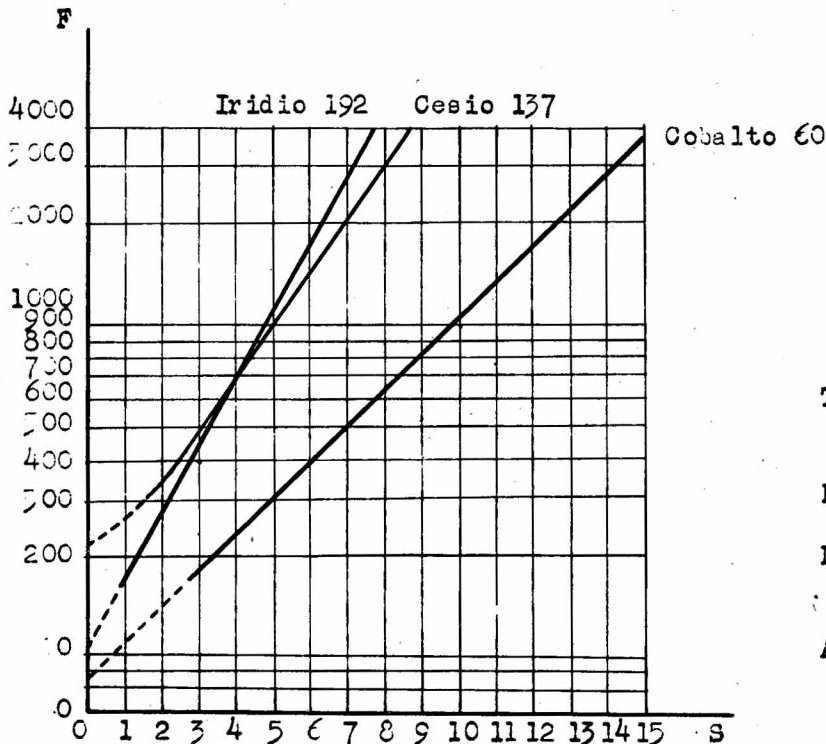
Conviene aquí agregar que por medio de la exposición panorámica pueden obtenerse simultáneamente imágenes de varios objetos sobre placas distintas, lo que equivale a disminuir el tiempo de exposición promedio.

El gráfico que se incluye a continuación suministrará una ayuda considerable en las estimaciones de los tiempos de exposición necesarios.

CURVA $F = f(S)$

F : factor de exposición
S : espesor de acero (cm)

Película : Kodak Crystallex
Sensibilidad : 2 %



$$T = \frac{F \cdot D^2}{6,45 \cdot A} \quad (1)$$

T : tiempo de exposición, en minutos.

F : factor de exposición.

D : distancia de la placa a la fuente, en cm.

A : actividad de la fuente, en millicuries.

Aplicando la fórmula (1), a la que se entra con el valor de F hallado en la curva del nucleído usado para el espesor de acero a gammagrafiar, se obtiene T.

Transcurrido el tiempo de exposición, el operador volverá a la caja del mecanismo de comando, accionará la manivela ubicada en la posición inferior y moviéndola en el sentido contrario al de las agujas del reloj repondrá la fuente en su posición dentro del recipiente de blindaje. Recién al encenderse la luz blanca podrá acercarse al objeto gammagrafiado para retirar la película impresionada. Como seguridad adicional para el caso de desperfecto del sistema eléctrico o del monitor portátil, existe en la caja del mecanismo de comando un dispositivo auxiliar repetidor que, accionado por un botón, indicará con luz blanca o roja si la fuente está en su blindaje o fuera de él.

La operación termina con el trabado de la fuente, girando la traba hacia la izquierda del operador y empujando al mismo tiempo hacia abajo. Acto seguido se cerrará con su llave el cierre de seguridad, con lo que se evitará que personas no autorizadas intenten utilizar el equipo.

Todas las partes y mecanismos mencionados hasta aquí pueden apreciarse debidamente en las fotografías y diseños que figuran en el apéndice a este folleto.

Las tareas posteriores corresponden a la revelación de las películas, de acuerdo a los reveladores y métodos prescriptos para cada tipo de material sensible.

La interpretación ulterior de las gammagrafías se basa, por un lado, en la experiencia acumulada en el trabajo, y por otro, en el uso de penetrómetros o calibres de penetración, especie de patrones de espesores variables cuya imagen, también gammagrafiada, se emplea para definir la resolución obtenida y diagnosticar las causas de cada detalle de la impresión final.

NORMAS DE PROTECCION Y SEGURIDAD.

La operación de las fuentes debe llevarse a cabo de acuerdo a determinadas normas de protección y seguridad que tienen carácter obligatorio, cuyo objeto es asegurar que los técnicos que se desempeñan en estas actividades no sufran perjuicios en su trabajo ni puedan provocarlos a la salud, la vida o los bienes de terceros.

En realidad, los efectos nocivos de las radiaciones ionizantes obran sobre quienes las utilizan descuidadamente en forma equivalente, tanto si provienen de equipos de rayos X como si se originan en fuentes gamma. Las exigencias de seguridad establecidas para el uso de fuentes gamma son, en definitiva, una nueva ventaja de su uso, que se ha encarado en forma mucho más racional que el de los equipos de rayos X; sobre todo desde el punto de vista de los trabajadores y empleadores, la disminución radical de los riesgos por el simple cumplimiento de una serie de normas simples y efectivas, hace altamente preferible el utilizar equipos cuyo funcionamiento está condicionado por una institución responsable, que aquellos de rayos X de cuyo empleo no se han ocupado hasta la fecha las organizaciones encargadas de la medicina del trabajo y de la seguridad colectiva.

Antes de dar un rápido resumen de las normas de protección aconsejables, debe recordarse que la cantidad de radiación emergente de una fuente gamma se mide en Roentgens, unidad que corresponde a la energía que puede entregar a un cierto volumen de aire en determinadas condiciones, y que se mide por la ionización que produce. Como resultado de las investigaciones realizadas durante mucho tiempo por numerosos institutos científicos, se ha establecido un nivel máximo admisible de exposición a las radiaciones externas, que es actualmente de cien miliroentgens por semana.

Esta exposición máxima admisible ha sido fijada para los trabajadores afectados a la operación de los equipos, y corresponde al caso de irradiación de todo el cuerpo; para irradiación parcial - manos y antebrazos, pies y piernas, cuello, etc. -, la exposición máxima admisible alcanza a 600 miliroentgens por semana.

Para personas no vinculadas al funcionamiento de los equipos, como trabajadores no radiográficos y público en general, las exposiciones máximas admisibles son de diez miliroentgens por semana.

La existencia de una exposición máxima admisible implica la aceptación de que no resulta peligroso para los trabajadores todo trabajo en que las condiciones ambientales aseguren el estar por debajo de esos niveles; al mismo tiempo, se requiere que dichos trabajadores sean adecuadamente instruidos sobre los riesgos que se corren cuando dichos niveles son sobrepasados, y se exige que se los dote de los conocimientos y del instrumental necesario para valorar el nivel de exposición a que se someten durante sus tareas.

Las medidas a adoptar para mantenerse dentro de niveles admisibles constituyen precisamente las normas de protección y seguridad a que se ha hecho referencia.

En primer lugar, debe poderse calcular el ritmo con que una determinada fuente entrega energía. Para ello, resultan de mucha utilidad los factores k que se indican en la tabla siguiente :

TABLA III

FACTORES K

EXPOSICIONES A UN METRO DE DISTANCIA DE
LA FUENTE, EN ROENTGENS POR HORA Y CURIE

Nucleído	Factor K R/h/C a un metro
Thulio 170	0,004
Iridio 192	0,5
Cesio 137	0,31
Cobalto 60	1,3

El uso de los factores k es inmediato para fuentes de cualquier actividad, pues bastará multiplicar el factor correspondiente al nucleído de que se trate por la actividad en curies para obtener la exposición a un metro de la fuente; así, una fuente de 5 curies de Cobalto 60 producirá una exposición de 6,5 roentgens por hora a un metro.

Conocida la entrega de energía, se recordará que los factores de protección a utilizar para evitar estar sometido a esa exposición son tres : la distancia entre el operador y la fuente, el blindaje interpuesto entre los mismos, y el tiempo de permanencia del operador a la acción de la fuente.

El primer factor se toma en cuenta al calcular que la exposición disminuye al aumentar la distancia, por variar el ángulo sólido bajo el cual es visto el o-

perador desde la fuente. Tal variación ocurre en función inversa del cuadrado de la distancia, cuando el material radioactivo es un emisor gamma como en el caso de que se trata. Para el ejemplo ya utilizado, la exposición a cuatro metros de una fuente de cinco curies de Cobalto 60 será dieciseis veces menor de lo que indica el factor k, esto es, 0,4 roentgens por hora.

El segundo factor considera la capacidad de absorción que los materiales tienen sobre la radiación gamma, propiedad ya aprovechada al diseñar los recipientes de blindaje que sirven de depósito a las fuentes.

El hecho de que al realizar una gammagrafía se debe hacer salir la fuente de su blindaje hace que las radiaciones emergentes puedan actuar libremente en todas direcciones. La necesidad de proteger las viviendas vecinas, las zonas del taller en que se realizan trabajos no gammagráficos y aun el sector de ubicación del propio operador, puede obligar a interponer pantallas de protección.

Para su proyecto y construcción puede utilizarse el concepto de semiespesores, que corresponde al espesor de un determinado material que interpuesto en el haz radiante de una fuente de energía dada reduce la exposición emergente a la mitad.

La tabla que se incluye a continuación suministra el valor de los semiespesores de varios materiales para los nucleídos utilizados en gammagrafía.

TABLA IV
SEMIESPESORES DE PLOMO Y DE CEMENTO
PARA DIVERSAS ENERGÍAS GAMMA

Nucleído	Energía máxima	Semiespesor en milímetros	
		Plomo	Cemento
Thulio 170	80 KeV	0,25	8
Iridio 192	600 KeV	5,3	36
Cesio 137	660 KeV	5,5	34
Cobalto 60	1,3 MeV	11,0	55

El tercer factor se explica por sí mismo: si la exposición máxima admisible es de cien miliroentgens por semana, el operador debe asegurarse de que la permanencia en la zona de irradiación se haga en condiciones tales que tal exposición no sea superada. En igual forma, debe tomar las medidas necesarias para que los terceros no resulten expuestos a más de diez miliroentgens por semana.

Tiene mucha importancia en esta estimación el análisis del tiempo efectivo de trabajo en la zona de irradiación, de cuya magnitud en función del nivel de exposición da una idea la Tabla II que se incluyó en la página 5.

Para el adecuado cumplimiento de las normas de protección deben considerarse dos casos : que el equipo trabaje permanentemente en una instalación fija construída al efecto, o que lo haga en forma ambulatoria en los sitios en que se lo

requiere. En el primer caso se trata de instalaciones cerradas, denominándose instalaciones abiertas a las del segundo.

En una instalación cerrada el equipo de gammagrafía y los objetos que se someten al ensayo se encuentran dentro de un recinto dispuesto de manera tal que nadie pueda ingresar al mismo durante la irradiación, y blindado en tal forma que garantice la protección exigida para todas las personas que están fuera de él.

Este recinto debe estar provisto de señales de alarma que indiquen claramente cuando se está efectuando una irradiación; la caja del mecanismo de comando a distancia se operará, por lo general, fuera del recinto, salvo que éste, por sus dimensiones, permita al operador trabajar en el comando a una distancia prudencial de la fuente

Una instalación cerrada es siempre preferible, pero no siempre es posible, por razones vinculadas al trabajo mismo del equipo. En muchas ocasiones es necesario realizar el ensayo no destructivo de piezas ubicadas en instalaciones fijas, por lo cual el equipo debe desplazarse hasta el lugar donde aquellas se encuentran.

Este es un caso típico de instalaciones abiertas, en que las normas exigen la creación de una zona vigilada, llamada zona de irradiación, cuyos límites deben coincidir con aquellos puntos en que la exposición es la máxima admisible para cada caso.

Los dos factores de limitación de la zona vigilada son la distancia, cuando se trabaja sin blindajes adicionales, y las pantallas de protección; estas últimas suelen ser pantallas de plomo móviles que se disponen de manera de interceptar el haz de radiación en los sectores en que no se puede depender simplemente de la distancia, disminuyendo la exposición hasta niveles tolerables.

La zona vigilada debe estar marcada con señales claramente reconocibles, para impedir el acceso a personas no autorizadas, durante toda la irradiación.

En todos los casos, se verificarán los cálculos de distancias, blindajes y tiempos de permanencia con la medición directa llevada a cabo con monitores portátiles.

La protección del operador del equipo, que suele ser la persona más expuesta, puede incrementarse con el uso de film-monitores - cuyo empleo es obligatorio -, o de dosímetros de bolsillo.

Los primeros no son otra cosa que pequeños rectángulos de película sensible virgen, colocados en portaplacas adecuados, que el operador lleva sobre sí mismo mientras trabaja con el equipo de gammagrafía, y que se va impresionando bajo la acción de las radiaciones que alcanzan el cuerpo del portador durante su tarea.

La interpretación posterior del ennegrecimiento de la película sirve para evaluar la exposición a que ha estado sometido el operador.

Al mismo fin, de manera más inmediata, sirven los dosímetros de bolsillo, constituidos por pequeños elementos cargados electricamente - por ejemplo, un electroscope -, que se van descargando bajo la acción ionizante de las radiaciones que lo alcanzan.

El servicio de film-monitores es prestado actualmente por la Comisión Nacional de Energía Atómica, a título oneroso.

LA CONSTRUCCION Y EL USO DE EQUIPOS DE GAMMAGRAFIA INDUSTRIAL.

El Reglamento para el uso de radioisótopos y radiaciones ionizantes, puesto en vigencia el 24 de enero de 1958 por el Decreto Nº 842, contempla el uso industrial de material radioactivo, y establece el régimen de permisos a que estará sujeto.

Si la actividad privada desea construir o utilizar equipos de tal naturaleza, debe solicitar autorización a la Comisión Nacional de Energía Atómica, la que por intermedio de su Departamento de Radioisótopos verificará las condiciones de seguridad de las instalaciones y equipos propuestos y la idoneidad de las personas que tendrán a su cargo el empleo del material. Los organismos competentes del Departamento pueden hacerse cargo del diseño de las instalaciones y de la formación de los técnicos.

En cuanto a los equipos, la Comisión Nacional de Energía Atómica ha puesto a disposición de la industria privada los planos y especificaciones de los equipos de gammagrafía modelos RI-10.000 y RI-2.000, y ofrece su asesoramiento para el caso de que los usuarios privados decidan modificarlos o perfeccionarlos para adaptarlos a necesidades individuales, o aún para el caso de diseño de equipos basados en diferentes lineamientos.

Todo diseño nuevo debe ser sometido a aprobación, desde el punto de vista de su seguridad, y todo equipo construido debe soportar pruebas de eficiencia tendientes a la extensión de certificados de calidad, siempre desde el mismo punto de vista.

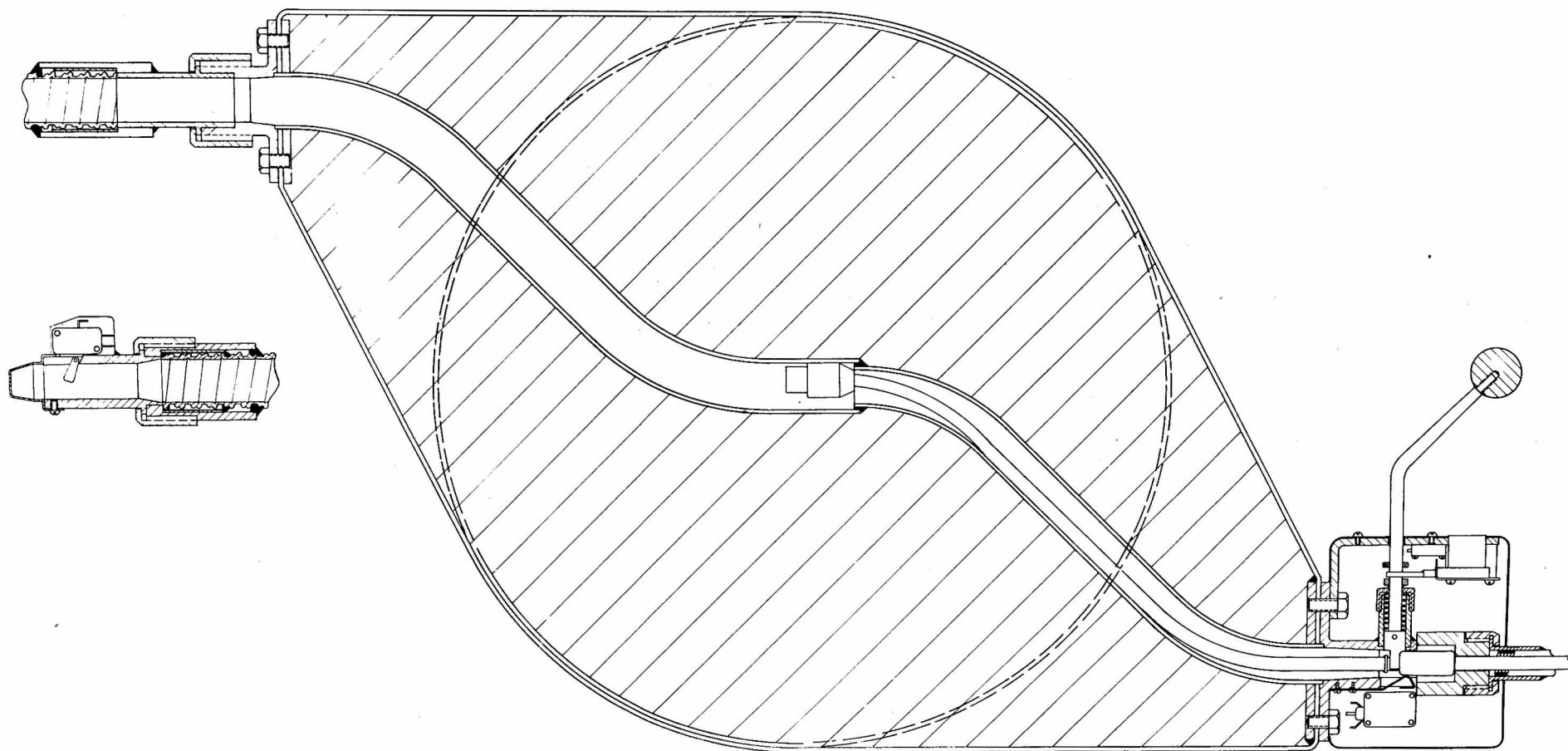
La provisión del material radioactivo necesario, finalmente, es efectuada por la Comisión Nacional a título oneroso.

Las consultas sobre cualquier aspecto vinculado con el tema deben dirigirse al Departamento de Radioisótopos de la Comisión Nacional de Energía Atómica, Avenida del Libertador General José de San Martín 8250, Buenos Aires.

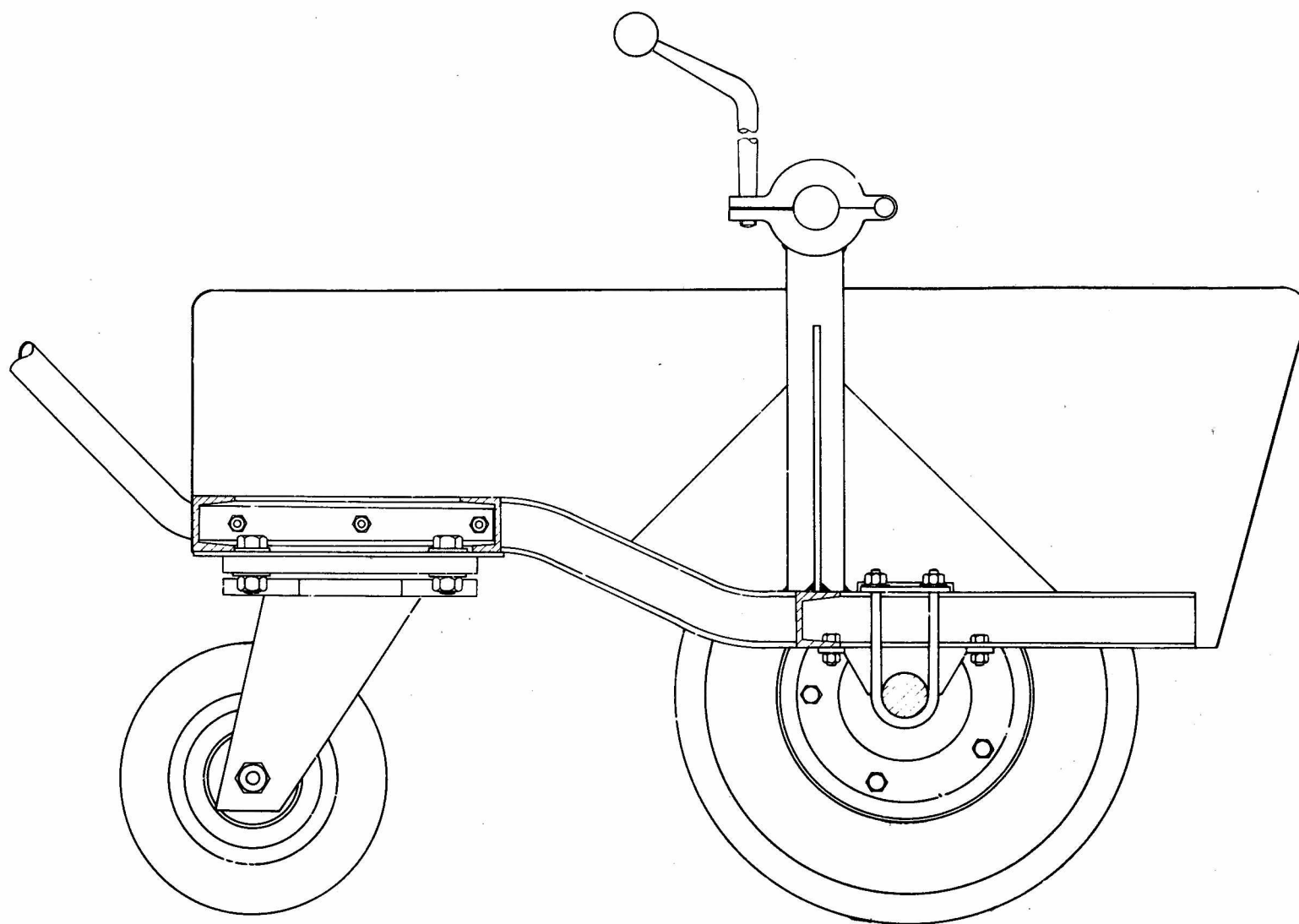
BIBLIOGRAFIA.

- 1.- Uses of gamma emitting isotopes; W. S. Eastwood, Research, 5, 1952.
- 2.- Trends in the technique of industrial radiography; H. E. Seemann, A.S.T.M. Bulletin, Nº 115, Marzo de 1942.
- 3.- Handbook of industrial radiology; J. A. Crowther, Edward Arnold and Co, Londres.
- 4.- The application of radiography to the improvement of foundry technique; R. Jackson, The Iron and Steel Institute, Londres.
- 5.- Radiographic inspection of metals; Otto Zmeskal, Harper & Brothers, N. York.
- 6.- Inspection of pipe line welding by radiographic methods; W. Offner, The Oil and Gas Journal, Septiembre de 1947.
- 7.- Handbook on radiography; Atomic Energy of Canada Limited.
- 8.- The use of cobalt 60 for industrial radiography, A. Morrison, National Research Council of Canada, N.R.C. Nº 2010.
- 9.- Nuevos auxiliares de la industria; C. Papadópulos, Energía Industrial, Diciembre de 1958.

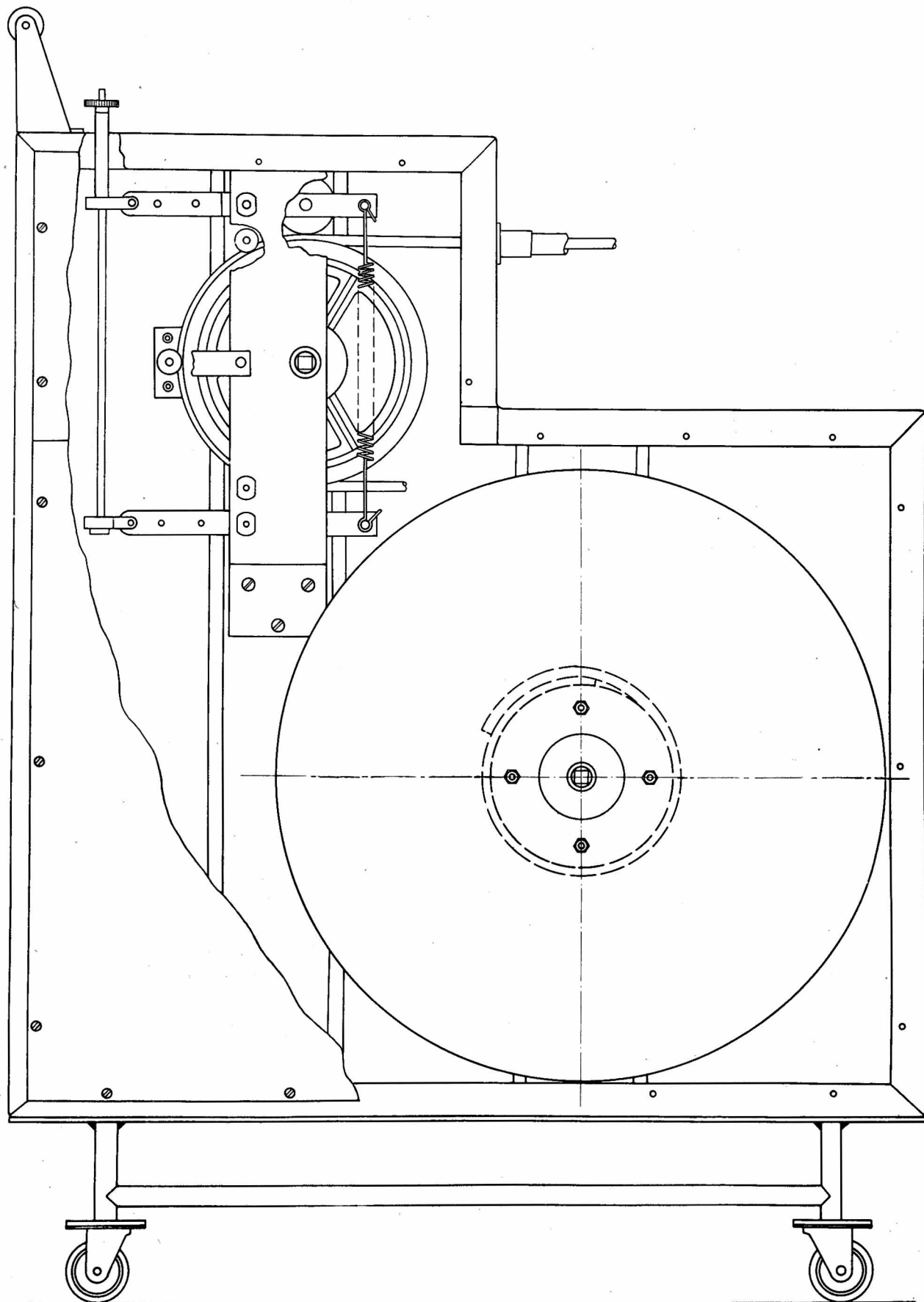
- 10.- Aplicaciones de la gammagrafía industrial; N. Moundiroff, Energía Industrial, Julio-Agosto 1959.
- 11.- Reglamento para el uso de radioisótopos y radiaciones ionizantes; Comisión Nacional de Energía Atómica, RI-1.
- 12.- Instrucciones para la solicitud de permisos de uso de radioisótopos y radiaciones ionizantes; Comisión Nacional de Energía Atómica, RI-2.
- 13.- Manual de protección contra las radiaciones en la industria; Oficina Internacional del Trabajo, Ginebra, 1958.
- 14.- Manipulación sin riesgo de los radioisótopos; Organismo Internacional de Energía Atómica, Viena, 1958.
- 15.- Blindaje para radiación gamma; D. Beninson, H. Etcheverry, H. Mugliaroli y A. Placer, Comisión Nacional de Energía Atómica, RI-22 1.



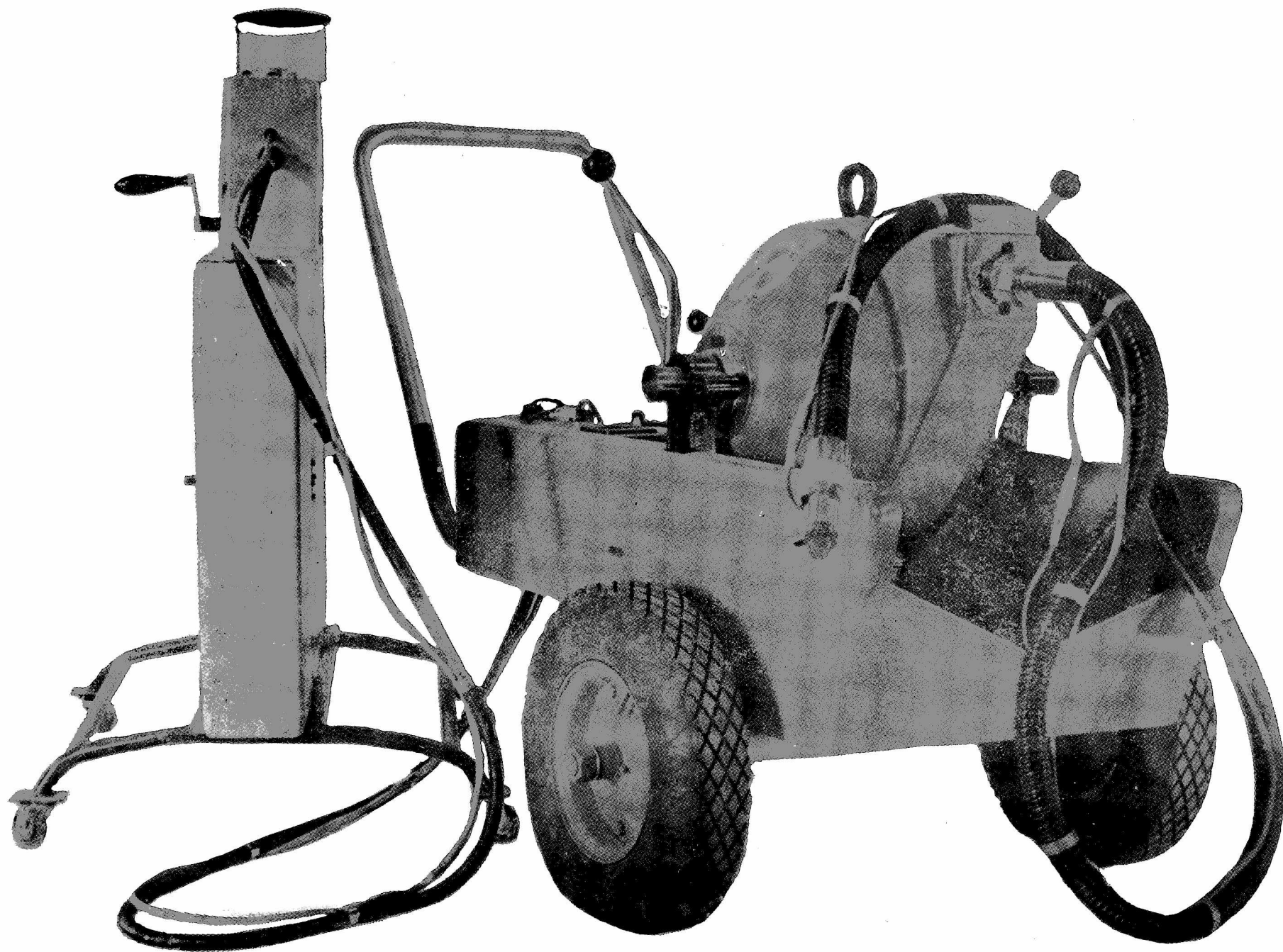
Recipiente de blindaje



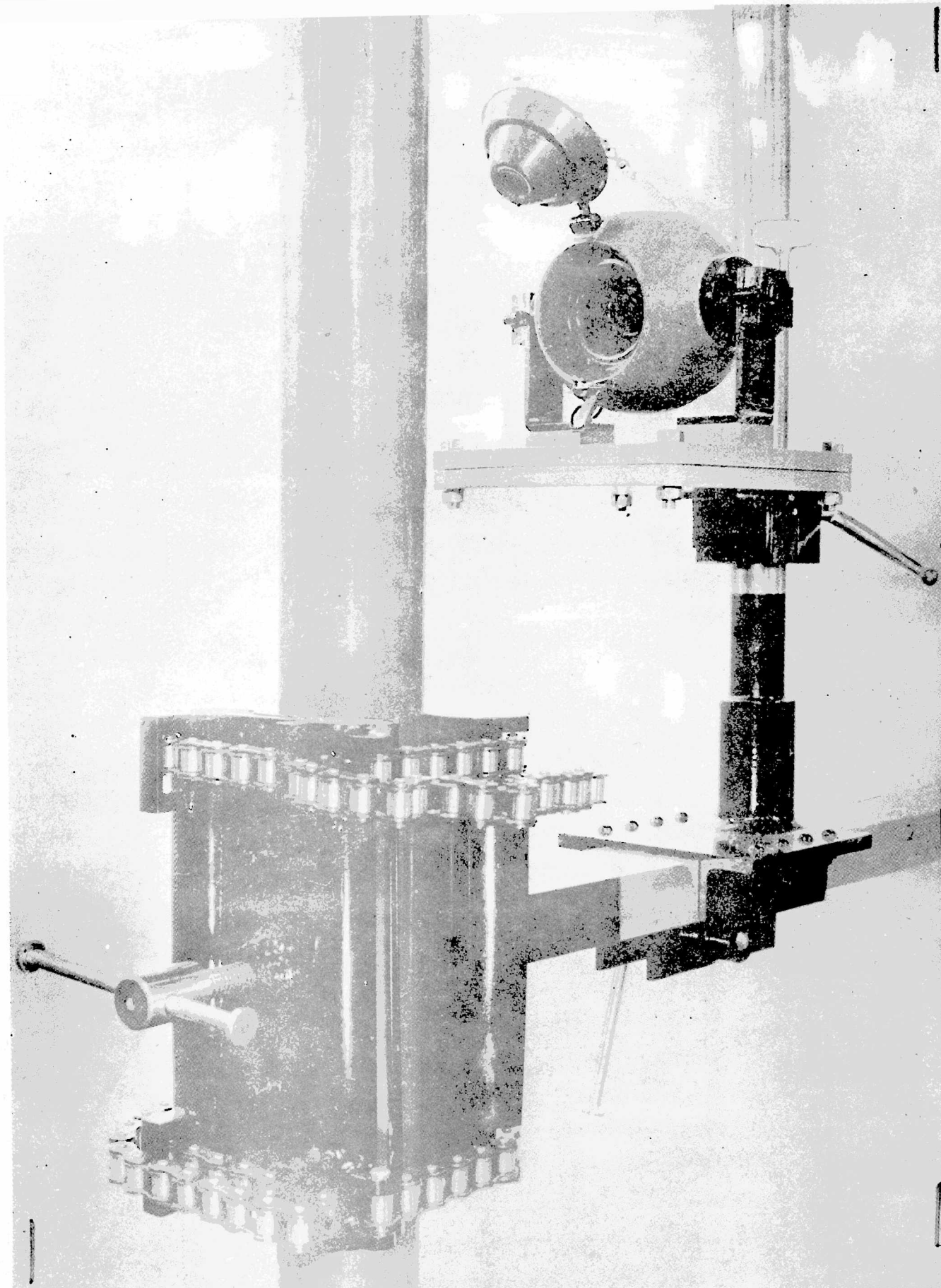
Plataforma de transporte



Mecanismo de comando manual a distancia



EL EQUIPO RI-10000 PARA GAMMAGRAFIA INDUSTRIAL



El equipo RI-1.000 para gammagrafía de soldaduras en
cañerías, construido con carácter experimental