CCM
CONSEJO DE COMPETENCIAS MINERAS

Cuaderno del Instructor

Módulo 3: “Mantención de equipos ionizantes”.

PFMEI-3-04/V.1[PE01-M03/v.1]

Una iniciativa de:

CONSEJO MINERO

Con la asesoría experta de:

Innovum | FCH FUNDACIÓN CHILE

Equipo Consejo Minero

Joaquín Villarino H., Presidente Ejecutivo
Carlos Urenda A., Gerente General
Christian Schnettler R., Gerente del Consejo de Competencias Mineras
José Tomás Morel L., Gerente de Estudios
María Cecilia Valdés V., Gerente de Comunicaciones
Sofía Moreno C., Gerente de Comisiones y Asuntos Internacionales
Claudia Díaz R., Jefe de Proyectos

Equipo Innovum Fundación Chile

Hernán Araneda D., Gerente
Diego Richard M., Director Programa Fuerza Laboral Minera
Rafael Pizarro G., Jefe de Proyecto Empresas
Susana Gallardo S., Especialista de Formación
Eduardo Soto S., Consultor Senior
Ignacio Riffo C., Consultor Senior
Álvaro Aguilar H., Consultor de Proyectos
Carolina Gutiérrez M., Consultor de Proyectos

Consejo Minero
Dirección: Apoquindo 3500, Piso 7, Las Condes, Santiago.
Teléfono: (562) 2347 2200
www.ccm.cl

Propiedad del Consejo de Competencias Mineras (CCM) del Consejo Minero:

Este material es propiedad del Consejo de Competencias Mineras (CCM) del Consejo Minero. Está disponible para instituciones que imparten formación en el ámbito minero en Chile, a las que se autoriza la reproducción total o parcial de los contenidos de este material para fines de formación, citando siempre al Consejo de Competencias Mineras del Consejo Minero y pudiendo incluso adaptarlo para satisfacer los requerimientos de los participantes. Se prohíbe la reproducción o adaptación con fines comerciales.

El uso del género masculino en esta publicación no constituye discriminación; tiene el sólo propósito de aligerar el texto cuando la redacción así lo exige.

TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS, QUEDA AUTORIZADA SU REPRODUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN CITANDO LA FUENTE. © Anglo American Norte S.A., Anglo American Sur S.A., Anglo American Chile Ltda.; Antofagasta Minerals S.A.; BHP Chile Inc.; Compañía Minera Barrick Chile Ltda.; Compañía Minera Cerro Colorado Ltda., Minera Escondida Ltda., Minera Spence S.A.; Compañía Minera Zaldívar Ltda.; Corporación Nacional del Cobre de Chile; Compañía Minera Doña Inés de Collahuasi SCM; Compañía Contractual Minera Candelaria, Sociedad Contractual Minera El Abra; FreeportMcMoran South America Inc.; Glencore Chile S.A.; SCM Minera Lumina Cooper Chile; Sierra Gorda SCM; Teck Resources Chile Ltda.; Yamana Chile Servicios Ltda.; 2013.

Consejo de Competencias Mineras – CCM:

El Consejo de Competencias Mineras (CCM) es una iniciativa de articulación entre las empresas mineras, cuyo fin es proveer información sectorial, estándares y herramientas que permitan al mundo formativo adecuar la formación de técnicos a la demanda del mercado laboral minero, tanto en términos cualitativos como cuantitativos. Con la asesoría experta de Innovum Fundación Chile, este organismo genera, con un enfoque sistémico, insumos para el mundo formativo, dando a conocer qué necesidades de capital humano tiene la minería y transfiriendo buenas prácticas para su formación.

El Consejo de Competencias Mineras – el primero de su naturaleza en el país – opera al alero del Consejo Minero. Fue formado en 2012 y cuenta con 12 empresas socias. A tres años de su creación, el CCM ha desarrollado una serie de productos y sistemas que han marcado un cambio de paradigma en la vinculación del mundo productivo con el de la formación para el trabajo, y han significado un aporte de fondo para el mejoramiento y la valoración de la educación técnico-profesional en el país, con un alcance que trasciende ampliamente a la sola industria minera.
Los Paquetes para Entrenamiento, son uno de estos productos. Se han creado además: Estudios de Fuerza Laboral, El Marco de Cualificaciones para la Minería (MCM), Marco de Calidad de Buenas Prácticas Formativas, Marco de Calidad para Instructores e impulsamos el apoyo sectorial al Sistema de Certificación de Competencias Laborales.

Si bien el Consejo de Competencias Mineras es una entidad privada, sus productos están concebidos como bienes públicos y gratuitos, de valor compartido para todos los estamentos de la sociedad en Chile. Toda la información y los productos generados por el CCM, además de un breve video explicativo, están disponibles en el sitio web: www.ccm.cl

El desafío que ahora enfrenta el CCM es que, tanto el mundo formativo como el minero, incorporen los estándares generados a sus procesos de negocio y a su quehacer diario. Esto generará una fuerza laboral más productiva y, por ende, mayor competitividad del país en el contexto internacional.

Contribución del CCM

Para trabajadores actuales y personas interesadas en trabajar en la minería:

- Mejor empleabilidad.
- Aprendizaje adecuado a los requerimientos del mercado.
- Acceso no sólo a un oficio, sino a rutas de formación y aprendizaje.

Para el sector minero:

- Mitigación de la escasez de personal, anticipándose al problema de manera coordinada y con visión de futuro.
- Mejora de productividad, al contar con más trabajadores preparados para los requerimientos de la industria, tanto propios como de proveedores.
- Mayor competitividad de esta industria, que repercute positivamente también en la competitividad del país.

Para las instituciones educacionales:

- Mejor empleabilidad de sus egresados.
- Mejor información proyectada a 8 a 10 años, para potenciar programas formativos en los oficios para los cuales se anticipa una mayor brecha de capital humano.
- Oportunidad para el reconocimiento de la industria respecto a su calidad formativa.

Para la comunidad y el país:

- Asignación más eficiente de fondos públicos de educación y capacitación, al tener identificados programas adecuados para satisfacer requerimientos del mercado.
- Disminución de la presión que se ejerce sobre otros sectores productivos por la demanda de trabajadores, al aumentar la cantidad de personas calificadas para la minería.

Índice

Descripción del documento 7

Módulo III: Mantención de equipos ionizantes 8

1. Densímetro nuclear 9

1.1 El Contador Geiger 9

1.2 Dosimetría personal.....10

1.3 Calibración del densímetro nuclear 28

1.4 Tipos de detectores 30

2. Riesgo a la exposición de energía ionizante 39

2.1 Elementos de Protección Personal (EPP) para Radiaciones Ionizantes. 39

2.2 Riesgos a exposición de energía radiante asociados a la función. 40

2.3 Interacción con el organismo. Efectos biológicos 43

2.4 Irradiación y contaminación radiactiva. Exposición 44

3. Aislación de fuentes de radiación ionizante 47

3.1 Marco legal, Ministerio de salud y CCHEN (Comisión Chilena de Energía Nuclear). 47

3.2 Procedimiento específico de revisión y calibración de equipos radioactivos .54

3.2 Procedimiento específico de mantención de equipo con fuente de radiación ionizante 58

3.3 Procedimiento de calibración de fuentes radiactivas 59

3.4 Procedimientos de montaje y/o desmontaje de equipo con fuente de radiación ionizante 68

Actividad N°9 95

Descripción del documento

El Cuaderno del instructor contiene la totalidad de los contenidos a utilizar por el instructor para el desarrollo del programa de formación de **Mantenedor Instrumentista.**

El documento está dividido en módulos, los cuales están organizados en secciones de temas y contenidos específicos.

El instructor, podrá, además, sugerir actividades como las que se listan a continuación:

- Charlas y/o reflexiones de seguridad.
- Discusiones o foros de debate.
- Reforzamientos.
- Actividades en terreno.
- Preparación para la evaluación final

Específicamente para las actividades relacionadas a tecnologías de comunicación audiovisual se entregarán links a modo referencial, sin embargo el instructor tendrá la libertad de utilizar los recursos que estime conveniente a fin de lograr los requerimientos de la actividad.

Todo el material es susceptible de ser mejorado, adaptado o modificado en función de las características del grupo con el que se trabaje. Por ello se ha diseñado desde un enfoque flexible, que permite al instructor agregar recursos que enriquezcan algún contenido o posibilitar el aporte de los participantes, cuidando siempre de lograr los aprendizajes esperados de cada módulo.

Respecto a las evaluaciones se sugiere que éstas sean elaboradas por el instructor de acuerdo a los siguientes lineamientos

La evaluación de los módulos y sus contenidos debe estar compuesta por a lo menos 10 preguntas, las cuales deben ser extraídas del documento de evaluación de proceso".

Cada pregunta será evaluada con puntajes entre 0 y 10.La escala de calificación será de 0 a 100%. Considerando el 0% cuando el participante no tiene respuestas correctas y el 100% cuando posee la totalidad de respuestas buenas.

La nota de aprobación de las evaluaciones de los distintos módulos corresponderá a un 75%.

Módulo III: Mantención de equipos ionizantes

1. Densímetro nuclear

1.1 El Contador Geiger

Un contador Geiger es un instrumento que permite medir la radiactividad de un objeto o lugar. Es un detector de partículas y de radiaciones ionizantes.

Figura 1

Contadores Geiger

Descripción

Está formado, normalmente, por un tubo con un fino hilo metálico a lo largo de su centro. El espacio entre ellos está aislado y relleno de un gas, y con el hilo a unos 1000 voltios relativos con el tubo.

Un ion o electrón penetra en el tubo (o se desprende un electrón de la pared por los rayos X o gamma) desprende electrones de los átomos del gas y que, debido al voltaje positivo del hilo central, son atraídos hacia el hilo. Al hacer esto gana energía, colisionan con los átomos y liberan más electrones, hasta que el proceso se convierte en una avalancha que produce un pulso de corriente detectable. Relleno de un gas adecuado, el flujo de electricidad se para por sí mismo o incluso el circuito eléctrico puede ayudar a pararlo.

Al instrumento se le llama un "contador" debido a que cada partícula que pasa por él produce un pulso idéntico, permitiendo contar las partículas (normalmente de forma electrónica) pero sin decirnos nada sobre su identidad o su energía (excepto que deberán tener energía suficiente para penetrar las paredes del contador). Los contadores de Van Allen estaban hechos de un metal fino con conexiones aisladas en sus extremos.

Historia

Contador Geiger. Modelo soviético DP-5V.

El primer dispositivo llamado "contador Geiger", que sólo detectaba partículas alfa, fue inventado por el físico alemán Hans Geiger y su colega neozelandés Sir Ernest Rutherford en 1908. En 1928 el propio Geiger mejoró el dispositivo con la ayuda del entonces estudiante Walther Müller, de forma que era capaz de detectar mayor número de radiaciones ionizantes.

La versión actual del contador fue desarrollada por el físico Sidney H. Liebson en 1947. Este dispositivo tiene una duración mayor que los dispositivos originales de Geiger y precisa de un voltaje inferior.

Nota: la información de contador Geiger fue tomada de:

http://es.wikipedia.org/wiki/Contador_Geiger.

1.2 Dosimetría personal

Cuando el caso particular que nos interesa es el resultado obtenido cuando las interacciones de las radiaciones ionizantes se producen sobre las células y tejidos humanos. Los efectos biológicos observados tienen una dependencia fundamental de la cantidad de dosis recibidas, debiéndose por lo tanto buscar métodos para la determinación de las mismas.

El dosímetro personal trata de resolver ese problema con un inconveniente grave. Es muy difícil crear un símil físico que en todos los aspectos iguale al comportamiento de un organismo vivo.

El método ideal sería observar los efectos biológicos (corno respuesta biológica a las radiaciones ionizantes) sobre medio irradiado, pero he aquí las dificultades con las cuales se tropieza en el “monitoreo biológico”.

a) Sensibilidad inadecuada

Los niveles en los cuales se observa la mayoría de las respuestas son demasiado elevados comparados con los niveles recomendados por las normas de protección.

b) variación de la respuesta

La misma dosis en distintos individuos produce efectos diferentes. Es decir, los resultados pueden variar de una persona a otra aún con la misma dosis.

c) falta de especificación

Las respuestas observadas pueden ser producidas por causas ajenas a las radiaciones.

Requerimientos básicos para un servicio de dosimetría personal

Para que un servicio de dosimetría personal sea eficaz deberán cumplirse ciertas normas desde el punto de vista técnico, administrativo y legal.

Requerimientos técnicos: Respuesta a las radiaciones

El dosímetro utilizado deberá responder sólo a la radiación deseada a detectar y no a otros factores como por ejemplo: temperatura, humedad, presión, etcétera.

La mayoría de los detectores utilizados de alguna manera depende de estos factores no deseables y deberán por lo tanto ser protegidos de los mismos. Tampoco puede producirse pérdida de la información hasta el proceso de lectura.

Rangos de lectura

Deberán cubrir desde pocos rem (caso de uso normal) hasta miles de rem (caso de accidentes).

El valor mínimo que debe registrar el dosímetro dependerá de la frecuencia del cambio del mismo, mientras que el límite superior se fija en función de las dosis que podrían eventualmente recibirse en el caso de accidente.

Exactitud

Para el caso de monitoreo periódico de los usuarios el I.C.R.P. recomienda una exactitud del 50 % teniendo en cuenta la dosis anual de todo el cuerpo. por ejemplo: para una dosis de 2.000 mRem, un error de 1.000 mRem anual es aceptable,

teniendo en cuenta la dependencia de energía, ángulo de incidencia, errores cometidos en la calibración. Etcétera.

En caso de accidentes donde las dosis pueden superar los 25 rems se admite un error de 25 %.

Requerimientos administrativos

El dosímetro debe ser de fácil identificación tanto para el usuario como para la codificación en el procesado.

Peso y tamaño

Esos dos factores dependen del uso que se les propone dar. En el caso de usarse en la muñeca no deberá molestar. Al ser llevado sobre el tronco deberá ser del peso y tamaño de los objetos que se llevan normalmente, por ejemplo: en el saco (lapiceras fuente, etc.).

Proceso de la lectura

El mismo deberá ser fácil y rápido. La lectura deberá ser sencilla y corta. En el caso de accidentes es deseable obtener la información lo más rápido posible.

Requerimientos legales

Como prueba médico-legal el dosímetro deberá satisfacer las necesidades de proveer una información permanente para ser consultada y comprobada aún mucho tiempo después de ser efectuada la lectura.

Distintos tipos de dosímetros personales usados en el monitoreo personal

- Película fotográfica.
- Ionizadores gaseosos.
- Radio fotoluminiscencia.
- Termo fotoluminiscencia.

Dosimetría de película

El método más difundido en el monitoreo personal es la película radiográfica, utilizado tanto para las radiaciones X y gamma como para partículas β (beta) y neutrones térmicos. El oscurecimiento de una placa fotográfica debido a la acción de las radiaciones fue uno de los primeros métodos empleados para detectar los rayos X. Hoy en día es el único reconocido en algunos países como prueba médico-legal de la exposición a las radiaciones. Ya que es guardada durante largo tiempo conserva la información.

Este tipo de dosímetro consta esencialmente as una película radiosensible y de un chasis que la contiene. La película tiene un elevado contenido de bromuro de plata, sus granos son prácticamente esféricos y. en consecuencial, la pérdida de energía de las radiaciones ionizantes dentro de la emulsión es relativamente isotrópica.

La película tiene dos emulsiones de diferentes sensibilidades, para lograr un amplio margen de medición de dosis absorbida.

La de amplia sensibilidad (baja dosis) cubre un rango aproximado desde 10 mR hasta 400 mR y la de baja sensibilidad (alta dosis) cubre desde 400 mR hasta 10.000 mR.

Los chasis están provistos de filtros metálicos que cubren parte de la película y que se colocan simétricamente en la parte anterior y posterior del mismo. También tiene una ventana sin filtro (ventana abierta). En la figura se observa un chasis abierto.

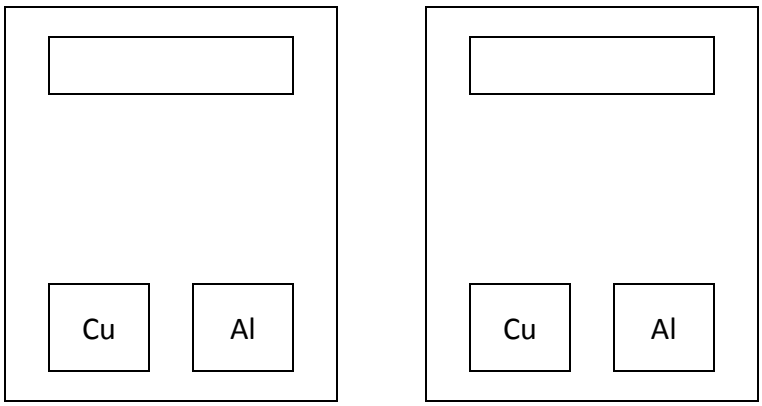


Figura 2

Chasis de dosímetros tipo película

Cuando la radiación atraviesa la emulsión se liberan electrones que forman una «imagen latente», la que hace que se reduzcan los cristales de plata en el proceso de revelado. Una vez revelado el film, la zona que ha sido expuesta a radiaciones aparecerá más oscura.

El velado del film está relacionado con la exposición a la cual estuvo sometido. Este velado se expresa cuantitativamente por la densidad óptica (D) definida por:

$$D = \log \frac{I_0}{I}$$

Siendo *Io* la intensidad de un haz luminoso cualquiera incidente sobre el film e *I* la intensidad del haz emergente del mismo.

Las densidades ópticas son medidas con densitómetros, que consisten en una fuente luminosa, una fotocélula y un circuito medidor de comente.

Calibración de la película: la sensibilidad de una película fotográfica a las radiaciones ionizantes no es constante y depende marcadamente de la energía que llevan los fotones.

A continuación se puede ver una curva típica de sensibilidad relativa en función de energía fotónica.

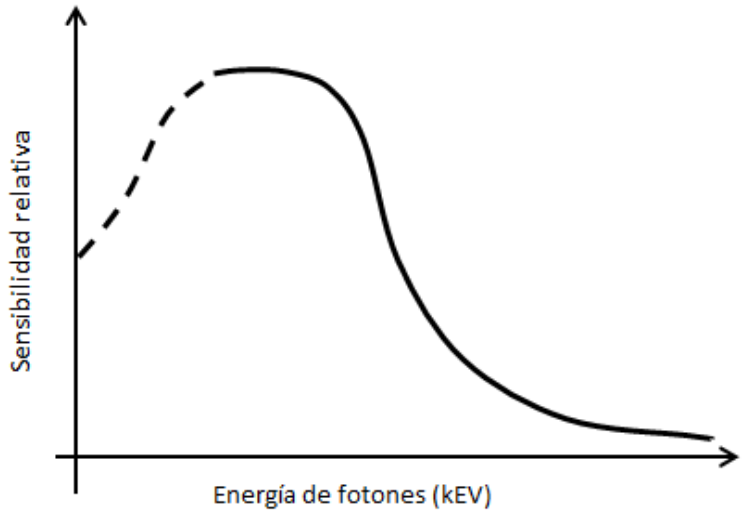


Figura 3

Curva típica de sensibilidad relativa

Esto quiere decir que a igualdad del número de fotones para una energía mayor, la película queda menos expuesta. Fotones energéticos no entregan toda su energía a la emulsión.

Para utilizar la película fotográfica como instrumento dosimétrico individual es preciso establecer una relac1ón cuantitativa entre el efecto fotográfico y la irradiación. Para ello es necesario calibrar la película. Esto se logra exponiendo los dosímetros a dosis de exposición conocidas con equipos de rayos X a distintos kilovoltajes, utilizando fantomas para medir las dosis en las mismas condiciones en que las recibiría una persona.

Luego se grafican las dosis de exposición en función de la densidad óptica para distintos filtros, por ejemplo: para ventana abierta y para aluminio o cobre obteniéndose curvas como las indicadas en la figura

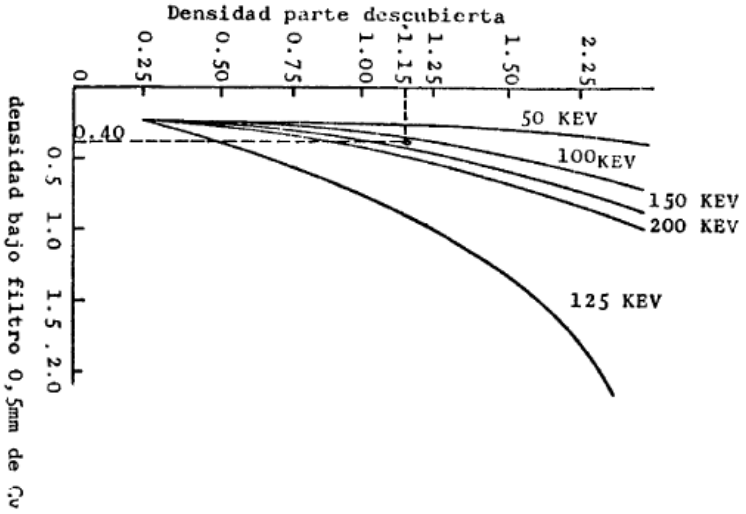


Figura 4

Dosis de exposición en función de la densidad óptica para distintos filtros

Para una película expuesta se leen las densidades en descubierto y debajo del filtro del cobre y con estos datos se determina la energía promedio a la que fue expuesto el dosímetro. De esta manera, conociendo la sensibilidad de la película (ya que está en función de la energía), es posible determinar la dosis.

Lectura de la dosis: Cuando se quiere determinar la dosis a que ha sido expuesto el personal que trabaja en rayos X se le suministra el dosímetro de película, el que debe colocarse en la zona que se estima recibirá mayor dosis de exposición; luego de un período de uso (normalmente 1 a 2 meses) se procesa el film y se procede a evaluar la dosis de la siguiente forma:

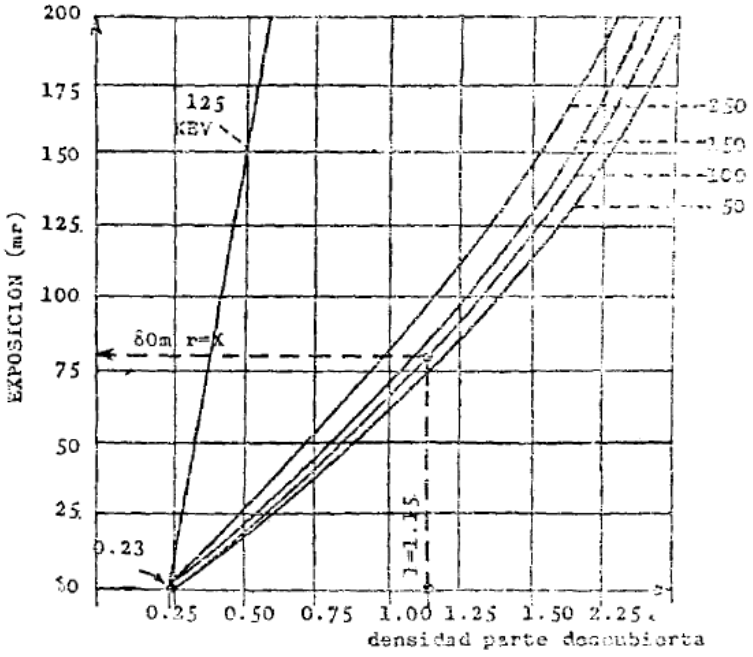


Figura 5

Energía aparente de la radiación

a) Se estima la energía aparente de la radiación entrando en la figura arriba con las densidades ópticas leídas en la zona del film correspondiente al filtro y a la ventana abierta.

b) Con este valor de la energía (en KeV), se entra en el gráfico 8 con la densidad óptica leída con ventana abierta y se obtiene la dosis a que ha sido expuesta la persona.

El revelado de los films de calibración y los usados como monitores se hace simultáneamente, para que las condiciones de temperatura del baño, agitación y tiempo revelado sean las mismas.

Ventajas y desventajas de dosimetría por película

Frente a los demás sistemas que veremos más adelante la dosimetría por película presenta algunas ventajas y también desventajas.

Entre las ventajas: conservación de la información una vez procesada la película y su bajo costo.

Entre las desventajas simplemente numeramos su dependencia de la energía, dependencia de la incidencia angular, dependencia de la temperatura y humedad y la necesidad de un proceso un poco largo para la determinación de dosis.

El dosímetro de película para vigilancia radiológica individual es el que más se utiliza en la actualidad. Este método exige cierta cantidad de aparatos para calibración dosimétrica de las películas y además se debe contar con personal técnico capacitado. El éxito de su aplicación depende en gran medida de que los usuarios cumplan con todas las instrucciones de uso.

Como la densidad óptica no se altera cuando la película se guarda largo tiempo. Este método puede ser utilizado como prueba médico-legal de la exposición a las radiaciones.

En cambio en los dosímetros de bolsillo tipo cámara de ionización, al recargarlos desaparece la indicación de la dosis no pudiendo quedar documentada.

Normas para la utilización del servicio de dosimetría personal (extracto Reglamento número 133).

Artículo 18.- No obstante lo dispuestos en el artículo precedente, podrán optar a esta autorización aquellas personas que acrediten fehacientemente, haberse desempeñado en tales actividades por un período de a lo menos tres años. Para estos efectos, los Servicios de Salud, cuando lo estimen conveniente, podrán exigir que el solicitante rinda un examen acerca de materias de protección radiológica.

Asimismo, se exigirá a los interesados la presentación de su historial dosimétrico, o en su defecto, el examen médico correspondiente.

Las dosis acumuladas por cada uno de los dosímetros asignados al personal de una instalación de rayos son comunicadas a responsables de dicha instalación. También se comunica a cada usuario la dosis recibida en cada periodo median te una cartilla individual.

El responsable de cada instalación de rayos debe llevar centralizado un registro en el que asienta la dosis recibida por su personal.

A continuación se adjuntan las curvas características de la película AgfaGevaert (Personal Film Monitortng).

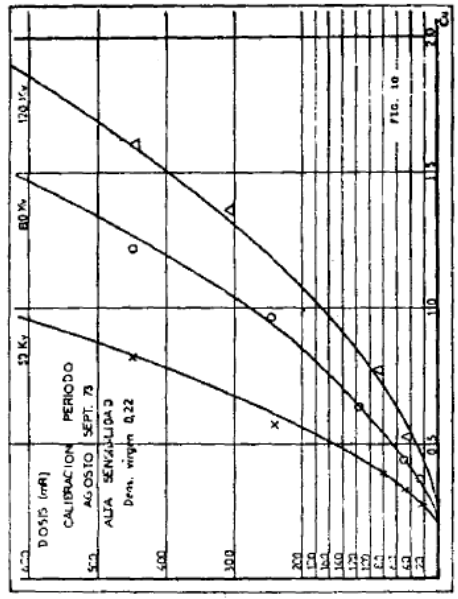


Figura a)

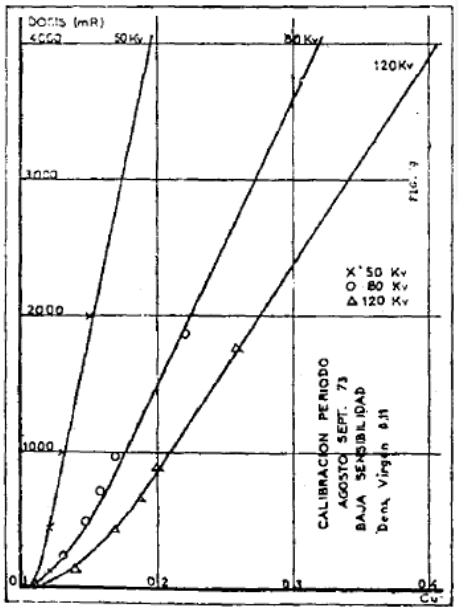


Figura b)

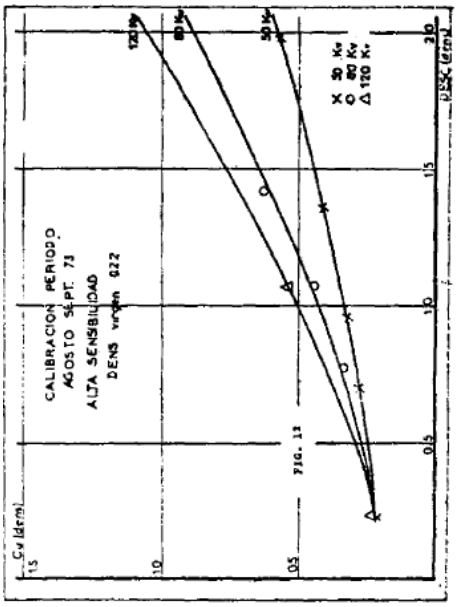


Figura c)

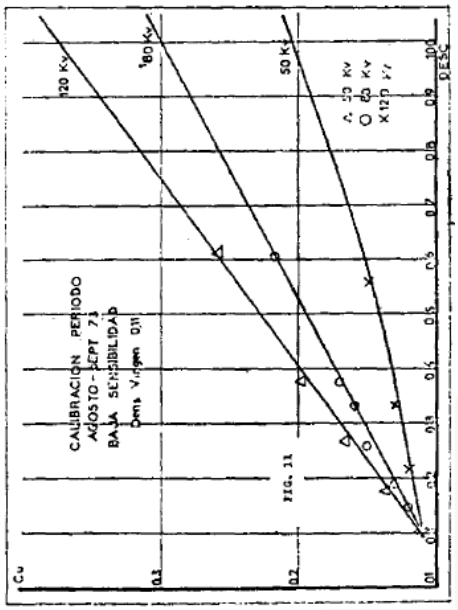


Figura d)

Figura 6

Curvas características de la película AgfaGevaert

Dosimetría de neutrones

Por película fotográfica

Principios básicos.

Mientras los fotones y las partículas alfa y beta producen un efecto directo sobre la emulsión fotográfica no sucede lo mismo con los neutrones.

Ellos ionizan y producen partículas secundarias de colisiones electrónicas, las que son detectadas por la película.

Cada impacto con la emulsión deberá detectarse individualmente con un microscópico (por lo tanto no pueden utilizarse las técnicas descriptas anteriormente)

El método consiste en el conteo de las trazas producidas por los neutrones en la emulsión fotográfica.

Dosímetros personales tipo mini cámara

Lapicera dosimétrica

Este dosímetro es una cámara que contiene dos electrodos, uno de los cuáles es un lazo de fibra de cuarzo que puede moverse con respecto a su montura. Las cargas de igual signo se ubican en el lazo y su engaste, forzándolo a salirse de su montura por efecto de la repulsión de las cargas semejantes. La ionización que se lleva a cabo dentro de la cámara, reduce las cargas permitiendo el desplazamiento de la fibra a su posición normal.

En el interior del instrumento existen un sistema óptico y una escala transparente. La forma y tamaño del dosímetro nos recuerda el de una pluma-fuente grande. La fibra está fundida a un bastidor metálico y el microscopio está enfocando una sección de ella. Cuando ingresa la radiación a la cámara se producen ionizaciones dentro del volumen sensible. Esta ionización descarga el electroscopio siendo la distancia recorrida por la fibra proporcional a la dosis recibida de tal manera que puedan resistir cualquier actividad desarrollada en el trabajo por la persona que lo utiliza, y es lo suficientemente pequeño como para emplearse con toda comodidad y ser a la vez útil en la medición de las dosis integradas. Estos dosímetros cuentan con escala, con una deflexión total que corresponde a 200 mR pudiéndose construir también en sensibilidades de 100 mR. 1 R, 10 R. etc. La ventaja más importante de esta clase de instrumentos se halla en su lectura que puede hacerse en cualquier momento y sin ayuda de otros aparatos. Para ello sólo es necesaria una fuente de luz y mirar a través del ocular (ver Figura 7).

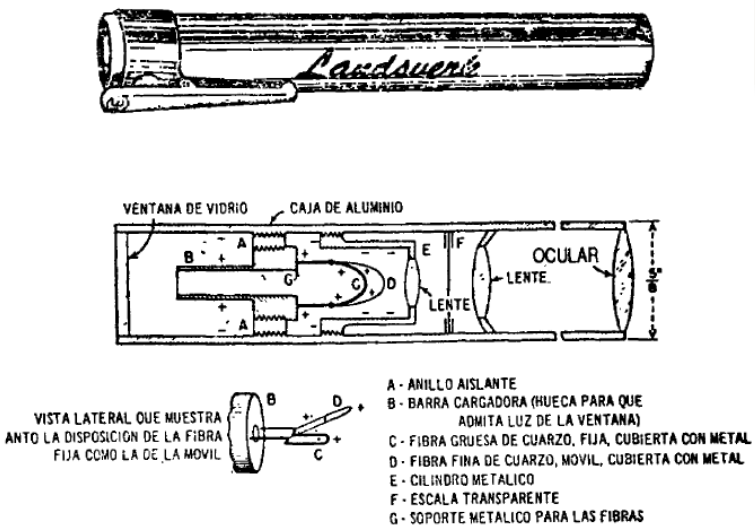


Figura 7

Dosímetro personal tipo cámara

Dosimetría radiofoto luminiscente (R.P.L.)

Tanto este método como el T.L.D. han revolucionado la técnica de dosimetría personal por la gran cantidad de ventajas que presentan.

Principios básicos

El término radiofoto luminiscente (Radio Photoluminiscense RP.L.) define la propiedad de ciertos materiales que normalmente no emiten luz fluorescente, pero al ser irradiados y luego expuestos a luz ultravioleta (U. V.) comienzan a emitir luz color naranja que es proporcional a la radiación recibida.

Los compuestos más comunes de R.P.L. utilizados son los fosfatos de plata y litio (PO_4Ag_2, PO_4Li_2)

Principios físicos

El compuesto R. P. L. actúa como un medio de transformación de dosis de radiación a la energía luminosa. Al recibir este la dosis de radiación se crean centros estables fluorescentes. Posteriormente excitados con luz U.V. esos centros emiten luz de color

naranja, lo que comúnmente se denomina Radiofotoluminiscencia. Como la luz fluorescente emitida es proporcional a la dosis, el instrumento mide directamente la dosis.

Ventajas del dosímetro R.P.L. frente a otros tipos de dosímetros vistos anteriormente.

- El rango de medición es muy amplio. desde decenas de mRem hasta 10 Rem.
- Respuesta lineal aun con dosis elevada.
- Relativa independencia de la energía. La dependencia hasta 100 Kv puede ser corregida mediante “estuches” especiales.
- La información no se pierde con el tiempo {menor de 1% en 3 meses).
- Gran variedad de forma y tamaño para todo tipo de dosímetros.
- Reúso hasta 100 veces aproximadamente, sin necesidad de cambiarlo.
- Las mediciones podrán repetirse cuantas veces se quiera sin destruir la información.

Si se lee un dosímetro R. P.L. sin ser expuesto previamente a las radiaciones se obtendrá una lectura correspondiente a lo que se llama Pre-dosis y que deberá ser descontada de las lecturas de dosímetros expuestos.

El borrado o puesta a cero se produce mediante un recocido a temperaturas de 400°C.

Para poder efectuar la lectura la pastilla deberá estar lavada previamente.

Sistema simplificado de lectura por R.P.L. (figura 8)

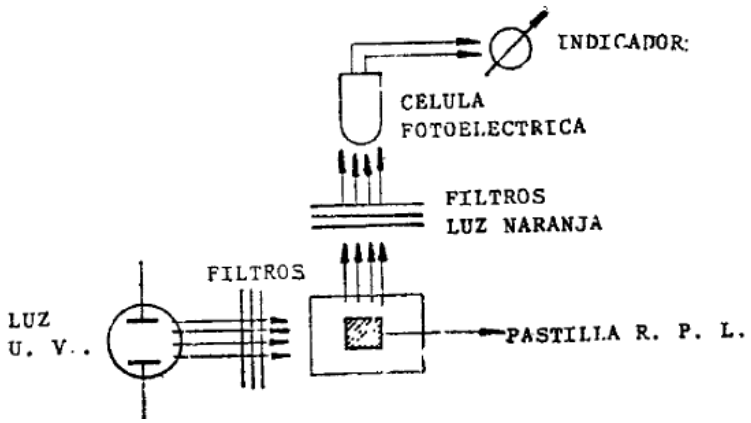


Figura 8

Sistema simplificado de lectura por R.P.L

Medición de densidad

Los densímetros son uno de los instrumentos más utilizados en la industria de procesos, especialmente en los procesos mineros.

Existen diversos métodos para medir en tiempo real la densidad de cualquier tipo de compuestos, y uno de los métodos más usados en la minería es el de radiación, es decir del famoso densímetro nuclear.

Como cualquier instrumento necesita ser instalado, ajustado y calibrado, y en resumen ser mantenido; eso sí que existe una dificultad, la reglamentación y las normativas están dadas por organismos especiales (en Chile es la CCHEN o Comisión Chilena de Energía Nuclear), pero el organismo encargado de otorgar las autorizaciones corresponde es el Servicio de Salud (Ver Reglamento número 133 del 23 Agosto de 1984). Esta última entidad es quien otorga las licencias, previamente Haber aprobado el curso de protección radiológica, dictado por la Comisión Chilena de Energía Nuclear, los Servicios de Salud, el Instituto de Salud Pública de Chile, u otros organismos autorizados por el Ministerio de Salud, o haber convalidado estudios realizados al efecto, ante los Servicios de Salud (art. 17.b, del reg. 133 de 1884).

Este tópico trata la mantención de los densímetros nucleares, por lo que, dada su función, se verá de forma rápida un poco de teoría al respecto de sus principios de funcionamiento.

Definición

La densidad o masa específica de un cuerpo se define como su masa por unidad de volumen, expresándose normalmente en g/cm^3 o kg/m^3. Como la densidad varía con la temperatura y en el caso de los gases con la presión, se especifica para un valor base de la temperatura que en los líquidos suele ser de 0 °C o de 15 °C y en los gases de 0 °C y para un valor estándar de la presión que en los gases es de 1 atmósfera.

Densidad relativa

La densidad relativa es la relación para iguales volúmenes de las masas del cuerpo y del agua a 4 °C en el caso de líquidos, y en los gases la relación entre la masa del cuerpo y la del aire en condiciones normales de presión y de temperatura (0 °C y 1 atmósfera).

La densidad relativa no tiene dimensiones. Además hay que señalar que, siendo la densidad del agua a 4 °C de 1 g/cm^3, los valores numéricos de la densidad relativa de un líquido coinciden con los de la densidad.

Peso específico o gravedad específica

El peso específico es el peso del fluido por unidad de volumen. Por lo tanto, entre el peso específico y la densidad existirá la relación:

$$Peso\ específico = densidad\ \cdot g$$

Siendo *g* la aceleración debido a la gravedad. Si el peso específico y la densidad se refieren al agua en el caso de líquidos o al aire en el caso de los gases (densidad relativa), como g tiene el mismo valor en el lugar en donde se efectúa la medición, resultará que el peso específico relativo será igual a la densidad relativa. Por esto en el lenguaje común suelen tomarse como sinónimos:

$$Peso\ específico = densidad\ \cdot g$$

$$Peso\ específico\ agua = densidad\ agua\ \cdot g$$

Otras unidades de medida de densidad son las siguientes:

$$Grados\ API = \frac{141{,}5}{densidad\ relativa\ a\ 15\ °C} - 131{,}5°C$$

Y están normalizados por el *American Petroleum Institute (API),* para productos petrolíferos.

Grados Baumé empleados para ácidos, jarabes, etc., que equivalen a:

$°Bé = \frac{140}{densidad\ relativa\ a\ 15\ °C} - 130°C$, para líquidos más ligeros que el agua;

$°Bé = 145 - \frac{145}{densidad\ relativa\ a\ 15\ °C}$, para líquidos más pesados que el agua

Grados Brix empleados casi exclusivamente en la industria azucarera.

Representan el tanto por ciento en peso de azúcar en solución a 17,5 ˚C.

En los procesos industriales la densidad es una variable cuya medida es a veces vital. Tal es el caso de la determinación de la concentración de algunos productos químicos como el ácido sulfúrico, la medida exacta del caudal en gases o vapores que viene influida por la densidad, la medida de la densidad en un producto final que garantiza las cantidades de los ingredientes que intervienen en la mezcla, etc.

Aparatos de medida de densidad

Método de medida de radiación

El método de radiación, se basa en la determinación del grado con que el líquido absorbe la radiación procedente de una fuente de rayos gamma. La cantidad de energía absorbida por el material, es directamente proporcional a la masa del material. Como es sabido ***la masa es igual a la densidad x volumen***, si el líquido es confinado en un espacio de volumen conocido, entonces la masa del material cambia solo debido al cambio de densidad. La radiación residual es medida con un contador de centelleo que suministra pulsos de tensión, cuya frecuencia es inversamente proporcional a la densidad.

La intensidad de la radiación residual captada a través del fluido es:

$$I = \vec{I_0}\, X\, \vec{r} - u' \cdot r \cdot L$$

En la que:

I_0= radiación de la fuente.

u´ = coeficiente de atenuación del fluido.

r = densidad del fluido.

L = longitud de la radiación.

La fuente de radiación utilizada industrialmente, es principalmente el cesio 137 de vida media 30 años, también, se emplea en casos especiales el americio 241 de vida media 458 años.

Como el coeficiente de atenuación del fluido *u´* permanece constante para todos los elementos de peso atómico comprendido entre 2 y 30, y la longitud de la radiación es constante, se concluye, que la intensidad de radiación residual es directamente proporcional a la densidad del fluido.

Físicamente, el instrumento consiste en una tubería o en un tanque a través del cual pasa el líquido, con la fuente blindada dispuesta en la parte exterior de la tubería o del tanque y con el receptor de la radiación instalado en la parte opuesta. Las conexiones eléctricas del receptor van a un registrador o controlador situado en el panel de control.

El instrumento dispone de compensación de temperatura, línealización de la señal de salida, y reajuste de la pérdida de actividad de la fuente de radiación, En extremo, a tener en cuenta para conservar la misma precisión de la puesta en marcha. Como desventajas de su aplicación, figuran el blindaje de la fuente y el cumplimiento de las leyes sobre protección de radiación.

La precisión de la medida es de ± 0,5 a ± 2% y el instrumento puede emplearse para todo tipo de líquidos ya que no está en contacto con el proceso. Su lectura viene influida por el aire o por los gases disueltos en el líquido.

Descripción del densímetro nuclear

Se describirá el densímetro nuclear, por ser el más comúnmente utilizado en la actualidad.

Este instrumento Usa el principio de medida radiométrica, el sistema consiste de una fuente fija con un pequeño radioisótopo (Cs-137 o Co-60), un detector de centelleo, accesorios de instalación y una unidad microprocesadora, ver Figura 9.

La energía emitida por una pequeña fuente es atenuada cuando pasa a través del material de proceso. Manteniendo la distancia de medida constante, la atenuación de la energía es proporcional a los cambios de densidad.

El detector de centelleo, el que incorpora un cristal de centelleo de estado sólido, mide esta energía y entrega una señal libre de variaciones a la unidad microprocesadora.

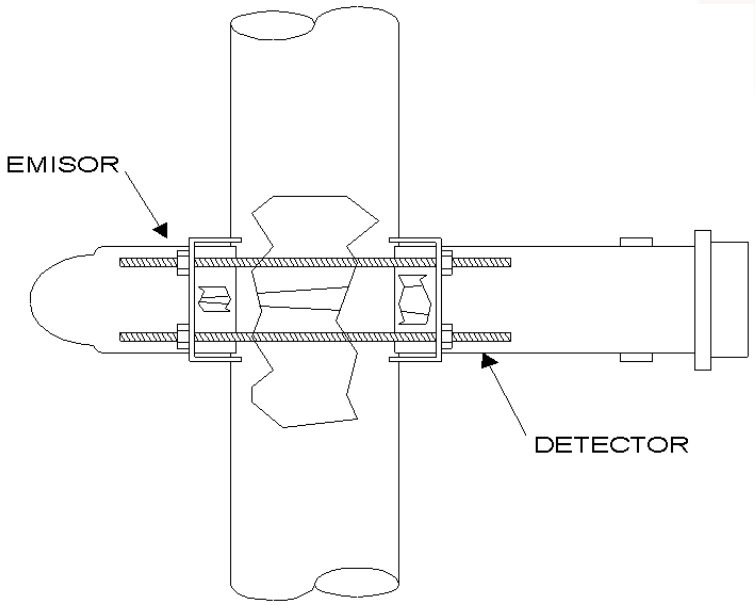


Figura 9

Densímetro Nuclear.

El emisor es montado en un lado de la tubería o tanque, y el detector es montado en el lado opuesto. Un focalizado haz de radiación es transmitido desde la fuente, el que pasa a través de la tubería y el material de proceso hasta llegar al receptor. Debido a que la densidad del material en la tubería cambia, la cantidad de radiación que alcanza al detector, también cambia. Para una mayor densidad del material, es menor la cantidad de radiación que recibe el receptor, y cuando la densidad del material es menor, la radiación es mayor.

Cuando la radiación golpea el cristal de centelleo, son emitidos pulsos de luz, los que son detectados por un tubo fotomultiplicador. Esta cantidad de luz es proporcional a la cantidad de radiación que golpea el detector. El tubo fotomultiplicador crea una señal que es proporcional a la cantidad de luz recibida la que es enviada a la unida electrónica la que convierte la señal en 4 – 20 mA u otra señal de proceso útil (RS 232/RS 422).

Un medidor nuclear de densidad puede medir: densidad, gravedad específica o porcentaje sólido de material fluyendo en una tubería con una exactitud de ± 1%, debido a que la absorción de energía electromagnética es una directa medida de la densidad.

Las ventajas del medidor nuclear son:

Medición sin contacto, y en línea no siendo necesaria una toma de muestra para el análisis de densidad

Partes no móviles, permitiendo mayor confiabilidad y menor costo de mantención.

Instalación simple, no se requiere hacer modificaciones en la línea, reduciendo de esta manera los costos de instalación.

Fácil calibración, ya que en muchas aplicaciones la medida de densidad es calibrada haciendo pasar líquidos, cuya gravedad específica es conocida.

Las complicaciones que pueden ocurrir al utilizar densímetro nuclear son:

Entrada De Aire

Si aire o gas entran en el líquido, su absorción predecible es pobre. Un medidor nuclear no puede realizar una medida exacta, si entra aire o gas en el líquido. Afortunadamente, en muchos procesos el aire no está presente o bien puede ser eliminado por uno de los siguientes métodos:

Instalar el densímetro en el lado de la descarga de la bomba.

Ventilar el sistema y usar drenajes de aire en la parte superior de la tubería.

Diseñar el sistema para una presión positiva en donde se ubica el densímetro.

Instalar el medidor en la sección vertical de la tubería con el líquido fluyendo en lo posible hacia arriba.

Entrada De Sólidos

Sólidos suspendidos en el líquido afectarán la lectura. Afortunadamente y de manera similar al aire, los sólidos casi nunca están dentro del proceso por accidente. En efecto la absorción de los sólidos puede ser usada como una ventaja en donde los sólidos están siendo medidos en un transporte líquido cuya densidad es mantenida constante, el sensor nuclear puede entonces medir la cantidad o porcentaje de sólido en la “pulpa” o mezcla. Además, si un Flujómetro es adicionado a este densímetro, se puede medir flujo másico en por ejemplo toneladas por hora, y entregar el peso total del sólido en un periodo dado de tiempo.

Cambios en las paredes de la tubería

La pared de la tubería es otra constante que algunas veces cambia. El cambio más común es el que se genera por restricciones u oxidación, o por flujo inadecuado que permite que se acumule sólido, esta acumulación de material, reduce la cantidad de material en la sección cruzada de la tubería y de esta manera afectar la medición de densidad. La solución es simple, de debe recalibrar el sensor frecuentemente con un líquido conocido. Este método servirá hasta que la acumulación exceda la capacidad de que el sensor pueda medir en la pequeña sección cruzada de la tubería. En esta situación la tubería deberá ser limpiada o reemplazada. La erosión de la tubería es solucionada de la misma manera.

Estratificación

La estratificación del material de proceso, puede ser otro problema. Si el líquido no tiene una densidad homogénea en la tubería, no se puede saber que capa está siendo medida. Para solucionar esto, se debe mezclar el líquido, o montar el sensor en una sección vertical de la tubería, con suficiente flujo (alrededor de 5 pies/seg) para prevenir estratificación.

Debido a que todos los materiales absorben energía electromagnética en un rango conocido y predecible, la cantidad de energía absorbida por el material en la tubería, es directamente proporcional con la masa del material. Ya que la masa está relacionada con la densidad a través del volumen, si el líquido es confinado en un espacio de volumen conocido, entonces, la masa de un material cambia solamente debido al cambio de su densidad.

1.3 Calibración del densímetro nuclear

La calibración y la puesta en servicio (setup) de un densímetro, es un proceso simple y es realizada en línea con muestras comparativas tomadas desde el proceso. En la actualidad, gracias a la versatilidad de un software, se puede realizar rápidamente y en forma precisa la calibración y puesta en servicio del sistema. Es necesario solamente un punto de calibración, pero varios puntos pueden ser agregados para una medida más precisa.

Para algunas aplicaciones de difícil acceso al detector, es recomendada una unidad remota. Con este arreglo en detector de centelleo es montado en el proceso, y la unidad que contiene al microprocesador, es montada remotamente a una distancia

fijada en el instrumento. La conexión es realizada por medio de un arreglo de tres conductores apantallado. La unidad procesadora generalmente posee salidas de 4 a 20 mA, y puertos de comunicación serie (RS 232/RS 422)

Normalmente los datos son ingresados a través del transmisor mediante procedimientos normalizados. La calibración es independiente de la puesta del cero y el span, esta permite al sistema poner las señales internas en valores absolutos, los cuales después serán desplegados en la interfaz MMI para ser corregidos. Poner el Span (spanning), es definir en el sistema de medida el rango de los valores absolutos los cuales producirán los mínimos y máximos de la señal de salida.

Algunos medidores son controlados por códigos de configuración, los cuales incluyen: trayectoria dinámica del proceso (Tracking), compensación de la temperatura del proceso, medición de densidad y flujo al mismo tiempo. En estos aparatos cuando se producen conflictos, se invocan errores, los cuales deben ser corregidos.

Los detectores se calibran sobre la base de los parámetros de aplicación, los cuales se ingresan mediante métodos de normalización, uno de estos métodos es:

- ✓ Llene la tubería con agua limpia y abra la compuerta del sistema (posición ON del shutter source).
- ✓ Presione el código de inicio (ENTER).
- ✓ Verifique y registre el valor normalizado del parámetro.

Los procedimientos de puesta en marcha, son:

Valores normalizados.

- ✓ Selección de unidades (g/ml, Lton/cu m) y span (densidad min/máx.)
- ✓ Punto de calibración de la variable (Cal-Ref ratio) [*].
- ✓ Datos geométricos (diámetro de la tubería, espesor, otros).
- ✓ Datos del fluido (solución, tipo de fluido, sólido, otros).
- ✓ Constante de tiempo (dinámica de la variable en los cambios).

[*] El punto de calibración, CAL Point, es un nivel de señal a una densidad conocida, para establecer la razón Cal-Ref. Esta razón siempre debe permanecer constante si los componentes cambian.

1.4 Tipos de detectores

Por lo general los medidores instalados funcionan automáticamente y son del tipo fijo o de barrido (con movimiento de avance o retroceso). Los medidores portátiles están diseñados para que puedan utilizarse en distintos lugares.

Todos los medidores instalados y portátiles están compuestos por un recipiente de la fuente desde donde se emite la radiación y a lo menos un detector, que mide la tasa de dosis después que la radiación ha interactuado con el material o determina el tipo de y energía de la radiación que ha llegado. Los medidores pueden clasificarse según el proceso que experimenta la radiación antes de llegar al detector

Medidores de transmisión

El recipiente de la fuente y el detector están situados en lados opuestos del material. La radiación se atenúa al desplazarse a través del material y el detector mide una tasa de dosis (o tasa de recuento), la Tabla 1, muestra algunas aplicaciones según la fuente de radiación.

Si la geometría es constante, es decir, si la radiación pasa a través de un espesor constante del material o de una vasija o tubería, el detector medirá los cambios de densidad del material en el que ha penetrado la radiación, o responderá a estos cambios. Si la radiación tiene que atravesar un material más denso, su grado de atenuación, aumentará y la taza de recuento se reducirá. El detector, también percibe la disminución de densidad y si la densidad del material es constante, el detector medirá los cambios geométricos que se produzcan, como por ejemplo, en el espesor del material que pase entre la fuente y el detector, o responderá a esos cambios. El grado de atenuación aumentará con el espesor.

Aplicaciones de medidores de radiación.

Fuente de radiación	**Aplicaciones típicas de medidores** **De transmisión**
Prometio 147 (beta) Talio 204 (beta)	Densidad del papel Espesor del papel, el caucho y los Productos textiles

Kriptón 85 (beta)	Espesor del cartón
Estroncio/itrio 90 (beta)	Contenido de tabaco de cigarrillos y Paquetes
Rayos X	Acero de hasta 20 mm; nivel líquido En envases
Americio 241 (gamma)	Acero de hasta 10 mm; contenido de Botellas
Cesio 137 (gamma)	Acero de 100 mm; contenido de Tuberías/tanque
Cobalto 60 (gamma)	Contenido de hornos de coque, de Hornos de ladrillo, etc.

Tabla 1

Medidores de retro dispersión

El detector y el recipiente de la fuente se instalan al mismo lado con respecto al material. El detector se protege contra la radiación primaria. La radiación penetra en el material e interactúa con los átomos y moléculas. La interacción será mayor en los materiales más gruesos o densos. El detector mide las radiaciones secundarias que se retrodispersan a partir de la interacción. En este caso también si hay una geometría constante, el medidor indicará la densidad del material y si la densidad es constante, indicará el espesor del material.

La fuente de radiación, se escoge cuidadosamente para la aplicación de que se trate. Los medidores de retrodispersión que utilizan rayos gamma y rayos X, pueden ser más sensibles a la presencia de elementos más ligero, como el carbono, que los medidores de transmisión que emplean la misma radiación primaria.

Si se utiliza la radiación neutrónica, el valor de la retrodispersión puede indicar la cantidad de átomos de hidrógeno presentes en el material.

Medidores reactivos

Ciertos rayos gamma y rayos X de baja energía, pueden ionizar átomos específicos y hacer que emitan rayos X fluorescentes, con una energía característica. La medición

con el detector de los rayos X fluorescentes, no solo indica la presencia de átomos específicos, sino también su cantidad en el material.

Aplicaciones del medidor de retro dispersión.

Fuente de radiación	**Aplicaciones típicas del medidor De retrodispersión**
Prometio 147 (beta)	Espesor de papel; revestimiento de Metal delgado
Talio 204 (beta)	Espesor del caucho delgado y los Productos textiles
Estroncio/itrio 90 (beta)	Espesor del plástico, caucho, vidrio Y las aleaciones delgadas y ligeras
Americio 241 (gamma)	Vidrio hasta 10 mm y plástico de hasta 30 mm
Cesio 137 (gamma)	Vidrio de más de 20 mm; densidades de roca/carbón Detección de hidrocarburos
Americio 241/berilio	

Tabla 2

Se pueden utilizar generadores de neutrones de alta energía accionados con electricidad para transformar sustancias no radiactivas en radiactivas. Los radionucleidos que se forman emiten rayos gamma característicos que pueden identificarse por su energía.

Aplicaciones del medidor de reactivos.

Fuente de radiación	Aplicación del medidor reactivo
Hierro 55 (rayos X – 0.21 MeV)	Análisis: elementos de poca masa Plástico de 0-25 mm sobre hierro
Americio 241	Análisis: elementos de masa mediana

	Zinc de 0-100 mm sobre hierro
Cadmio 109	Análisis: elementos de gran masa
(rayos X – 0.088 MeV)	
Rayos X (hasta 60 kV)	Análisis: elementos diversos
Generadores de neutrones	Análisis de hidrocarburos en rocas

Tabla 3

Las actividades de las fuentes utilizadas varían entre unos 200 MBq y 40 GBq.

Equipo utilizado para medición

Las fuentes radiactivas cerradas que se emplean en los medidores, a menudo se hallan en forma especial, sobre todo los emisores gamma. La fuente debe estar bloqueada en su recipiente, en muchos casos, en un contenedor sellado y blindado.

Los recipientes de fuentes gamma, suelen tener blindaje de plomo para colimar la radiación en un haz primario y dirigirlo al material hacia un detector. El blindaje, deberá de preferencia, atenuar las tasas de dosis en toda zona fácilmente accesible fuera del recipiente de la fuente a menos de 7.5 mSv h^{-1}. En los casos en que ello sea imposible debido a las limitaciones de peso, la colocación de un simple dispositivo protector o barrera mecánica deberá impedir el acceso.

Mientras no se utilice, se deberá instalar un obturador, para que la fuente de radiación esté completamente blindada. En muchos casos, el obturador puede concebirse de manera que se cierre automáticamente cuando no haya ningún material frente al medidor. Es preciso colocar y mantener, una señal que indique claramente si el obturador está abierto o cerrado.

En la superficie exterior del recipiente, en la fuente deberá colocarse una etiqueta con los datos del tipo fuente instalada, incluyendo el nombre del radionucleido, su actividad en una fecha especificada y su número de serie. En el recipiente del medidor y en los dispositivos protectores deberán colocarse avisos adecuados que marquen los límites de una zona controlada.

Manipulación de fuentes.

Algunos medidores, como por ejemplo, los medidores reactivos, requieren el cambio periódico de las fuentes. Otros, como por ejemplo los medidores de Retrodispersión, utilizados en diferentes lugares para medir las características de las rocas del subsuelo, requieren que la fuente y el recipiente del medidor se transporten por separado. Para estas y otras operaciones de cambio de fuente, se precisan útiles especiales de mango largo. El operador deberá tener fácil acceso a un monitor de tasa de dosis adecuado, con el cual pueda controlar los procedimientos de manipulación de la fuente.

Mantenimiento de los medidores

Generalidades

Los medidores suelen instalarse en plantas industriales y exponerse a la intemperie y otras condiciones, que pueden deteriorar considerablemente las marcas hechas en el contenedor e incluso, el mecanismo del obturador. Por lo tanto, es especialmente importante dar mantenimiento periódico a las piezas móviles y renovar lo que sea necesario. Para ese trabajo, no se tendrá que desmontar la fuente.

Se deberán realizar pruebas de fuga, en los intervalos que exija la autoridad reglamentadora o que recomiende el fabricante, después, de cualquier incidente en que la fuente pueda haberse dañado. Las fuentes instaladas con carácter permanente, por lo general, no están sometidas a condiciones tan duras, pero aun así, deberán comprobarse al menos cada dos años.

Almacenamiento y contabilidad

Los medidores que estén en espera de ser instalados, así como los medidores portátiles y las fuentes intercambiables, pueden estar provistos únicamente de blindaje suficiente para ser transportados por breves periodos y más tarde definitivamente. Nadie deberá permanecer en su cercanía ni manipularlo más del tiempo necesario. Se deberá proveer un depósito especial reservado para estos fines para conservar los medidores y sus fuentes cuando no estén en uso. Este depósito no deberá contener otros materiales peligrosos, como productos químicos o gases comprimidos y deberá estar seco y de ser necesario, ventilado. Se deberán colocar avisos de advertencia en lugares visibles. Las tasas de dosis en el exterior deberán en general ser inferiores a de 7.5 mSv h^{-1}, o preferiblemente, menores de 2.5 mSv h^{-1}.

El depósito, deberá mantenerse cerrado para impedir el acceso de personas no autorizadas a las zonas de tasa de dosis más alta en el interior del local, o el contacto,

con un medidor o sus fuentes. La llave, deberá mantenerse en un lugar seguro. Deberá mantenerse un registro que indique donde se halla siempre cada fuente. Se realizará una comprobación semanal de los medidores y fuente portátiles para cerciorarse de que están almacenados en condiciones de seguridad. En el caso de los medidores instalados, puede que convenga realizar una comprobación menos frecuente, por ejemplo una vez al mes

Protección al uso

Es poco probable que los trabajadores de las zonas en que hay instalados medidores, estén expuestos a niveles significativos de radiación, por lo que no es necesario el uso de densímetros.

Los cambios de fuente pueden hacer que el operador acumule una dosis durante un breve periodo de tiempo. Es preciso mantener la dosis, en el valor más bajo que sea posible utilizando los útiles provistos y aplicando procedimientos eficientes que reduzcan al mínimo el tiempo de exposición.

Medidas en caso de emergencia

Es importante poder precisar los problemas que puede presentar un medidor nuclear y estar además preparado para enfrentarlos. Es preciso elaborar planes para situaciones no usuales que puedan aplicarse con rapidez y eficacia para recuperar el control en caso de que surja un problema, como por ejemplo:

- ✓ Pérdida o robo de un medidor o de una fuente
- ✓ Daño físico al recipiente de una fuente que haya sido aplastado o afectado por un incendio o explosión
- ✓ Fuga de sustancias radiactivas de una fuente sellada
- ✓ Descubrimiento de tasas de dosis inaceptablemente altas después de que haya fallado un obturador o una señal de alarma
- ✓ Exposición de una persona a causa de un fallo del equipo o error de procedimiento

En caso de que se pierda una fuente radiactiva, aun cuando se encuentre dentro de su recipiente, será preciso tratar de hallarla con la mayor brevedad posible. Los instrumentos de vigilancia radiológica de alta sensibilidad, capaces de medir bajas tasas de dosis o de contaminación, pueden ayudar a detectar la radiación proveniente de la fuente, sobre todo si no está blindada.

Cualquier accidente que haya originado la exposición de una persona a una dosis interna o externa deberá investigarse. Es importante determinar si una dosis presunta o notificada se recibió efectivamente y si alguna parte del cuerpo ha recibido una dosis mucho más alta que pudiera provocar una legión localizada en los tejidos.

Instalación y servicios:

Instalación Mecánica

Normalmente la protección de un transmisor es *NEMA 4* y montada mediante un patrón de montaje para ubicar los hoyos, se acostumbra usar bisagras o cadenas de soporte, para proveer de flexibilidad. Las líneas de energía y contactos de cierre son guiados por el lado derecho y los terminales de la señal de medida y cables de comunicación por el lado izquierdo, estos pueden ser enchufable para tener una fácil remoción.

El medidor de densidad comprende de una fuente, un detector y accesorios de montaje, instalados por un usuario que normalmente no es el operador del sistema. El operador, normalmente es manipulador de elementos radioactivos y autorizados por un organismo nacional o el fabricante. Se debe considerar que la fuente, emite un haz de radiación que pasa por el centro de la tubería, este haz tiene una pulgada de diámetro aproximado y aumenta en un 25% a la salida, o sea, se muestrea sólo una porción del material dentro de la tubería, por lo tanto es necesario que esta porción represente al material a medir. Por eso es recomendable que el montaje sea vertical, tal que los sólidos no decanten en el área a medir. Si este debe ser montado en forma horizontal, entonces, debería considerarse un ángulo de 30° a 45° entre la fuente y el detector.

No es recomendable instalar el detector y alimentar eléctricamente este, en áreas peligrosas (ambientes intrínsecos) o no recomendadas por el fabricante, al menos que estas estén suficientemente protegidas.

El soporte mecánico, generalmente lo provee una cadena o mediante un plano de montaje. La primera, dos cadenas, tiene un soporte angular (tipo orejas) y pernos de sujeción (normalmente cuatro unidades), esta va montada sobre la cañería en conjunto con la fuente de emisión radioactiva. El plano o placa de montaje, normalmente contiene cuatro hoyos en su base y se usa para montar en tuberías, mediante un asiento y accesorios de montaje.

La ventaja de la cadena, es la flexibilidad de instalar en diferentes diámetros de tubos sin tener que realizar grandes modificaciones.

Instalación Eléctrica

En general las conexiones de los transmisores de estos detectores, son enchufables en módulos y este a su vez soportado en regletas o block de montaje, los voltajes comunes son 110 o 220 VAC. Se debe asegurar, que tanto el detector como el transmisor tengan las mismas líneas de alimentación y sus conductores de tierra asegurados, todos ellos codificados y enumerados, considerando el número 1, el del lado de la derecha.

Normalmente un cabezal de detector de densidad considera los siguientes tipos de detectores: cámara de iones, tipo chispero, o el tipo cámara de iones SGM. Los dos primeros comúnmente usan alimentación AC, para generar requerimientos DC, por lo cual sólo tiene líneas de poder y de señales. En cambio el último, SGM, usa líneas AC para un calefactor y debe suministrar los requerimientos DC, mediante board desde el transmisor, existiendo un cable especial para estas necesidades.

La alimentación simple de un detector tipo cámara de iones, requiere de dos cables solamente, las potencias usuales son de 100 Watts, además, se debe considerar los conductores de tierra (de protección y de servicio). Algunos detectores consideran compensación de temperatura, necesitando dos cables apantallados.

Los conductores de alimentación, deben ser conectados al transmisor mediante conductores apantallados, pero la pantalla del conductor no debe ser conectada al detector. Los conductores de señal, se conectan en los terminales de cada dispositivo (TB: terminal block, +: Rojo a TB_{+}, -: Negro a TB_{-}).

Para la compensación de temperatura, el sensor es conectado a un amplificador del detector, la salida de este amplificador es conectada al transmisor con idénticos cables que los de señal, recordar que la pantalla del conductor no debe ser unida al detector, la medida del cable es 18 o 16 AWG, 100 ohm RTD.

Para el detector tipo chispa, se usan dos alambres, cables apantallados y un conector AC, uno de los cables envía la señal desde el detector al procesador electrónico o CPU, el otro cable trae la señal desde el procesador al detector, si se desea compensación de temperatura, se requiere un tercer cable apantallado, para ser conectado a un amplificador en el detector y posteriormente la salida conectada al transmisor, similar al caso anterior.

Servicios

Normalmente los fabricantes, tales como Texas Nuclear, tienen departamentos de servicios para entregar asistencia e intercambiar piezas (o board) a través de todo el mundo. Algunas empresas de ingeniería como la compañía Ramsey ofrecen situaciones similares. A veces, se puede tener un stock de repuestos más sensibles a falla.

La situación frente algunos problemas es, ¿Qué hacer antes de llamar al servicio técnico?

Lo primero que hay que verificar es si el problema es de puesta a punto (setting) o simplemente, fallas. En el primer caso, actualmente los sistemas modernos gracias a la informática entregan programas de diagnósticos, ya sea, mediante software o a través de terminales portátiles (hand help), estos diagnósticos, ayudan a verificar o interpretar el tipo de problema, ahorrando tiempo en búsqueda de la solución.

Es importante verificar las alimentaciones de energía, tanto al transmisor como al detector, esta, es entregada mediante módulos o boards, los cuales pueden ser removidos e intercambiados, previo apagado del sistema. Otra verificación, es la revisión de los fusibles del sistema de alimentación. Después de energizar, es conveniente esperar unos 15 segundos al menos, para dar tiempo a que varios filtros capacitivos restablezcan su carga, el mismo tiempo hay que considerar al retirar los módulos.

Los problemas comunes se presentan en el transmisor, CPU o módulos anexos, los diagnósticos despejan códigos de fallas o recomiendan test, por ejemplo verificar tensiones en puntos de pruebas de las tarjetas los cuales hay que verificar con los catálogos entregados por el fabricante. Otra situación anómala, se puede dar en la CPU, para esto se recomienda cortar la alimentación y remover los boards excepto para la energía y CPU, posteriormente, ingrese datos y verifique los archivos para comprobar la existencia de estos datos, si están operativos, la falla puede ser en otro circuito, en caso contrario la CPU esta mala o con defectos, conviene tener siempre en cuenta las tierras en estas pruebas.

Cada instrumento tiene su propio sistema de alarmas, códigos e interpretación de fallas. Además, se acompañan Leds, de diagnósticos, los cuales encienden o parpadean, frente a ciertos eventos. También, se entregan terminales de salida lógica para verificar estado de datos o palabras digitales que entregan cierta información a la falla.

Si las fallas se presentan en los boards anexos, se recomienda apagar el sistema, desmontar todos los boards, acepto la alimentación, la CPU y algunas de las tarjetas a

verificar, posteriormente tomar las recomendaciones del fabricante, energizar el sistema y probar las veces que sea necesario, así sucesivamente repetir este proceso con otras tarjetas.

Si se debe reemplazar una CPU, primero, se debe verificar el tipo de fuente que la alimenta, tipo sink o de switching. En ambos casos se debe desconectar cuidadosamente los cables que conectan, ya sea, los displays, los teclados, leds y boards. Cuidadosamente se debe remover los chips de memoria no-volátil y enchufarlas en la nueva tarjeta, algo similar se debe realizar con las memorias EPROM o PROM.

Si los problemas se presentan en el Detector, se debe verificar las salidas de este, desconectando los terminales de la señal desde el board I/O, posteriormente, verificar con un miliamperímetro la corriente desde este detector, la cual debe estar entre 1 a 10 mA bajo condiciones normales. Si la fuente de emisión está presente, esta debería estar OFF, aquí, la corriente debería ser mínima, o sea, muy baja. La verificación de la salida del detector en condiciones de trabajo, se realiza considerando valores normales y comparar estos valores con los registrados cuando la unidad operaba en buen estado. Si los datos no son los correctos, entonces, el detector puede estar defectuoso. Otro acto de verificación es probar los voltajes en los terminales, además, de las corrientes.

2. Riesgo a la exposición de energía ionizante

2.1 Elementos de Protección Personal (EPP) para Radiaciones Ionizantes.

Elementos de protección personal sugeridos según actividad y riesgo

El jefe directo lo determinará según el requerimiento de las funciones del trabajador.

(Reglamento del Personal, art. 100; Reglamento de Higiene y Seguridad, art.4; 14; 15).

“Todos los elementos de protección personal deben contar con certificación de acuerdo a normas chilenas – decreto supremo nº 594, ministerio de salud”.

Radiaciones ionizantes:

Rayos X, Gamma, Neutrones, Protones, Partículas Alfa:

EPP según Norma:

- Dosimetría Personal
- Delantales y guantes plomados
- Cuello plomado

Imagen tomada de:

http://uprl.unizar.es/higiene/img/epis.jpg

Figura 10

Nota: El contenido de EPP, salvo imagen, fue tomado de:

https://www.udec.cl/dirper/sites/default/files/Elem_ProteccionPersonal_y_RopaTrabajo_2012.doc.

2.2 Riesgos a exposición de energía radiante asociados a la función.

Las fuentes de radiación pueden plantear un peligro considerable para la salud de los trabajadores afectados, por lo que se debe controlar adecuadamente cada exposición.

Las radiaciones se pueden clasificar como ionizantes y no ionizantes. Existen dos tipos de radiación ionizante, una de naturaleza electromagnética (rayos X, rayos gamma) y otra, constituida por partículas (alfa, beta, neutrones, etc.). Las radiaciones electromagnéticas de menor frecuencia que la necesaria para producir ionización, como lo son, la radiación ultravioleta (UV), visible, infrarroja (IR), microondas y radiofrecuencias, hasta los campos de frecuencia extremadamente baja (ELF), comprenden la región del espectro conocida como radiación no ionizante.

Radiaciones Ionizantes

La radiación ionizante puede transferir su energía a las moléculas que constituyen el cuerpo humano, esto puede traducirse en un daño significativo si la interacción es con las moléculas de ADN. Los daños pueden ser agudos e inmediatos como quemaduras, hemorragias, diarreas, infecciones o hasta la muerte; también existen efectos tardíos como el cáncer o efectos hereditarios.

Nuestro ámbito de competencia es dado por el Decreto Supremo Nº594/99, que en su Artículo 110º indica que los límites de dosis permitidos para el personal ocupacionalmente expuesto serán los contenidos en el Decreto Supremo Nº3/85,

donde además se indica que todo trabajador expuesto debe contar con un dosímetro personal proporcionado por el empleador con el fin de registrar, controlar y vigilar toda exposición.

Otro reglamento relevante es el Decreto Supremo Nº133/84, que entre otras cosas, especifica que toda persona que se desempeñe en instalaciones radiactivas u opere equipos generadores de radiaciones ionizantes, deberá contar con una autorización, que para instalaciones de segunda y tercera categoría es entregada por el Servicio de Salud respectivo. Para conseguir dicha autorización la persona debe acreditar lo siguiente:

- Licencia secundaria o equivalente.
- Curso de Protección Radiológica, dictado por ISP, CCHEN u otros organismos autorizados por MINSAL.
- Historial Dosimétrico.
- Servicios
- Control Dosimétrico Externo trabajadores expuestos a radiaciones ionizantes.
- Elaboración y emisión de Certificado de Historial Dosimétrico.
- Capacitación en Protección Radiológica para el sector público y privado.
- Evaluación de seguridad de equipos e instalaciones de radiodiagnóstico.
- Nota: Tomado de:

http://www.ispch.cl/saludocupacional/subdepto_ambientes_laborales/secciones/radiaciones

La utilización de fuentes de radiación de diversos tipos y actividades está muy difundida en la industria, medicina, investigación y capacitación en prácticamente todos los Estados miembros del OIEA, y va en aumento. Aunque en los últimos años algunos accidentes han atraído la atención del público, la amplia utilización de las fuentes de radiación ha registrado generalmente un buen historial de seguridad. Sin embargo, el control de las fuentes de radiación no siempre es el adecuado. La pérdida de control de las fuentes de radiación, ha dado lugar a exposiciones imprevistas de algunos trabajadores, pacientes y personas del público, a veces con consecuencias fatales.

En 1990 el OIEA, publico un libro de la colección Seguridad (Vol. Nº 102) que ofrece orientación sobre la utilización y regulación seguras de las fuentes de radiación en la industria, medicina, investigación y enseñanza. No obstante, se estimó necesario contar con manuales prácticos de seguridad radiológica para diversos campos de aplicación orientados primordialmente a las personas que de manera corriente manipulan día a día fuentes de radiación, manuales que a la vez pudieran ser utilizados por las autoridades competentes, de manera que representaran un apoyo para los esfuerzos que estas realizan con miras a la capacitación en materia de

protección radiológica de los trabajadores, o con el objeto de ayudar a los administradores locales a establecer sobre el terreno normas de protección radiológicas.

Guía de aplicaciones

Corresponde específicamente a cada aplicación de las fuentes de radiación y describe la finalidad del procedimiento, el tipo de equipo utilizado para ponerlo en práctica y las precauciones que deben adoptarse.

Medidores Nucleares

Los métodos de producción modernos, sobre todo los automáticos, deben someterse a una constante vigilancia para comprobar la calidad de los productos y controlar el proceso de producción. Este tipo de vigilancia se realiza a menudo con dispositivos de control de calidad que utilizan las propiedades características de la radiación ionizante, conocidos con el nombre de medidores nucleares. Estos dispositivos, no necesitan estar en contacto con el material que se examina, por lo tanto, pueden utilizarse para controlar procesos de alta velocidad, materiales con temperaturas extremas o propiedades químicas nocivas, materiales susceptibles de dañarse por contacto y productos envasados.

Las radiaciones beta, gamma y X que se utilizan, no dañan ni modifican de ningún modo el material. En cambio, la radiación neutrónica puede utilizarse concretamente para inducir cambios como por ejemplo inducción de radiactividad como medio de detección.

En chile se ha normado acerca del tema, lo que se puede ver con más detalle en la Biblioteca del congreso nacional, específicamente en el Decreto N°3 de año 1985 (ver figura).

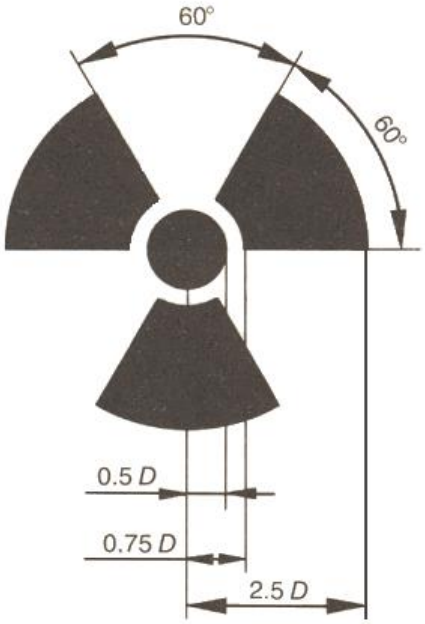


Figura 11

Símbolo de las radiaciones ionizantes.

2.3 Interacción con el organismo. Efectos biológicos

Desde el descubrimiento de los rayos X y los elementos radiactivos, el estudio de los efectos biológicos de las radiaciones ionizantes ha recibido un impulso permanente como consecuencia de su uso cada vez mayor en medicina, ciencia e industria, así como de las aplicaciones pacíficas y militares de la energía atómica. Como consecuencia, los efectos biológicos de las radiaciones ionizantes se han investigado más a fondo que los de prácticamente, cualquier otro agente ambiental.

La energía depositada por las radiaciones ionizantes al atravesar las células vivas da lugar a iones y radicales libres que rompen los enlaces químicos y provocan cambios moleculares que dañan las células afectadas (figura 12). En principio, cualquier parte de la célula puede ser alterada por la radiación ionizante, pero el ADN es el blanco biológico más crítico debido a la información genética que contiene. Una dosis absorbida lo bastante elevada para matar una célula tipo en división (2 Grays ver la definición más adelante), sería suficiente para originar centenares de lesiones reparables en sus moléculas de ADN. Las lesiones producidas por la radiación ionizante de naturaleza corpuscular (protones o partículas alfa) son, en general, menos reparables que las generadas por una radiación ionizante fotónica (rayos X o rayos gamma).

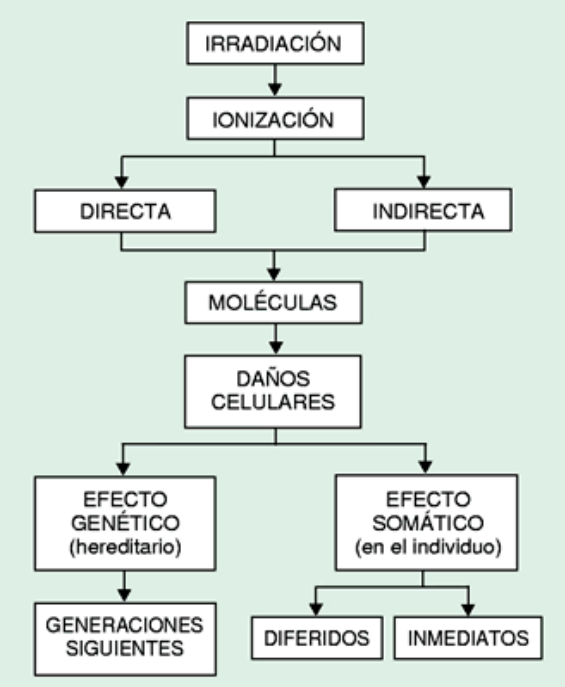


Figura 12

Efectos biológicos con energía electromagnética de alta energía.

El daño en las moléculas de ADN que queda sin reparar o es mal reparado puede manifestarse en forma de mutaciones cuya frecuencia está en relación con la dosis recibida.

Las lesiones del aparato genético producidas por irradiación pueden causar también cambios en el número y la estructura de los cromosomas,

modificaciones cuya frecuencia, de acuerdo con lo observado en supervivientes de la bomba atómica y en otras poblaciones expuestas a radiaciones ionizantes, aumenta con la dosis.

En consecuencia, el daño biológico puede producirse en el propio individuo (efecto somático) o en generaciones posteriores (efecto genético), y en función de la dosis recibida los efectos pueden ser inmediatos o diferidos en el tiempo, con largos periodos de latencia.

También es importante considerar la diferencia entre efectos "estocásticos" y "no estocásticos", según que la relación dosis respuesta tenga carácter probabilístico, o bien el efecto se manifieste a partir de un determinado nivel de dosis (0,25 Sv), llamada dosis umbral. En ambos casos la probabilidad de efecto o el efecto aumenta con la dosis.

2.4 Irradiación y contaminación radiactiva. Exposición

Se denomina irradiación a la transferencia de energía la de un material radiactivo a otro material, sin que sea necesario un contacto físico entre ambos, y contaminación radiactiva a la presencia de materiales radiactivos en cualquier superficie, materia o medio, incluyendo las personas. Es evidente que toda contaminación da origen a una irradiación (figura 13).

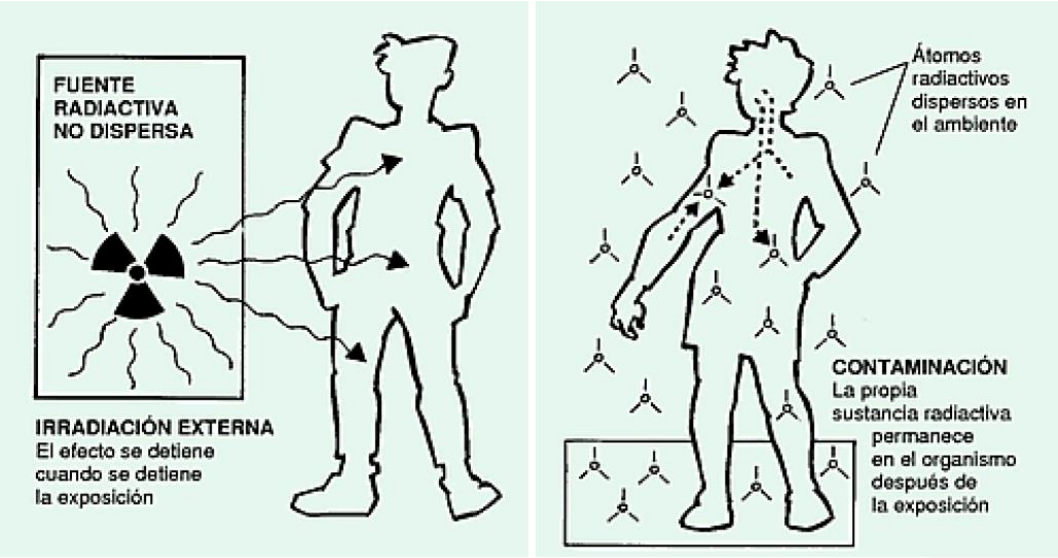


Figura 13

Irradiación y contaminación radiactiva. Exposición

Irradiación externa

Se dice que hay riesgo de irradiación externa cuando, por la naturaleza de la radiación y el tipo de práctica, la persona sólo está expuesta mientras la fuente de radiación está activa y no puede existir contacto directo con un material radiactivo. Es el caso de los generadores de rayos X, los aceleradores de partículas y la utilización o manipulación de fuentes encapsuladas.

Contaminación radiactiva

Cuando puede haber contacto con la sustancia radiactiva y ésta puede penetrar en el organismo por cualquier vía (respiratoria, dérmica, digestiva o parenteral) se habla de riesgo por contaminación radiactiva. Esta situación es mucho más grave que la simple irradiación, ya que la persona sigue estando expuesta a la radiación hasta que se eliminen los radionucleidos por metabolismo o decaiga la actividad radiactiva de los mismos.

Exposición

Se llama exposición al hecho de que una persona esté sometida a la acción y los efectos de las radiaciones ionizantes. Puede ser:

- **Externa**: exposición del organismo a fuentes exteriores a él.
- **Interna:** exposición del organismo a fuentes interiores a él.
- **Total:** suma de las exposiciones externa e interna.
- **Continua:** exposición externa prolongada, o exposición interna por incorporación permanente de radionucleidos, cuyo nivel puede variar con el tiempo.
- **Única:** exposición externa de corta duración o exposición interna por incorporación de radionucleidos en un corto periodo de tiempo.
- **Global:** exposición considerada como homogénea en el cuerpo entero.
- **Parcial:** exposición sobre uno o varios órganos o tejidos, sobre una parte del organismo o sobre el cuerpo entero, considerada como no homogénea.

En caso de contaminación radiactiva del organismo humano, según que los radionucleidos estén depositados en la piel, los cabellos o las ropas, o bien hayan penetrado en el interior del organismo, se considera contaminación externa o contaminación interna respectivamente. La gravedad del daño producido está en función de la actividad y el tipo de radiaciones emitidas por los radionucleidos.

Medidas básicas de protección radiológica

Aparte de los aspectos comentados, en función del tipo de riesgo de exposición, ya sea de irradiación externa o de contaminación radiactiva, deben observarse las denominadas medidas básicas de protección radiológica.

Irradiación externa

En este caso, en el que no hay un contacto directo con la fuente, las medidas de protección consisten en:

- Limitar el tiempo de exposición.
- Aumentar la distancia a la fuente, ya que la dosis disminuye de manera inversamente proporcional al cuadrado de la distancia.
- Apantallamiento de los equipos y la instalación.

Contaminación radiactiva

En este caso hay o puede haber contacto directo con la fuente, por lo que las medidas preventivas se orientan a evitarlo. Como norma general, el personal que trabaja con fuentes radiactivas no encapsuladas debe conocer de antemano el plan de trabajo, los procedimientos y las personas que van a efectuar las distintas operaciones.

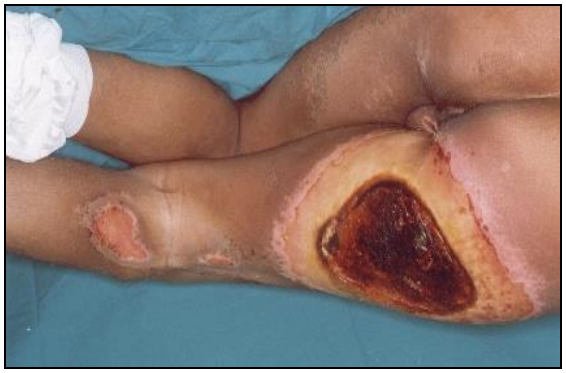


Figura 14

El plan de trabajo debe contener información sobre:

- Medidas preventivas que deben tomarse.
- Procedimientos de descontaminación.
- Gestión de residuos radiactivos.
- Actuación en caso de accidente o incidente.
- El plan de emergencia.

Las medidas específicas de protección contra la contaminación radiactiva dependen de la radiotoxicidad y actividad de los radionucleidos y se establecen actuando, tanto sobre las estructuras, instalaciones y zonas de trabajo, como

sobre el personal, mediante la adopción de métodos de trabajo seguros y, si es necesario, el empleo de equipos de protección individual adecuados.

3. Aislación de fuentes de radiación ionizante

3.1 Marco legal, Ministerio de salud y CCHEN (Comisión Chilena de Energía Nuclear).

En el siguiente tema se muestra la reglamentación vigente de nuestro país, y que básicamente se rigen por el Decreto N° 3 de 25 de abril de 1985 y por el Decreto 133, del 23 de agosto de 1984 (biblioteca del Congreso Nacional)

Decreto N° 3 del 25-04-1985.

Biblioteca del Congreso Nacional de Chile — Legislación chilena

Tipo Norma	:Decreto 3
Fecha Publicación	:25-04-1985
Fecha Promulgación	:03-01-1985
Organismo	:MINISTERIO DE SALUD
Título	:APRUEBA REGLAMENTO DE PROTECCION RADIOLOGICA DE INSTALACIONES RADIOACTIVAS
Tipo Versión	:Unica De : 25-04-1985
Inicio Vigencia	:25-04-1985
Id Norma	:7282
URL	:http://www.leychile.cl/N?i=7282&f=1985-04-25&p=

APRUEBA REGLAMENTO DE PROTECCION RADIOLOGICA DE INSTALACIONES RADIOACTIVAS

Santiago, 3 de Enero de 1985.- Hoy se decretó lo que sigue:
Núm. 3.- Visto: Lo dispuesto ene el artículo 67 de la Ley N° 18.302; en el artículo 86 del decreto con fuerza de ley N° 725 de 1968, del Ministerio de Salud, que aprueba el Código Sanitario; en el decreto supremo N° 78, de 9 de Febrero de 1983, del Ministerio de Salud; y las facultades que me confiere el artículo 32 N° 8 de la Constitución Política del Estado.

Decreto:

Apruébase el siguiente reglamento de protección radiológica de instalaciones radioactivas.

Artículo 1°.- El presente reglamento establece las medidas de protección personal radiológica y los límites de dosis radiactivas que pueden recibir las personas ocupacionalmente expuestas, con el objeto de prevenir y evitar la sobreexposición a las radiaciones ionizantes y sus efectos en la salud.
Se exceptúan, por consiguiente, de la aplicación de este reglamento a las personas que reciban dosis provenientes de la radiación natural o como consecuencia de un diagnóstico o tratamiento médico.

Artículo 2°.- Para los fines de este reglamento se considerará persona ocupacionalmente expuesta, a aquella que se desempeñe en las instalaciones radiactivas u opere equipos generadores de radiaciones ionizantes, la que deberá, además, contar con la autorización sanitaria a que se refiere el decreto supremo N° 133, de 22 de Mayo de 1984, del Ministerio de Salud.

Artículo 3°.- Corresponderá a los Servicios de Salud y al Servicio de Salud del Ambiente en la Región Metropolitana fiscalizar y controlar el cumplimiento de las disposiciones del presente reglamento y las del Código Sanitario en la misma materia, todo ello de acuerdo con las normas e instrucciones generales que imparta el Ministerio de Salud.
El Instituto de Salud Pública tendrá el carácter de laboratorio nacional y de referencia en las materias a que se refiere este reglamento. Le corresponderá, asimismo, fijar los métodos de análisis, procedimientos de muestreo y técnicas de medición orientadas al personal expuesto.

Artículo 4°.- Toda persona ocupacionalmente expuesta deberá portar durante su jornada de trabajo, un dosímetro personal destinado a detectar y registrar las radiaciones ionizantes que pudiere recibir, el que le será proporcionado por el empleador cada vez que sea necesario.
Asimismo, el empleador deberá otorgar todos los elementos de protección radiológica personal necesarios para disminuir los riesgos del trabajador expuesto.

Artículo 5°.- Será obligación del empleador remitir, trimestralmente, al Instituto de Salud Pública, el o los dosímetros personales de sus trabajadores expuestos, para que ese organismo registre las dosis recibidas por el personal durante el período señalado, en sus respectivos historiales dosimétricos.
Artículo 6°.- Si se detectare que un trabajador ha excedido el límite de dosis anual, el Instituto lo comunicará al Servicio de Salud correspondiente, con el

objeto de que éste exija al empleador que destine a su dependiente a otra función.

Artículo 7°.- La dosimetría personal, entendida ésta como la técnica para medir las dosis absorbidas por una persona expuesta a las radiaciones ionizantes en un período determinado, podrá ser efectuada por la Comisión Chilena de Energía Nuclear u otros organismos especialmente habilitados para tales efectos por el Ministerio de Salud.

Artículo 8°.- Los organismos interesados en desarrollar tales actividades en las instalaciones radiactivas, solicitarán su habilitación al Ministerio de Salud, para lo cual deberán:

a) Acreditar que disponen del personal idóneo para desempeñar estas funciones;
b) Especificar el tipo de dosimetría a efectuar;
c) Acreditar, mediante certificado, que su sistema dosimétrico está referido al laboratorio patrón nacional reconocido por el Ministerio de Salud;
d) Especificar los rangos de detección de su sistema dosimétrico;
e) Contar con un informe favorable del Instituto de Salud Pública, en el cual se deje constancia de que el organismo solicitante posee la infraestructura técnica suficiente. Dicho informe deberá detallar cada uno de los elementos disponibles y los métodos y procedimientos aprobados por el Instituto para efectuar la dosimetría.

Artículo 9°.- Los organismos habilitados por el Ministerio de Salud para estos efectos, deberán remitir, trimestralmente, al Instituto de Salud Pública la siguiente información:

a) Individualización del trabajador, lugar del trabajo y funciones específicas que desempeña en las instalaciones radiactivas;
b) Dosis absorbidas por el trabajador;
c) Nombre del empleador.

Artículo 10°.- El Instituto de Salud Pública deberá controlar que los organismos habilitados para efectuar la dosimetría personal, la ejecuten conforme a los procedimientos individualizados en el informe a que se refiere el artículo 8°, letra e).

Artículo 11°.- Si el Instituto de Salud Pública detectare que el servicio de dosimetría no se efectúa por dichos organismos de acuerdo a los métodos y procedimientos aprobados, procederá a comunicarlo al Ministerio de Salud, con el objeto de que éste determine si corresponde cancelar la habilitación otorgada.

Sin perjuicio de lo anterior, esta situación será comunicada al Servicio de Salud competente, para que se apliquen las medidas que correspondan.

Artículo 12°.- Los límites de dosis (LD) para trabajadores expuestos a radiaciones ionizantes serán las siguientes:

Organo Expuesto	Límites de Dosis rem Anual
Cuerpo entero, gónadas, médula ósea	5
Cristalino	30
Cualquier otro órgano en forma individual	50

Artículo 13°.- Se exceptúa de lo establecido en el artículo anterior a las mujeres en edad de procrear para las cuales la irradiación al abdomen se reducirá al mínimo posible, no sobrepasando 1,25 rem trimestrales por única vez en el año.

Artículo 14°.- Una vez comprobado el embarazo e informado el empleador por parte de la interesada, ésta no podrá recibir irradiación de origen ocupacional superior a 0,5 rem al feto durante todo el período de la gestación hasta el término del embarazo.

Artículo 15°.- Los menores de 18 años no podrán exponerse ocupacionalmente a radiaciones ionizantes.

Artículo 16°.- Para todo trabajador expuesto a contaminación interna con cualquier radionúclido se estará a lo establecido en las normas que para tales efectos imparta el Ministerio de Salud.

Para el caso particular del yodo radiactivo, el trabajador ocupacionalmente expuesto se someterá a un control trimestral de orina. Los costos, asociados a tales exámenes serán de cargo del empleador. Las dosis resultantes se adicionarán a las indicadas en el artículo 12.

Artículo 17°.- En aquellas situaciones en las cuales se requiera sobreexponer a un individuo a contaminación, tales como mantención de las instalaciones radiactivas, se deberá contar con una autorización expresa del Director del Servicio de Salud, que fijará los límites de dosis que pueda recibir en el evento.

Artículo 18°.- Las dependencias de una instalación radiactiva deberán estar adecuadamente señalizadas, conforme a las normas técnicas que imparta el Ministerio de Salud.

Deberá señalizarse, además, las áreas de acceso prohibido al público, como también se deberá indicar el nombre de las personas calificadas para operar los equipos de la instalación.

Artículo 19°.- Las infracciones al presente reglamento serán sancionadas en la forma y de acuerdo a los procedimientos establecidos en el Libro Décimo del Código Sanitario.

Artículo 20°.- Deróganse los artículos 39 a 43, ambos inclusive, del decreto supremo N° 78, del 9 de Febrero de 1983, del Ministerio de Salud, que aprueba el reglamento sobre condiciones sanitarias y ambientales mínimas en los lugares de trabajo.

Anótese, tómese razón, publíquese e insértese en la Recopilación Oficial de Reglamentos de la Contraloría General de la República AUGUSTO PINOCHET UGARTE, General de Ejército, Presidente de la República.- Winston Chinchón Bunting, Ministro de Salud.- Samuel Lira Ovalle, Ministro de Minería.

Lo que transcribo a Ud. para su conocimiento.- Saluda a Ud.- Augusto Schuster Cortés, Subsecretario de Salud.

Decreto N° 133, Del 23-08-1984.

Biblioteca del Congreso Nacional de Chile — Legislación chilena

Tipo Norma	:Decreto 133
Fecha Publicación	:23-08-1984
Fecha Promulgación	:22-05-1984
Organismo	:MINISTERIO DE SALUD
Título	:APRUEBA REGLAMENTO SOBRE AUTORIZACIONES PARA INSTALACIONES RADIACTIVAS O EQUIPOS GENERADORES DE RADIACIONES IONIZANTES, PERSONAL QUE SE DESEMPEÑA EN ELLAS, U OPERE TALES EQUIPOS Y OTRAS ACTIVIDADES AFINES
Tipo Versión	:Unica De : 23-08-1984
Inicio Vigencia	:23-08-1984
Id Norma	:9794
URL	:http://www.leychile.cl/N?i=9794&f=1984-08-23&p=

APRUEBA REGLAMENTO SOBRE AUTORIZACIONES PARA INSTALACIONES RADIACTIVAS O EQUIPOS GENERADORES DE RADIACIONES IONIZANTES, PERSONAL QUE SE DESEMPEÑA EN ELLAS, U OPERE TALES EQUIPOS Y OTRAS ACTIVIDADES AFINES Santiago, 22 de Mayo de 1984.- Hoy se decreto lo que sigue:

Núm. 133.- Visto: Lo dispuesto en los artículos 86 y 90 del decreto con fuerza de ley Nº 725, de 1968, que aprobó el Código Sanitario; en el Libro Décimo del mismo cuerpo legal; en el artículo 67 de la Ley Nº 18.302; en la Ley Nº 16.319 y las facultades que me confiere el artículo 32 Nº 8 de la Constitución Política del Estado.

Decreto:

Apruébase el siguiente reglamento sobre autorizaciones para instalaciones radiactivas o equipos generadores de radiaciones ionizantes, personal que se desempeña en ellas, u opere tales equipos y otras actividades afines.

TITULO I
Disposiciones Generales

Artículo 1º.- El presente reglamento establece las condiciones y requisitos que deben cumplir las instalaciones radiactivas o los equipos generadores de radiaciones ionizantes, el personal que se desempeñe en ellas u opere estos equipos, la importación, exportación, distribución y venta de las sustancias radiactivas que se utilicen o mantengan en las instalaciones radiactivas o en los equipos generadores de radiaciones ionizantes y el abandono o desecho de sustancias radiactivas.

Artículo 2º.- Las instalaciones radiactivas o equipos generadores de radiaciones ionizantes a que se refiere el artículo precedente, no podrán funcionar sin autorización previa del Servicio de Salud en cuyo territorio se encuentren ubicados. Tratándose de la Región Metropolitana, esta facultad le corresponderá al Servicio de Salud del Ambiente de esa Región.

Artículo 3º.- Toda persona que se desempeñe en las instalaciones radiactivas u opere equipos generadores de radiaciones ionizantes, y esté expuesta a dichas radiaciones, deberá contar con autorización del Servicio de Salud correspondiente.

Artículo 4º.- La adquisición, posesión, uso, manejo, manipulación, almacenamiento, importación, exportación, distribución y venta de sustancias radiactivas no podrá efectuarse sin la autorización sanitaria pertinente.

Artículo 5º.- Compete, igualmente, a los Servicios de Salud el control y fiscalización del correcto cumplimiento de las disposiciones establecidas en este reglamento y en las normas e instrucciones que conforme a él imparta el Ministerio de Salud.

TITULO II
De las Definiciones

Artículo 6º.- Para los efectos del presente reglamento se entenderá por:

a) Instalaciones radiactivas.- El recinto o dependencia habilitado especialmente para producir, tratar, manipular, almacenar o utilizar sustancias radiactivas u operar equipos generadores de radiaciones ionizantes.

b) Sustancia radiactiva.- Cualquier sustancia que tenga una actividad específica mayor de dos milésimas de microcurio por gramo o su equivalente en otras unidades.

c) Radiaciones ionizantes.- Es la programación de energía de naturaleza corpuscular o electromagnética, que en su interacción con la materia produce ionización.

d) Desecho radiactivo.- Cualquier sustancia radiactiva o material contaminado por dicha sustancia que, habiendo utilizado sido con fines científicos, médicos, agrícolas, comerciales, industriales u otros, sean desechados.

e) Historial dosemétrico.- Conjunto de documentos que acrediten las dosis recibidas por una persona expuesta a las radiaciones ionizantes durante todo su desempeño laboral.

f) Dosimetría.- Técnica para medir las dosis absorbidas por una persona, expuesta a las radiaciones ionizantes, en un período de tiempo determinado.

TITULO III
De las Instalaciones Radiactivas

Artículo 7º.- Las instalaciones radiactivas se clasificarán en tres categorías.

Quedan comprendidos en la primera categoría los aceleradores de partículas, plantas de irradiación, laboratorios de alta radiotoxicidad, radioterapia y roentgenterapia profunda, gammagrafía y radiografía industrial.

Pertenecen a la segunda categoría los laboratorios de baja radiotoxicidad, rayos X para diagnóstico médico o dental, radioterapia y roentgenterapia superficial.

La tercera categoría incluye los equipos de fuente sellada de uso industrial, tales como: pesómetros, densitómetros, medidores de flujo y de nivel, detectores de humo, medidores de espesores, etc. Asimismo, quedan comprendidas en esta categoría las fuentes patrones, estimuladores cardíacos radioisotópicos, marcadores o simuladores de uso médico, equipos de rayos X para control de equipajes, correspondencia, etc., fluroscopía industrial y difractómetros.

Artículo 8º.- Las instalaciones de primera categoría requerirán autorización de construcción, operación y cierre temporal o definitivo.

Las instalaciones de segunda categoría requerirán autorización de operación y de cierre temporal o definitivo, y las de tercera categoría, sólo requerirán autorización de operación.

Artículo 9º.- Para el otorgamiento de la autorización de construcción de las instalaciones de primera categoría, el interesado deberá presentar los siguientes antecedentes:

a) Plano de ubicación e informe de emplazamiento, cuando corresponda.

b) Anteproyecto de construcción.

c) Plano y memoria de diseño de la instalación, que deberá incluir blindajes, manuales de los equipos, de los sistemas de seguridad y control, y de los sistemas auxiliares, y

d) Plan de utilización, que contendrá una descripción de los elementos radiactivos y de los equipos generadores de radiaciones ionizantes, y la utilización estimada de los mismos.

Artículo 10.- Para el otorgamiento de la autorización de operación de las instalaciones de primera categoría, el interesado deberá presentar los siguientes documentos:

a) Manual de operación y mantenimiento de sistemas y equipos con descripción de los procedimientos.

b) Plan de emergencia, en caso de accidente.

c) Informe de funcionamiento y de seguridad radiológica favorable de la autoridad sanitaria. Este informe también podrá ser emitido por una persona natural o jurídica, especialmente autorizada para estos efectos, por los Servicios de Salud, conforme a las normas que al respecto dicte el Ministerio de Salud.

Artículo 11.- Para el otorgamiento de la autorización de operación de las instalaciones radiactivas de segunda categoría, se exigirá:

a) Manual de operación y mantenimiento de sistemas y equipos.

b) Informe de funcionamiento y de seguridad radiológica favorable de la autoridad sanitaria. Este informe también podrá ser emitido por una persona natural o jurídica, especialmente autorizada para estos efectos, por los Servicios de Salud, conforme a las normas que al respecto dicte el Ministerio de Salud.

Artículo 12.- Para el otorgamiento de la autorización de operación de las instalaciones de tercera categoría, el interesado deberá presentar el plano de la instalación y las especificaciones técnicas de los equipos.

Artículo 13.- Para el otorgamiento de las autorizaciones de cierre temporal o

definitivo de las instalaciones radiactivas de primera y segunda categoría, el interesado deberá presentar a la autoridad sanitaria una solicitud debidamente fundada, en la que se indicará los procedimientos y sistemas de seguridad que se adoptarán para tales efectos.

Artículo 14.- El titular de una autorización para instalación radiactiva, será siempre responsable de la seguridad de su emplazamiento, puesta en servicio, funcionamiento y cierre temporal o definitivo, sin perjuicio de la responsabilidad que pudiera afectar al personal que se desempeña en dicha instalación, de acuerdo a las normas generales del derecho.

Artículo 15.- Para el otorgamiento de la autorización de operación de los equipos generadores de radiaciones ionizantes móviles, el interesado deberá presentar ante el Servicio de Salud correspondiente, los siguientes antecedentes:
a) Manual de operación y mantenimiento del equipo con descripción de los procedimientos.
b) Nómina de los operadores, debidamente autorizados, encargados del manejo de tales equipos. Dicha nomina deberá mantenerse actualizada, comunicándose a la autoridad sanitaria cualquier cambio que se produzca en ella.

TITULO IV
De las Autorizaciones para las Personas que se Desempeñan en las Instalaciones Radiactivas

Artículo 16.- Toda persona que desarrolle actividades relacionadas directamente con el uso, manejo o manipulación de sustancias radiactivas u opere equipos generadores de radiaciones ionizantes deberá ser autorizada por el Servicio de Salud correspondiente. Esta autorización tendrá validez en todo el territorio nacional.

Artículo 17.- Para obtener esta autorización, el interesado deberá acreditar ante el Servicio de Salud respectivo, el cumplimiento de los siguientes requisitos:
a) Licencia secundaria o su equivalente.
b) Haber aprobado el curso de protección radiológica, dictado por la Comisión Chilena de Energía Nuclear, los Servicios de Salud, el Instituto de Salud Pública de Chile, u otros organismos autorizados por el Ministerio de Salud, o haber convalidado estudios realizados al efecto, ante los Servicios de Salud.

Artículo 18.- No obstante lo dispuesto en el artículo precedente, podrán optar a esta autorización aquellas personas que acrediten fehacientemente, haberse desempeñado en tales actividades por un periodo de a lo menos tres años. Para estos efectos, los Servicios de Salud, cuando lo estimen conveniente, podrán exigir que el solicitante rinda un examen acerca de materias de protección radiológica.
Asimismo, se exigirá a los interesados la presentación de su historial dosimétrico, o en su defecto, el examen médico correspondiente.

Artículo 19.- Las autorizaciones a que se refiere el presente título, serán otorgadas por un plazo máximo de tres años. Para su renovación, deberá considerarse el historial dosimétrico del interesado, que llevará el Instituto de Salud Pública de Chile.
La dosimetría personal podrá efectuarse por otro organismo habilitado para tales efectos, por el Ministerio de Salud.

TITULO V
De las Autorizaciones de Importación, Exportación, Venta, Distribución y Almacenamiento de Sustancias Radiactivas

Artículo 20.- Las sustancias radiactivas no podrán ser internadas al territorio nacional o enviadas fuera del él, sin la competente autorización sanitaria.
Asimismo, la transferencia a cualquier título de dichas sustancias, deberá contar con autorización del Servicio de Salud respectivo.

Artículo 21.- Los lugares destinados al almacenamiento de sustancias o desechos radiactivos, deberán contar con autorización del Servicio de Salud competente.

TITULO VI
Del Abandono o Desecho de Sustancias Radiactivas

Artículo 22.- Todo abandono o desecho de sustancias radiactivas, requerirá de autorización del Servicio de Salud respectivo.
TITULO VII

Biblioteca del Congreso Nacional de Chile Legislación chilena

De las Sanciones

Artículo 23.- El incumplimiento de las disposiciones establecidas en este reglamento, será sancionado por los Servicios de Salud en la forma y conforme a los procedimientos previstos en el Libro Decimo del Código Sanitario.

TITULO FINAL

Artículo 24.- El presente reglamento entrará en vigencia a contar de su publicación en el Diario Oficial, fecha en la cual quedará derogada toda norma, disposición contraria o incompatible con sus preceptos.

DISPOSICIONES TRANSITORIAS

Artículo 1º.- Las instalaciones radiactivas o los equipos generadores de radiaciones ionizantes que se encuentren en funcionamiento a la fecha de vigencia de este decreto, sin autorización sanitaria, deberán obtener la correspondiente autorización de operación de acuerdo a las normas que se establecen en esta materia, dentro del plazo de 180 días contados desde la fecha de su vigencia.

Artículo 2º.- Las personas que actualmente se encuentren desempeñandose en instalaciones radiactivas u operen equipos generadores de radiaciones ionizantes sin la correspondiente autorización sanitaria, deberán obtenerla dentro del mismo plazo señalado en el artículo precedente.

Anótese, tómese razón, publíquese e insértese en la Recopilación de Reglamentos de la Contraloría General de la República.- AUGUSTO PINOCHET UGARTE, General de Ejército, Presidente de la República.- Augusto Schuster Cortés, Ministro de Salud subrogante.- Samuel Lira Ovalle, Ministro de Minería.

Lo que transcribo a Ud. para su conocimiento.- Saluda a Ud.- Augusto Schuster Cortés, Subsecretario de Salud.

3.2 Procedimiento específico de revisión y calibración de equipos radioactivos

En lo consiguiente se presenta un procedimiento de específico de revisión y calibración de equipos radioactivos.

Nota: los procedimientos pueden cambiar de minera en minera, sin embargo estas empresas están obligadas a elaborar sus propios procedimientos por el Artículo 25 del Decreto Supremo N° 132, y específicamente si se trata de fuentes ionizantes deben ser autorizados por el servicio de salud (la Comisión Chilena de Energía Nuclear, CECHEN, también tiene su parte).

TÍTULO: REVISIÓN Y CALIBRACIÓN DE EQUIPOS RADIOACTIVOS	FECHA DE ELABORACIÓN:
SUBTÍTULO: PROCEDIMIENTO REVISIÓN Y CALIBRACIÓN DE EQUIPOS RADIOACTIVOS	CÓDIGO:

1. PROPÓSITO

1. El propósito de este procedimiento es aplicado en la revisión y calibración de equipos radioactivos de la Planta Concentradora para que el trabajo se realice de manera segura y eficiente.
2. Eliminar toda lesión a personas, daños equipos, instalaciones, alteraciones al proceso productivo, calidad y medio ambiente.
3. Establecer un método efectivo de comunicaciones hacia todo el personal involucrado.
4. Este procedimiento es aplicable a todo el personal Mantención Instrumentista del Área.

2. ALCANCE

El alcance de este procedimiento se debe aplicar a los densímetros nucleares del área y que se indican en la siguiente tabla.

El procedimiento es aplicable a los siguientes instrumentos:

Tabla N°1: Servicio de instrumentación.

N°1	TAG	SERVICIO
1	Área-DIC-537-13B	CONTROL DENSIDAD 001
2	Área-DIC-537-13A	CONTROL DENSIDAD 002
3	Área-DIC-37040	RECARGA DE ESPESADORES RELAVE 001
4	Área-DIC-462	RECARGA BBA 111
5	Área-DIC-34513	DESCARGA ESPESADOR CONCENTRADO COBRE 001
6	Área-DIC-34525	CLARIFICADOR 001

Tabla n°2: Indicadores de desempeño.

FRECUENCIA		DIAS
DURACIÓN	6	HH
N° DE PERSONAS	2	CADA UNA
CONDICIÓN	S/F	

1

Figura 15

TÍTULO: REVISIÓN Y CALIBRACIÓN DE EQUIPOS RADIOACTIVOS	**FECHA DE ELABORACIÓN:**
SUBTÍTULO: PROCEDIMIENTO REVISIÓN Y CALIBRACIÓN DE EQUIPOS RADIOACTIVOS	**CÓDIGO:**

PROPÓSITO

1. El propósito de este procedimiento es aplicado en la revisión y calibración de equipos radioactivos de la Planta Concentradora para que el trabajo se realice de manera segura y eficiente.
2. Eliminar toda lesión a personas, daños equipos, instalaciones, alteraciones al proceso productivo, calidad y medio ambiente.
3. Establecer un método efectivo de comunicaciones hacia todo el personal involucrado.
4. Este procedimiento es aplicable a todo el personal Mantención Instrumentista del Área.

ALCANCE

El alcance de este procedimiento se debe aplicar a los densímetros nucleares del área y que se indican en la siguiente tabla.

El procedimiento es aplicable a los siguientes instrumentos:

Servicio de instrumentación.

Nº1	TAG	SERVICIO
1	Área-DIC-537-13B	CONTROL DENSIDAD 001
2	Área-DIC-537-13A	CONTROL DENSIDAD 002
3	Área-DIC-37040	RECARGA DE ESPESADORES RELAVE 001
4	Área-DIC-462	RECARGA BBA 111
5	Área-DIC-34513	DESCARGA ESPESADOR CONCENTRADO COBRE 001
6	Área-DIC-34525	CLARIFICADOR 001

Tabla 4

Indicadores de desempeño.

FRECUENCIA		DIAS
DURACIÓN	6	HH
N° DE PERSONAS	2	CADA UNA
CONDICIÓN	S/F	

RESPONSABILIDADES

En orden jerárquico:

1. Superintendente.
2. Ingeniero.
3. Supervisor de Mantención.
4. Planificador.
5. Técnico Instrumentista (calificados, que operen plantas concentradoras).

TERMINOS Y DEFINICIONES

Riesgos asociados a la actividad.

1. Caída del mismo o Distinto nivel
2. Golpeado por Objeto
3. Contacto con Energía eléctrica / Arco eléctrico
4. Contacto con sustancias peligrosas

DESCRIPCION DE LA ACTIVIDAD

Equipos de protección personal y herramientas.

EPP y Herramientas.

1	Elementos de Protección Personal (EPP)	➢ Casco de seguridad. ➢ Anteojos con protección lateral. ➢ Zapatos de seguridad. ➢ Protección auditiva. ➢ Careta facial o escafandra. ➢ **Guantes plomados** ➢ **Traje de plomo en caso de intervenir la fuente.** ➢ **Protección de cuello plomado (tiroides)**
2	Herramientas	➢ Llaves punta corona. ➢ Bolso con herramientas.

3	Instrumentación	➢ Medidor de radiación. ➢ Dosímetro personal. ➢ Calibrador de mA. ➢ Multitester Fluke.
4	Materiales	➢ Trapo de limpieza. ➢ Escobilla de Acero. ➢ Brocha. ➢ Glassex.

PLANIFICACIÓN

3.2 Procedimiento específico de mantención de equipo con fuente de radiación ionizante

Procedimientos, permisos y herramientas.

IT	DESCRIPCIÓN
1	Revisar todos los procedimientos requeridos para la actividad de mantenimiento planificada, en especial los de emergencia.
2	Verificar que todos los permisos requeridos se encuentren realizados y en orden.
3	Identificar, localizar todas las herramientas y equipos requeridos
4	Distribuir los componentes, repuestos y herramientas de forma ordenada de tal forma de evitar incidentes por tropiezo, además de retrasos.
5	Antes de acercarse al equipo realice un inspección
6	Identificar las zonas con cualquier tipo de energía, radiactiva y eléctrica.

Tabla 5

Permisos de trabajo requerido

Solicite los permisos de trabajo seguro correspondientes, además debe contar con lo siguiente según normativa vigente:

- Licencia secundaria o equivalente.
- Curso de Protección Radiológica, dictado por ISP, CCHEN u otros organismos autorizados por MINSAL.
- Historial Dosimétrico.
- Servicios.
- Control Dosimétrico Externo trabajadores expuestos a radiaciones ionizantes.

3.3 Procedimiento de calibración de fuentes radiactivas

TÍTULO: REVISIÓN Y CALIBRACIÓN DE EQUIPOS RADIOACTIVOS	**FECHA DE ELABORACIÓN:**
SUBTÍTULO: PROCEDIMIENTO REVISIÓN Y CALIBRACIÓN DE EQUIPOS RADIOACTIVOS	**CÓDIGO:**

Procedimientos de bloqueos requeridos

Antes de cualquier cosa:

- Solicite el equipo al dueño del área
- Aplique el procedimiento general de aislación y bloqueo eléctrico u otro del equipo.

Verificación previa a la ejecución del trabajo

Verificación previa al trabajo

IT	DESCRIPCIÓN
1	Disponer de la orden de trabajo que identifica el equipo a intervenir
2	Disponer de autorización para manipular fuentes radiactivas, dosímetros respectivos, traje de plomo y licencia tipo p, al día.

Tabla 6

Preparativos

Preparativos antes de realizar trabajo

IT	TAREA	INSTRUCCIONES DE TRABAJO
1	Solicitar materiales	Buscar Materiales: Materiales deben ser **comprados el día anterior** a la mantención y dejarlos en el taller de Instrumentación.
2	Notificar	Notificación: Notificar a la Sala de Control que el equipo se debe intervenir por mantenimiento general.
3	Limpieza del área de trabajo y equipo	Área de trabajo: El área debe estar limpia y ordenada. Limpieza del Equipo: Se debe proceder a realizar limpieza previamente antes de dar inicio al trabajo.

Tabla 7

TÍTULO: REVISIÓN Y CALIBRACIÓN DE EQUIPOS RADIOACTIVOS	**FECHA DE ELABORACIÓN:**
SUBTÍTULO: PROCEDIMIENTO REVISIÓN Y CALIBRACIÓN DE EQUIPOS RADIOACTIVOS	**CÓDIGO:**

3	Sustancias peligrosa para aplicación.	Mantener en terreno hoja de seguridad de sustancias peligrosas como Glassex Multiuso.
4	Consideraciones medio ambientales	Consultar procedimiento, **consideraciones medio ambientales en los trabajo.** (PR-PR6A-060ME-I-100). Manual de Manejo de Residuos o en portal HSEC.

INSTRUCCIONES DETALLADAS DEL TRABAJO

ADVERTENCIA

Lea cuidadosamente este procedimiento previo al realizar la mantencion, operar o poner en servicio este equipo, el no seguir adecuadamente las instrucciones puede causar lesiones graves, muerte o daños en la propiedad.

ADVERTENCIA

Debe poner atención al momento de identificar el equipo a intervenir. Un error podría causar serios daños a las personas, a los equipos y/o al proceso.

PELIGRO

En esta tarea existe el riesgo de sobredosis de radiación siempre que se trabaje dentro o cerca de la fuente radiactiva. Siga los pasos del procedimiento, use sus implementos de seguridad.

TÍTULO: REVISIÓN Y CALIBRACIÓN DE EQUIPOS RADIOACTIVOS	**FECHA DE ELABORACIÓN:**
SUBTÍTULO: PROCEDIMIENTO REVISIÓN Y CALIBRACIÓN DE EQUIPOS RADIOACTIVOS	**CÓDIGO:**

Trabajo paso a paso.

No	Tarea Importante	Instrucciones de Trabajo
1	Consideraciones	Nota: El Procedimiento contempla la revisión y calibración de equipos radioactivos.
2	Procedimiento de trabajo	1º Planificar actividad a. Coordinar con Operaciones la intervención. b. Verificar con Operaciones, si la actividad significa dejar fuera de servicio el control automático o control experto.

	2º Preparación de documentos a. Preparar y firmar documentos en terreno. b. Leer O/T correspondiente. c. Llevar procedimiento.
	3º Pedir equipo a Sala de Control a. Coordinar y asegurar TAG de equipo pedido. b. Coordinar con Operador la puesta en manual si corresponde, en control automático o control experto. c. Asegurar que al realizar pruebas se influye en los enclavamientos de otros equipos.

Tabla 8

TÍTULO: REVISIÓN Y CALIBRACIÓN DE EQUIPOS RADIOACTIVOS	**FECHA DE ELABORACIÓN:**
SUBTÍTULO: PROCEDIMIENTO REVISIÓN Y CALIBRACIÓN DE EQUIPOS RADIOACTIVOS	**CÓDIGO:**

	4º Comprobar radiación en el lugar.	
	RIESGO	CONTROL
	− Exposición a la radiación.	− Utilizar medidor Geiger, para determinar el tiempo de exposición según la lectura del equipo. − Comprobar medidas según estándar en carpeta de equipo radioactivo. − Usar dosímetro personal vigente. − Utilizar traje de plomo.
	− Daño biológico a las personas.	− Utilizar medidor Geiger, para determinar el tiempo de exposición según la lectura del equipo. − Usar dosímetro personal vigente. − Utilizar traje de plomo.

	5º Realizar lo siguiente para los equipos que desea intervenir: a. Caso Switch de nivel de feeder 7, 8, 9 y 10. Continué con el paso 6° al 8°. b. Caso Densímetros de Molienda. Continúe en paso 9. c. Caso Densímetros de Espesadores. Continúe en paso 9.	
	6º Acceso a Equipos.	
	RIESGO	CONTROL
	− Caídas de igual o distinto nivel.	− Precaución con los accesos (gratting, escalas y peldaños). − Uso de EPP, protector contra polvo.

Tabla 9

TÍTULO: REVISIÓN Y CALIBRACIÓN DE EQUIPOS RADIOACTIVOS	**FECHA DE ELABORACIÓN:**
SUBTÍTULO: PROCEDIMIENTO REVISIÓN Y CALIBRACIÓN DE EQUIPOS RADIOACTIVOS	**CÓDIGO:**

	− Golpeado por estructura de acceso.	− Precaución con los accesos (gratting, escalas y peldaños). − Uso de EPP, protector contra polvo.
	7º Revisión de Operación.	
	RIESGO	CONTROL
	− Exposición a la radiación (daño biológico).	− Utilizar medidor Geiger, para determinar el tiempo de exposición según la lectura del equipo. − Uso de EPP guantes de cuero secos para trabajar.
	− Contacto con energía eléctrica al realizar chequeo en transmisor.	− Abra tapa de detector. − Inspeccione interior de detector. − Reapriete conexiones del interior. − Asegurarse donde está

		alimentado eléctricamente, (Usar plano) − Medir salida del contacto que alarma o provoca trip, 110 Vac (En algunos casos 24 Vdc) con tester Fluke. − Abrir y cerrar fuente de radiación para similar atollo (material en su interior). − Cierre tapa detector. − Asegurarse de desbloquear fuente de radiación.
	8º Entrega de Equipo a CP1 a. Entregar equipo a Operador. b. Coordinar con operador la puesta en automático del sistema, si amerita.	

TÍTULO: REVISIÓN Y CALIBRACIÓN DE EQUIPOS RADIOACTIVOS	**FECHA DE ELABORACIÓN:**
SUBTÍTULO: PROCEDIMIENTO REVISIÓN Y CALIBRACIÓN DE EQUIPOS RADIOACTIVOS	**CÓDIGO:**

	9º Densímetros Molienda y/o Espesadores. a. Abra tapa de detector. b. Inspeccione interior de detector. c. Reapriete conexiones del interior. d. Asegurarse donde está alimentado eléctricamente, (Usar plano actualizado del año). e. Revisión de la señal de salida reflejada en DCS. f. Si esta señal está con bad input, continuar con revisión en salida del transmisor en terreno. g. Abrir y cerrar fuente de radiación para simular atollo (material en su interior). h. Cierre tapa detector. i. Asegurarse de desbloquear fuente de radiación. j. Si aún no tiene salida, continuar con el siguiente paso.	
	RIESGO	CONTROL
	− Exposición a la radiación. (daño biológico).	− Utilizar medidor Geiger, para determinar el tiempo de exposición según la lectura

		del equipo.
	− Contacto con energía eléctrica al realizar chequeo en transmisor.	− Uso de EPP guantes de cuero secos para trabajar. − Uso de Multitester Fluke para corroborar alimentación.
	10º Descubrir el preamplificador. Ver las siguientes notas: a. Uso de pulsera antiestática para trabajar. b. De acuerdo a plano mida señal de salida. c. Si aún no existe señal, de acuerdo a manual.	

Tabla 10

TÍTULO: REVISIÓN Y CALIBRACIÓN DE EQUIPOS RADIOACTIVOS	**FECHA DE ELABORACIÓN:**
SUBTÍTULO: PROCEDIMIENTO REVISIÓN Y CALIBRACIÓN DE EQUIPOS RADIOACTIVOS	**CÓDIGO:**

	RIESGO	CONTROL
	− Exposición a la radiación.	− Utilizar medidor Geiger, para determinar el tiempo de exposición según la lectura del equipo.
	− Golpe de manos y/o dedos.	− Uso de EPP guantes de cuero para abrir tapa de detector.
	− Caída de material desde baterías.	− Precaución con caída de material de batería en equipo a intervenir. − Levantar cuidadosamente la tapa del preamplificador.

	11º Marcar cableado y desconexión de los conectores a. Desenergizar la alimentación a detector desde el transmisor (Switch on-off de la tarjeta fuente). b. Uso de pulsera antiestática para trabajar. c. Aislar cables y conectores, contra la humedad y la pulpa. d. Retirar tarjeta e instalar una operativa, y chequear señal de salida con instrumento. e. Revisión de la señal de salida reflejada en DCS.	
	RIESGO	CONTROL
	− Golpe en manos y/o dedos. RMS-3	− Uso de EPP guantes de cuero para desconectar el detector.
	12º Revisión de configuración y cambio de pendiente a. Proceder a revisión de la configuración, de acuerdo a hoja técnica (data sheet), debidamente documentada. b. Cambio pendiente, Según la hoja de cálculo. c. Revise pasos anteriores, revise señal en DCS.	

Tabla 11

TÍTULO: REVISIÓN Y CALIBRACIÓN DE EQUIPOS RADIOACTIVOS	**FECHA DE ELABORACIÓN:**
SUBTÍTULO: PROCEDIMIENTO REVISIÓN Y CALIBRACIÓN DE EQUIPOS RADIOACTIVOS	**CÓDIGO:**

		13º Eliminar desechos resultantes del trabajo desarrollado de acuerdo a normas y procedimientos vigentes.
		14º Solicitar a Dueño de Equipo, firmar PTS correspondiente a recepción de trabajo
	FIGURAS **Transmisor, Detector y Fuente Radioactiva.**	

Tabla 12

3.4 Procedimientos de montaje y/o desmontaje de equipo con fuente de radiación ionizante

Término de trabajo.

1	Limpieza y Orden	✓ Ejecutar una buena limpieza alrededor del área de trabajo. ✓ Retornar todas las herramientas y equipos a su lugar de almacenaje. ✓ Botar la basura.
2	Retiro de bloqueo	✓ Retirar todos los Bloqueos
3	Notificación	✓ Notificar a la Sala de Control que el trabajo está terminado y el equipo está listo y disponible para operar.
4	Notificar la Orden de Trabajo	✓ Hacer los comentarios a la Orden de Trabajo, cierre técnico y generar los avisos subsecuentes si corresponde.
5	Revisar el Procedimiento	✓ <u>Evaluar la efectividad de procedimiento y asegurarse que cualquier cambio al procedimiento se corrija.</u> ✓ Registrar las horas hombres reales en la orden de mantención y cualquier retraso que ocurriera como por ejemplo: la espera de repuesto, cambio del procedimiento etc.

Tabla 13

6 Documentos de referencia

Documentos de referencia usados

1	✓ Orden de trabajo,
2	✓ Permiso de Trabajo Seguro.
3	✓ Procedimiento, CONSIDERACIONES MEDIO AMBIENTALES EN LOS TRABAJO.
4	✓ Manual de Manejo de Residuos.

Tabla 14

TÍTULO: EMERGENCIA DE EQUIPOS RADIACTIVOS	**FECHA DE ELABORACIÓN:**
SUBTÍTULO: PROCEDIMIENTO EMERGENCIA DE EQUIPOS RADIACTIVOS	**CÓDIGO:**

PROPÓSITO

- El propósito de este procedimiento es aplicado a la emergencia ante un accidente de equipos de radiaciones ionizantes, de la Planta Concentradora a través de una metodología común y conocida que resguarde la integridad física de las personas y evite daños a los equipos
- Eliminar toda lesión a personas, daños equipos, instalaciones, alteraciones al proceso productivo, calidad y medio ambiente.
- Establecer un método efectivo de comunicaciones hacia todo el personal involucrado.
- Este procedimiento es aplicable a todo el personal Mantención Instrumentación Planta Concentradora.

ALCANCE

El alcance de este procedimiento se debe aplicar a todas las personas de la Planta Concentradora, visitas y contratistas que se encuentren en ese momento, dentro de las dependencias de Minera Escondida Ltda.

RESPONSABILIDADES

Superintendente: Asegurar la vigencia de este procedimiento, así también que exista Inventario de Riesgo con todas las medidas de control implementadas, además de entregar los recursos necesarios para ejecutar esta actividad.

Ingeniero: Apoyar técnicamente a la ejecución de este procedimiento, participar en la revisión y actualización del mismo, así como también auditar que se aplique en forma efectiva con inspecciones de terreno.

Supervisor de Mantención: Velar por el correcto cumplimiento de este procedimiento en terreno. Participar en la revisión y actualización del mismo. Asegurarse que existen los recursos humanos y materiales para ejecutar esta actividad. Asegurar que este procedimiento sea comprendido por todo el personal a ejecutarlo. Realizar observación de terreno al desarrollo de estos procedimientos.

TÍTULO: EMERGENCIA DE EQUIPOS RADIACTIVOS	FECHA DE ELABORACIÓN:
SUBTÍTULO: PROCEDIMIENTO EMERGENCIA DE EQUIPOS RADIACTIVOS	CÓDIGO:

Planificador: El Planificador de Mantenimiento: Es responsable de programar el trabajo adjunto en el programa diario, detenciones programadas, asegurar que en la orden de trabajo se adjunte el procedimiento, pautas y que todos los materiales y partes estén disponibles antes de asignar el trabajo en la orden de trabajo.

Técnico Instrumentista: Instrumentistas calificados que operen plantas concentradoras: Son responsable de ejecutar el trabajo en forma segura y de realizar el trabajo de acuerdo con el procedimiento.

Términos y definiciones

- No posee términos y definiciones

Descripción de la actividad

Equipos de protección personal.

- Casco de seguridad
- Anteojos con protección lateral
- Zapatos de seguridad
- Guantes plomados.
- Delantal plomado.
- Cuello plomado (protección para la tiroides).
- Protección auditiva

Materiales Requeridos

- Letreros de peligro equipo radiactivos
- Cinta de peligro

TÍTULO: EMERGENCIA DE EQUIPOS RADIACTIVOS	**FECHA DE ELABORACIÓN:**
SUBTÍTULO: PROCEDIMIENTO EMERGENCIA DE EQUIPOS RADIACTIVOS	**CÓDIGO:**

Herramientas

- Equipo para mediar
- Dosímetro personal
- Equipo de comunicación

Antes de comenzar la tarea realizar no olvidar realizar la identificación y control de riesgos y/o la charla de seguridad 5 minutos.

Planificación

- Revisar todos los procedimientos requeridos.
- Llenar todos los permisos requeridos.
- Identificar y localizar todas las herramientas y equipos requeridos.

Preparación

Montaje y trabajo previo del equipo

Instrucción de bloqueo

- Instalar bloqueos personales
- Contactarse con operaciones para solicitar el equipo sala control.

Permisos de Trabajo Requerido

a) Uso herramienta preventiva AAA
Proceso de evaluación y control de riesgos operacionales, cuyo propósito es permitir identificar, evaluar y controlar los riesgos que se presenten antes, durante y después de la tarea.

Equipo y Preparación del Trabajo

a) Buscar Materiales: Materiales deben ser **comprados el día anterior** a la mantención y dejarlos en el taller de Instrumentación.

b) Notificación: Notificar a la Sala de Control que el equipo se debe intervenir por mantenimiento general, PSI Molienda.

c) Instrucción de Bloqueo.:

Uso de bloqueo, Protocolo de Fatalidad, 8.0 Aislamiento. Herramienta preventiva n° 3, Aislamiento y Bloqueo.

Realizar el bloqueo del equipo y prepararlo para mantención.

d) Limpieza del Equipo: Se debe inicialmente proceder a realizar limpieza previamente antes de dar inicio al trabajo.

Consideraciones Medio Ambientales

- Consultar Procedimiento, CONSIDERACIONES MEDIO AMBIENTALES EN LOS TRABAJO
- “Manual de Manejo de Residuos” o en intranet en HSEC hacer Clic en Icono de Manual de Manejo de Residuos.

TÍTULO: EMERGENCIA DE EQUIPOS RADIACTIVOS	FECHA DE ELABORACIÓN:
SUBTÍTULO: PROCEDIMIENTO EMERGENCIA DE EQUIPOS RADIACTIVOS	CÓDIGO:

Ejecución del trabajo

N°	Tarea Importante	Instrucciones de Trabajo
1	Consideraciones	Nota: Procedimiento, de Emergencia de Equipos Radiactivos
2	Procedimiento de trabajo	Con el fin de marcar el ámbito de las acciones a tener en consideración, ante la ocurrencia de un accidente con radiaciones ionizantes o materiales radiactivos, es necesario definir algunos conceptos tales como: Accidente Nuclear: es producto de cualquier hecho o sucesión de hechos que, teniendo un mismo origen hayan causado daños nucleares.
		Daño Nuclear: Comprende, la pérdida de vidas humanas, las lesiones corporales, somáticas, genéticas síquicas que afecten a las personas, los daños y perjuicios que se produzcan en los bienes como resultado directo o indirecto de las propiedades radioactivos o de la combinación de estas con las propiedades toxicas, explosivas u otras propiedades de los combustibles nucleares o de los productos de desechos radioactivos que se encuentren en una instalación o de las sustancias nucleares que procedan o se originen en ella o se envíen a ella, como también en el resultado directo o indirecto de radiaciones que emanen de cualquier otra fuente de radiaciones. A su vez, la ley N° 18302, ley de Seguridad Nuclear, establece que : “Toda persona que directa o indirectamente tuviere noticias de un accidente o cualquiera otra anormalidad en el funcionamiento de instalaciones o equipos nucleares o en las demás actividades relacionadas con los usos de la energía nuclear y de los materiales nucleares, deberá ponerlas en conocimiento de la Comisión o de sus inspectores en un plazo máximo de 24 Hrs. “. “En conocimiento de los hechos o accidente nuclear, la Comisión adoptará de inmediato todas las medidas necesarias pudiendo solicitar la competencia y asistencia de cualquier otra autoridades o institución pública o privada “.

Tabla 15

		Teniendo en consideración las normativas legales vigentes, el procedimiento a seguir en caso de ocurrencia de un accidente nuclear, es el siguiente: El área afectada debe quedar bajo la responsabilidad del supervisor Eléctrico-Instrumentación o ante su ausencia el Líder de Equipo de instrumentación, el que debe contar con el curso de protecciones radiológicas, dosímetro de radiaciones, licencia de operador de equipos radioactivos actualizada, quien es el RESPONSABLE del Área en Riesgo.
		Avisar en forma inmediata a personal responsable del Área de Higiene ambiental, Luis Pinto, Edgardo Zepeda o quien lo remplace, fono 3301 o por canal de Protección de Recursos.
		EL RESPONSABLE, procede a circunscribir el Área afectada, prohibiendo el paso de cualquier persona del área afectada, sin excepciones. Para hacer este trabajo el RESPONSABLE designara personas capacitadas y controladas en radiaciones ionizantes, quienes colaboraran en las tareas, teniendo presente que POR NINGUN MOTIVO, ninguna persona puede exponerse a niveles de impacto que superen la norma. Para circunscribir el Área afectada la normativa debe establecer un impacto de radiaciones al ambiente no mayor de 0.25 milirem/hora o su equivalente 2.5 microSivert/hora (límite para público), de manera que toda el Área que supere este valor debe quedar dentro del sitio aislado.
		Ninguna persona, sin excepción, debe exponerse a niveles de radiaciones ionizantes por sobre los Límites permitidos.
		Toda área afectada, debe señalizarse en todo su entorno, mediante letreros de advertencia de prohibido el paso, con personal instruido con órdenes estrictas, que solo podrán ser cambiadas por medidas tomadas entre el RESPONSABLE y el oficial de Protección Radiológica o quien lo reemplace.

		El Oficial de Protección Radiológica, quien lo reemplace, en conjunto con el RESPONSABLE del Área, evaluaran la situación producida y emitirán un informe, en el más breve plazo, a la gerencia del área que corresponda y a la Gerencia General de Miera Escondida Limitada.

TÍTULO: EMERGENCIA DE EQUIPOS RADIACTIVOS	**FECHA DE ELABORACIÓN:**
SUBTÍTULO: PROCEDIMIENTO EMERGENCIA DE EQUIPOS RADIACTIVOS	**CÓDIGO:**

		Según evaluación de la situación, se procederá a comunicar el accidente nuclear a la autoridad regional del Servicio de Salud, Departamento de programas sobre Ambiente como igualmente a la autoridad de la Comisión Chilena de Energía Nuclear, organismo del Estado fiscalizador de la Ley de Seguridad Nuclear.
		En caso que sea necesario la manipulación de sustancias radiactivas que han sufrido deterioros, el oficial de Protección Radiológica o quien lo reemplace, evaluara el impacto radiactivo en el ambiente y si este se encuentra por sobre las normas de protección, se solicitara la colaboración de la Comisión Chilena de Energía Nuclear para superar el impasse.
		Superado el accidente nuclear, se evaluaran las medidas de control necesarias para todas aquellas personas que pudieran haber sido impactadas por niveles superiores a la normativa de Protección Radiológica.
		Es importante tener en consideración que si la emergencia se debe a un incendio en el entorno de fuentes radiactivas, es necesario efectuar con instrumentos de alcance (telector) la medición de las emisiones de dicha fuente, apagar el foco de incendio y enfriar la carcasa o blindaje de la fuente durante todo el tiempo que dure el fuego, puesto que esta es de plomo y podría con la exposición del calor, fundirse y exponer la sustancia radiactiva a la vista, produciendo irradiación en 360 grados.

Termino del Trabajo

Limpieza y Orden

- Ejecutar una buena limpieza alrededor del área de trabajo.
- Retornar todas las herramientas y equipos a su lugar de almacenaje.
- Botar la basura.
- Limpiar todo derrame de aceite producto del cambio de esté.
- Eliminar trapos impregnados de aceite y otros elementos contaminados

Retiro de bloqueo

Retirar todos los Bloqueos

Notificación

Notificar a la Sala de Control que el trabajo está terminado y el equipo está listo y disponible para operar

Eliminación Desechos

Notificar la Orden de Trabajo

Hacer los comentarios a la Orden de Trabajo, cierre técnico y generar los avisos subsecuentes si corresponde

Revisar el Procedimiento

Evaluar la efectividad de procedimiento y asegurarse que cualquier cambio al procedimiento se corrija. Registrar las horas hombres reales en la orden de mantención y cualquier retraso que ocurriera como por ejemplo: la espera de repuesto, cambio del procedimiento etc.

Documentos de referencia

- Orden de trabajo.
- Permiso de Trabajo Seguro.
- Procedimiento: "consideraciones medio ambientales en los trabajo
- Manual de Manejo de Residuos.

ANEXOS

- (Indicar si se hace referencia a anexos o a otros documentos que son relevantes para la tarea).

Procedimiento transporte de equipos radiactivos

TÍTULO:TRANSPORTE DE EQUIPOS RADIACTIVOS	**FECHA DE ELABORACIÓN:**
SUBTÍTULO:PROCEDIMIENTO TRANSPORTE DE EQUIPOS RADIACTIVOS	**CÓDIGO:**

Propósito

- El propósito de este procedimiento es aplicado en el transporte de los equipos radioactivos a bodega de resguardo o de la Bodega de resguardo al lugar de instalación, el transporte está bajo las normas de equipos de radiaciones ionizantes y que el trabajo se realice de manera segura y eficiente.
- Eliminar toda lesión a personas, daños equipos, instalaciones, alteraciones al proceso productivo, calidad y medio ambiente.
- Establecer un método efectivo de comunicaciones hacia todo el personal involucrado.
- Este procedimiento es aplicable a todo el personal Mantención instrumentación de Planta concentradora.

Alcance

El alcance de este procedimiento se debe aplicar al transporte de equipos radioactivos de la Planta Concentradora.

Responsabilidades

Nota: Solo se indicará responsables y no responsabilidades.

- Superintendente:
- Ingeniero
- Supervisor de Mantención.
- Planificador.
- Técnico Instrumentista: Instrumentistas calificados que operen plantas concentradoras.

Términos y definiciones

- No posee términos y definiciones

TÍTULO:TRANSPORTE DE EQUIPOS RADIACTIVOS	FECHA DE ELABORACIÓN:
SUBTÍTULO:PROCEDIMIENTO TRANSPORTE DE EQUIPOS RADIACTIVOS	CÓDIGO:

Descripción de la actividad

Equipos de protección personal.

- Casco de seguridad
- anteojos con protección lateral
- Guantes plomados,
- Traje aplomado para radiación.
- Protección de cuello (tiroides).

Materiales Requeridos

- Letreros de equipos radiactivos
- Dosímetro y autorización del servicio de salud

Herramientas

- Bolso con herramientas
- Medidor de radiación (o contador Geiger).

Planificación

- Revisar todos los procedimientos requeridos.
- Llenar todos los permisos requeridos.
- Identificar y localizar todas las herramientas y equipos requeridos.

Preparación

Montaje y trabajo previo del equipo

Instrucción de bloqueo

- Instalar bloqueos personales
- Contactarse con operaciones para solicitar el equipo sala control.

TÍTULO:TRANSPORTE DE EQUIPOS RADIACTIVOS	FECHA DE ELABORACIÓN:
SUBTÍTULO:PROCEDIMIENTO TRANSPORTE DE EQUIPOS RADIACTIVOS	CÓDIGO:

Permisos de Trabajo Requerido

a) **Uso herramientas preventivas**
Proceso de evaluación y control de riesgos operacionales, cuyo propósito es permitir identificar, evaluar y controlar los riesgos que se presenten antes, durante y después de la tarea.

b) **Permiso de Trabajo Seguro.**
Se requiere un Permiso de Trabajo Seguro ya que es un trabajo potencialmente peligroso y se deben tomar precauciones de seguridad adicionales. **(PTS Espacios Confinados)**.

Equipo y Preparación del Trabajo

a) Buscar Materiales: Materiales deben ser comprados el día anterior a la mantención y dejarlos en el taller de Instrumentación.

b) Notificación: Notificar a la Sala de Control que el equipo se debe intervenir por mantenimiento general.

c) Instrucción de Bloqueo.:

Uso de bloqueo, Aislamiento. Aislamiento y Bloqueo.

Realizar el bloqueo del equipo y prepararlo para mantención.

d) Limpieza del Equipo: Se debe inicialmente proceder a realizar limpieza previamente antes de dar inicio al trabajo.

Consideraciones Medio Ambientales

- Consultar Procedimiento: “consideraciones medio ambientales en los trabajo”.
- “Manual de Manejo de Residuos”.

TÍTULO:TRANSPORTE DE EQUIPOS RADIACTIVOS	FECHA DE ELABORACIÓN:
SUBTÍTULO:PROCEDIMIENTO TRANSPORTE DE EQUIPOS RADIACTIVOS	CÓDIGO

Ejecución del trabajo

No	Tarea Importante	Instrucciones de Trabajo	
1	Consideraciones	Nota: Coordinar con personal de Protección de Recursos, Higiene Ambiental Nota: Los Instrumentistas que realicen el traslado deben estar autorizados.	
2	Procedimiento de trabajo	1° Coordinar traslado de equipo radioactivo con personal de Higiene Ambiental de Prevención de riesgos. Anexo n° 3667.	
		RIESGO	CONTROL
		– Irradiación.	– Trabajo debe ser realizado por personal autorizado y con autorización del Servicio de Salud vigente, además, con su dosímetro. – Utilizar medidor Geiger, para – Determinar el tiempo de exposición según la lectura del equipo. – La camioneta debe llevar a lo menos letreros de identificación de equipo radioactivo.
			– La camioneta nunca debe quedar sola al estar la fuente radioactiva en ella. – Coordinar con personal de Higiene ambiental de Prevención de riesgos, la hora para acercarse a la bodega de resguardo a dejar la fuente o a retirar fuente.
		Cargar densímetro en camioneta, según recomendaciones del fabricante y a reglamentación vigente.	

Tabla 16

TÍTULO:TRANSPORTE DE EQUIPOS RADIACTIVOS	FECHA DE ELABORACIÓN:
SUBTÍTULO:PROCEDIMIENTO TRANSPORTE DE EQUIPOS RADIACTIVOS	CÓDIGO:

No	Tarea Importante	Instrucciones de Trabajo	
		RIESGO	CONTROL
		-Radiación.	– Usar traje aplomado, pechera, delantal, cubre gónadas y cubre pies para manipular la fuente. – Dejar fuente radioactiva cerrada y con dirección del haz hacia abajo. – Poner letrero de identificación de equipo radioactivo. – Evitar el acercamiento de personal no autorizado.
		-Sobreesfuerzo.	– Adoptar buena postura corporal para levantar la fuente y posicionar en camioneta (si es fuente de 50mCi).
		3° Dirigirse a Bodega de Resguardo.	
		RIESGO	CONTROL
		-Volcamiento de vehículo de transporte.	– Manejo a la defensiva por el trayecto a bodega. – Respetar las señalizaciones de velocidad (según articulo 53; 54) del Reglamento sobre instalaciones radioactivas. – Desplazarse con luces de estacionamiento encendida (precaución).
		4° Descarga de Fuente radiactiva en bodega habilitada y búnker señalizado. Con personal de Prevención de Riesgos presente.	

Tabla 17

TÍTULO:TRANSPORTE DE EQUIPOS RADIACTIVOS	FECHA DE ELABORACIÓN:
SUBTÍTULO:PROCEDIMIENTO TRANSPORTE DE EQUIPOS RADIACTIVOS	CÓDIGO:

No	Tarea Importante	Instrucciones de Trabajo	
		RIESGO	CONTROL
		– Radiación.	– Usar traje aplomado para desplazar la fuente y enganchar con monorriel manual.
		– Atrapamiento de manos y/o dedos.	– Uso de guantes de cuero para izar fuente radiactiva con cadena de monorriel.
		– Sobreesfuerzo al mover la fuente radiactiva.	– Adoptar buena postura para desplazar la fuente radiactiva hasta de fin de almacenamiento.
		5° Registro de datos de Fuente Radiactiva. Entregar a personal de Prevención de Riesgos los datos del equipo e indicando el lugar de instalación que corresponde en Libro de registro de Bodega de Resguardo.	
		RIESGO	CONTROL
		– Descontrol de ubicación del equipo.	– Asegurar que los datos anotados en el libro de Prevención de Riesgos son los correctos.
		– Traspaso de unidad como chatarra con peligro de contaminación radioactiva – (Multas del gobierno).	– Resguardo en lugar indicado según reglamento vigente y Ley de equipos de radiaciones ionizantes, indicando el lugar con el Símbolo identificador.

Tabla 18

4	FIGURA 1 Muestra una Fuente radioactiva.	
	FIGURA 2 Muestra un letrero con el Símbolo de identificación de una fuente radioactiva.	

Tabla 19

Termino del Trabajo

Limpieza y Orden

- Ejecutar una buena limpieza alrededor del área de trabajo.
- Retornar todas las herramientas y equipos a su lugar de almacenaje.
- Botar la basura.
- Limpiar todo derrame de aceite producto del cambio de esté.
- Eliminar trapos impregnados de aceite y otros elementos contaminados

Retiro de bloqueo

Retirar todos los Bloqueos

TÍTULO:TRANSPORTE DE EQUIPOS RADIACTIVOS	FECHA DE ELABORACIÓN:
SUBTÍTULO:PROCEDIMIENTO TRANSPORTE DE EQUIPOS RADIACTIVOS	CÓDIGO:

Notificación

Notificar a la Sala de Control que el trabajo está terminado y el equipo está listo y disponible para operar.

Notificar la Orden de Trabajo

Hacer los comentarios a la Orden de Trabajo, cierre técnico y generar los avisos subsecuentes si corresponde.

Revisar el Procedimiento
Evaluar la efectividad de procedimiento y asegurarse que cualquier cambio al procedimiento se corrija. Registrar las horas hombres reales en la orden de mantención y cualquier retraso que ocurriera como por ejemplo: la espera de repuesto, cambio del procedimiento etc.

DOCUMENTOS DE REFERENCIA

- Hoja de Control de Riesgos.
- Orden de trabajo, Notificación.
- Permiso de Trabajo Seguro.
- Procedimiento, consideraciones medio ambientales en los trabajos.
- Manual de Manejo de Residuos.

Procedimiento retiro e instalación de fuentes radioactivas

TITULO: RETIRO E INSTALACIÓN DE FUENTES RADIOACTIVAS	FECHA DE ELABORACIÓN:
SUBTÍTULO: PROCEDIMIENTO RETIRO E INSTALACIÓN DE FUENTES RADIOACTIVAS	CÓDIGO:

1. **PROPÓSITO**

- El propósito de este procedimiento es aplicado al retiro e instalación de fuentes radioactivas de la Planta Concentradora y que el trabajo se realice de manera segura y eficiente.
- Minimizar toda lesión a personas, daños equipos, instalaciones, alteraciones al proceso productivo, calidad y medio ambiente.
- Establecer un método efectivo de comunicaciones hacia todo el personal involucrado.
- Este procedimiento es aplicable a todo el personal Mantención Instrumentación Planta Concentradora.

2. ALCANCE

El alcance de este procedimiento se debe aplicar a todos los densímetros de la Planta Concentradora.

3. **RESPONSABILIDADES**

Superintendente: Asegurar la vigencia de este procedimiento, así también que exista Inventario de Riesgo con todas las medidas de control implementadas, además de entregar los recursos necesarios para ejecutar esta actividad.

Ingeniero: Apoyar técnicamente a la ejecución de este procedimiento, participar en la revisión y actualización del mismo, así como también auditar que se aplique en forma efectiva con inspecciones de terreno.

Supervisor de Mantención: Velar por el correcto cumplimiento de este procedimiento en terreno. Participar en la revisión y actualización del mismo. Asegurarse que existen los recursos humanos y materiales para ejecutar esta actividad. Asegurar que este procedimiento sea comprendido por todo el personal a ejecutarlo. Realizar observación de terreno al desarrollo de estos procedimientos.

Planificador: El Planificador de Mantenimiento: Es responsable de programar el trabajo adjunto en el programa diario, detenciones programadas, asegurar que en la orden de trabajo se adjunte el procedimiento, pautas y que todos los materiales y partes estén disponibles antes de asignar el trabajo en la orden de trabajo.

Técnico Instrumentista: Instrumentistas calificados que operen plantas concentradoras: Son responsable de ejecutar el trabajo en forma segura y de realizar el trabajo de acuerdo con el procedimiento.

1

TITULO: RETIRO E INSTALACIÓN DE FUENTES RADIOACTIVAS	FECHA DE ELABORACIÓN:
SUBTÍTULO: PROCEDIMIENTO RETIRO E INSTALACIÓN DE FUENTES RADIOACTIVAS	CÓDIGO:

4. TERMINOS Y DEFINICIONES

- No posee términos y definiciones

5. DESCRIPCION DE LA ACTIVIDAD Equipos de protección personal.

- Casco de seguridad.
- Anteojos con protección lateral.
- Zapatos de seguridad.
- Protección auditiva.
- Respirador para polvo.
- Arnés de seguridad.
- Overol desechable.
- Guantes de cabretilla.
- Guantes plomados.
- Traje aplomado.
- Protector de cuello plomado (para la tiroides).

Materiales Requeridos

- Cinta de seguridad.
- Cordel para subir o bajar fuente.
- Dosímetro y autorización del servicio de salud.

Herramientas

- Medidor de radiación.
- Juego de dados.
- Juegos de llaves punta corona.
- Calibrador de mA.
- Pulsera antiestática.
- Bolso con herramientas.
- Multitester Fluke 87.

Antes de comenzar la tarea realizar charla de 5 minutos y gestionar el riesgo.

5.1 Planificación

- Revisar todos los procedimientos requeridos.
- Llenar todos los permisos requeridos.
- Identificar y localizar todas las herramientas y equipos requeridos.

2

5.2 Preparación

5.2.1 Montaje y trabajo previo del equipo

5.2.2 Instrucción de bloqueo

- Instalar bloqueos personales
- Contactarse con operaciones para solicitar el equipo sala control.

5.2.3 Permisos de Trabajo Requerido

a) Uso herramientas preventivas
Proceso de evaluación y control de riesgos operacionales, cuyo propósito es permitir identificar, evaluar y controlar los riesgos que se presenten antes, durante y después de la tarea.

b) Permiso de Trabajo Seguro.
Se requiere un Permiso de Trabajo Seguro ya que es un trabajo potencialmente peligroso y se deben tomar precauciones de seguridad adicionales. (PTS Espacios Confinados).

5.2.4 Equipo y Preparación del Trabajo

a) **Buscar Materiales:** los Materiales deben ser comprados el día anterior a la mantención y dejarlos en el taller de Instrumentación.

b) **Notificación:** Notificar a la Sala de Control que el equipo se debe intervenir por mantenimiento general, PSI Molienda.

e) **Instrucción de Bloqueo:**
Uso de bloqueo, Protocolo de Fatalidad, Aislamiento. Herramienta preventiva: Aislamiento y Bloqueo.
Realizar el bloqueo del equipo y prepararlo para mantención.

d) **Limpieza del Equipo:** Se debe inicialmente proceder a realizar limpieza previamente antes de dar inicio al trabajo.

5.2.5 Consideraciones Medio Ambientales

- Consultar Procedimiento, "consideraciones medio ambientales en los trabajos".
- "Manual de Manejo de Residuos" o en intranet, hacer Clic en ícono de Manual de Manejo de Residuos.

TITULO: RETIRO E INSTALACIÓN DE FUENTES RADIOACTIVAS	FECHA DE ELABORACIÓN:
SUBTÍTULO: PROCEDIMIENTO RETIRO E INSTALACIÓN DE FUENTES RADIOACTIVAS	CÓDIGO:

5.3 EJECUCION DEL TRABAJO

N°	Tarea Importante	Instrucciones de Trabajo
1	Consideraciones	Nota: El Procedimiento contempla el retiro e instalación de fuentes radioactivas.
2	Procedimiento de trabajo	1° Planificar actividad

RIESGO	CONTROL
-Perturbación al proceso.	-Coordinar con Operaciones el retiro.
-Provocar incidente.	-Coordinar con Operaciones el retiro.

2° Pedir equipo a CP1.

RIESGO	CONTROL
-Falla de proceso.	-Coordinar y asegurar Tag de equipo pedido.

3° Comprobar radiación en el lugar.

RIESGO	CONTROL
-Exposición a la radiación.	-Utilizar medidor Geiger. -Comprobar medidas según estándar en carpeta de equipo radioactivos.
-Daño biológico a las personas.	-Utilizar medidor Geiger. -Comprobar medidas según estándar en carpeta de equipo radioactivos.

4° Bloqueo de fuentes radioactivas.

RIESGO	CONTROL
-Exposición a la radiación.	-Bloquear, cerrando (Shut) la fuente de energía radioactiva.

5° Desenergización de la unidad electrónica.

RIESGO	CONTROL
-Cortocircuito.	-Asegurarse que el panel de alimentación corresponda al equipo a intervenir. -Bloquear fuente de energía eléctrica a instrumento.

4

TITULO: RETIRO E INSTALACIÓN DE FUENTES RADIOACTIVAS	FECHA DE ELABORACIÓN:
SUBTÍTULO: PROCEDIMIENTO RETIRO E INSTALACIÓN DE FUENTES RADIOACTIVAS	CÓDIGO:

-Caídas de circuito general.	-Asegurarse que el panel de alimentación corresponda al equipo a intervenir. -Bloquear fuente de energía eléctrica a instrumento.
-Falla de proceso.	-Asegurarse que el panel de alimentación corresponda al equipo a intervenir. -Bloquear fuente de energía eléctrica a instrumento.

6° Desconectar eléctricamente el detector.

RIESGO	CONTROL
-Golpe de manos y/o dedos.	-Uso de EPP, guantes de cuero para soltar tapa del detector.
-Contacto con energía eléctrica.	-Verificar ausencia de energía eléctrica realizando medición con Multitester antes de desconectar.
-Caída de material.	-Precaución con caída de material desde batería en operación.

7° Descubrir el preamplificador.

RIESGO	CONTROL
-Atrapamiento de manos y/o dedos.	-Levantar cuidadosamente la tapa del preamplificador .
-Caída de material.	-Precaución con caída de material desde batería en operación.

8° Marcar cableado y Desconexión de los conectores.

RIESGO	CONTROL
-Golpe de manos y/o dedos.	-Usar EPP, guantes de cuero.
-Daño de componentes.	-Aislar cables y conectores, contra la humedad y la pulpa.

9° Retiro de Fuente y detector. Ver notas:

a) Asegurar con una cuerda el amarre de la Fuente (Cáncamo) a la estructura, para que ésta no caiga bruscamente al quedar libre.
b) Soltar tuercas y retirar detector.
e) Soltar tuercas de la fuente y retirar.
d) En caso de baterías soltar tuercas y retirar pernos de abrazadera de montaje de detector fuente.

RIESGO	CONTROL

5

TITULO: RETIRO E INSTALACIÓN DE FUENTES RADIOACTIVAS	FECHA DE ELABORACIÓN:
SUBTÍTULO: PROCEDIMIENTO RETIRO E INSTALACIÓN DE FUENTES RADIOACTIVAS	CÓDIGO:

-Exposición a la radiación.	-Realizar mediciones con medidor Geiger en el área de trabajo. -Asegurar que otra personas no transiten por el lugar. (Demarcar área con cinta). -Revisar el uso de guantes protectores de radiación, esto se debe ver respecto si puede manipular libremente los equipos. -Usar pechera protectora.
-Caída de igual o distinto nivel.	-Usar arnés, si lo amerita en la tarea.
-Golpe en manos y/o dedos. dedos.	-Revisar el uso de guantes protectores de radiación, esto se debe ver respecto si puede manipular libremente los equipos.
-Atrapamiento de manos y/o dedos.	-Revisar el uso de guantes protectores de radiación, esto se debe ver respecto si puede manipular libremente los equipos.
-Sobreesfuerzo al realizar maniobras.	-Adoptar buena postura corporal para realizar maniobra de izaje o retiro de fuente.

10° Retiro de equipo.

RIESGO	CONTROL
-Exposición de la radiación.	-Realizar mediciones con medidor Geiger en el área de trabajo. -Asegurar que otra personas no transiten por el lugar. (Demarcar área con cinta).
-Caídas de igual o distinto nivel.	-Desplazarse estando atento a las condiciones del lugar de trabajo. -Usar arnés, si lo amerita en la tarea.
-Caída de equipo.	-Uso correcto del tecle manual para bajar fuente. -Uso de monorriel o puente grúa si amerita. -Bajar suavemente el equipo en superficie segura.

6

TITULO: RETIRO E INSTALACIÓN DE FUENTES RADIOACTIVAS	FECHA DE ELABORACIÓN:
SUBTÍTULO: PROCEDIMIENTO RETIRO E INSTALACIÓN DE FUENTES RADIOACTIVAS	CÓDIGO:

-Golpe en manos y/o dedos.	-Usar guantes de cuero para maniobra con tecle.
-Atrapamiento de manos y/o dedos.	-Usar guantes de cuero para maniobra con tecle.
-Sobreesfuerzo al realizar maniobras.	-Adoptar buena postura corporal para realizar maniobra de izaje o retiro de fuente.
11° Transporte de equipo a Bodega de Resguardo.	
RIESGO	CONTROL
-Incidente Ambiental o Accidente Radioactivo.	-Utilizar Procedimiento de Transporte de equipos radioactivos.
12° Llevar equipo al lugar de montaje	
RIESGO	CONTROL
-Exposición a la radiación.	-Realizar mediciones con medidor Geiger en el área de manejo de fuente.
-Caída de equipo.	-Uso de monorriel o puente grúa si amerita. En la manipulación de la fuente radioactiva.
-Golpes por caída de equipo.	-Mantenerse retirado de la fuente cuando esta se encuentre suspendida, nunca debajo de ella.
13° Montaje de equipo, Ver notas: a).- Instalar detector y apretar tuercas. b).- Instalar fuente , apretar truecas.	
RIESGO	CONTROL
-Exposición a la radiación.	-Usar traje de plomo contra la radiación. -Asegurar que otra personas no transiten por el lugar. (Demarcar área con cinta).

7

-Golpes en dedos, manos, pies por caída de fuente.	-Asegurar amarre de Fuente (Cáncamo) a la estructura, para que esta no caiga bruscamente al quedar libre. -Uso de EPP, guantes de cuero para maniobra de izar Fuente.
-Atrapamiento de manos y/o dedos.	-Asegurar amarre de Fuente (Cáncamo) a la estructura, para que esta no caiga bruscamente al quedar libre. -Uso de EPP, guantes de cuero para maniobra de izar Fuente.
-Sobreesfuerzo al realizar maniobras.	-Adoptar buena postura corporal para realizar maniobra de izaje de fuente.

14° Conexión de detector.

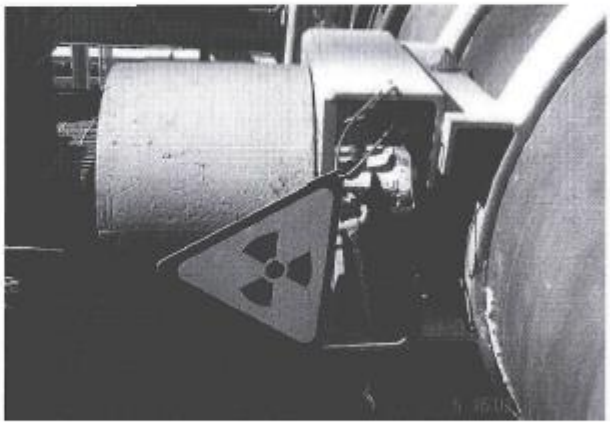
RIESGO	CONTROL
-Falla de equipo.	-Uso de guantes de cuero secos para realizar la conexión. -Conectar de acuerdo a levantamiento realizado antes de retirar, o de acuerdo a plano eléctrico de manual.
-Daño a electrónica del detector.	-Uso de guantes de cuero secos para realizar la conexión. -Conectar de acuerdo a levantamiento realizado antes de retirar, o de acuerdo a plano eléctrico de manual.

15° Energizar detector.

RIESGO	CONTROL
-Contacto con energía eléctrica.	-Uso de EPP , guantes de cuero y lentes de seguridad.
-Corto circuito por mala conexión.	-Asegurarse que el panel de alimentación corresponda al equipo intervenido.
-Caída de otros equipos.	-Coordinar la energización del equipo intervenido.

16° Desbloquear fuente de radiación.

TITULO: RETIRO E INSTALACIÓN DE FUENTES RADIOACTIVAS	FECHA DE ELABORACIÓN:
SUBTÍTULO: PROCEDIMIENTO RETIRO E INSTALACIÓN DE FUENTES RADIOACTIVAS	CÓDIGO:

		RIESGO	CONTROL
		-Exposición a la radiación.	-Realizar mediciones con medidor Geiger en el área de fuente. -Usar protección (pechera y guantes) Desbloquear fuente radioactiva.
		17° Entrega de equipo a Operaciones Cp1	
		RIESGO	CONTROL
		-Falla de proceso.	-Entregar equipo a CP1. -Verificar señal en CP1 y DCS. -Retirar los materiales usados, dejar el área limpia.
		18° Eliminar desechos resultantes del trabajo desarrollado, considerando lo mencionado en el punto 5.2.5. 19° Solicitar a Dueño de Equipo, firmar PTS correspondiente a recepción de trabajo	
	Fuente Radioactivas		

9

5.4 Termino del Trabajo

5.4.1 Limpieza y Orden

- Ejecutar una buena limpieza alrededor del área de trabajo.
- Retornar todas las herramientas y equipos a su lugar de almacenaje.
- Botar la basura.
- Limpiar todo derrame de aceite producto del cambio de esté.
- Eliminar trapos impregnados de aceite y otros elementos contaminados

5.4.2 Retiro de bloqueo

Retirar todos los Bloqueos

5.4.3 Notificación

Notificar a la Sala de Control que el trabajo está terminado y el equipo está listo y disponible para operar.

5.4.4 Notificar la Orden de Trabajo

Hacer los comentarios a la Orden de Trabajo, cierre técnico y generar los avisos subsecuentes si corresponde

5.4.5 Revisar el Procedimiento

Evaluar la efectividad de procedimiento y asegurarse que cualquier cambio al procedimiento se corrija. Registrar las horas hombres reales en la orden de mantención y cualquier retraso que ocurriera como por ejemplo: la espera de repuesto, cambio del procedimiento etc.

6. **DOCUMENTOS DE REFERENCIA**

- Orden de trabajo.
- Permiso de Trabajo Seguro
- Procedimiento, CONSIDERACIONES MEDIO AMBIENTALES EN LOS TRABAJO
- Manual de Manejo de Residuos

7. **ANEXOS**

Anexo 1 "Análisis de Riesgos asociado a la tarea"

Actividad N°9

Mantención de equipos ionizantes

Descripción
Los participantes deberán realizar un examen por escrito de lo estudiado.

Aprendizaje esperado
Conocer los riesgos de la energía ionizantes y conocer los instrumentos utilizados en la mantención de equipos ionizantes.

Selecciones y marque la(s) aseveraciones correctas:

1. El objetivo de medir la densidad en los procesos industriales, tiene relación con tener información de:
   a) La producción del proceso.
   b) Concentración del producto.
   c) Relación Liquido/Sólido.
   d) La cantidad de flujo másico en el ducto.

2. Para medir mediante radiación, es importante tener en cuenta:
   a) Que el material absorbe energía, de acuerdo a la densidad de este.
   b) Que la densidad del fluido varía a un volumen fijo.
   c) La frecuencia de detector de centelleo.

3. El densímetro nuclear se caracteriza por:
   a) Medir sin contacto con el medio.
   b) Medir densidad, gravedad específica, % de sólidos.
   c) Absorber la energía electromagnética del medio.
   d) Todas las anteriores.

4. La calibración de un densímetro se realiza:
   a) Mediante software a través de un Transmisor.
   b) Muestras comparativas con fluidos normalizados.
   c) En un punto de calibración.

5. El spanning define:
   a) El rango absoluto del densímetro.
   b) El rango absoluto de la variable.
   c) El rango de calibración.

6. Los medidores nucleares se caracterizan por:
   a) Radiación ionizante.
   b) Comprobar la calidad del producto.
   c) Controlar la Producción.

7. El Obturador de los detectores sirve para:
   a) El blindaje del instrumento.
   b) El blindaje de la fuente cuando no se utiliza el instrumento.
   c) El blindaje de la fuente cuando se utiliza el instrumento.

8. Los medidores radiactivos:
   a) Son de poco mantenimiento.
   b) Son sometidos a altas exigencias.
   c) No deben contener materiales peligrosos.

9. Los planes de emergencia para los detectores nucleares deben considerar situaciones como:
   a) Fugas de sustancias radioactivas.
   b) Investigar las dosis a usar.
   c) Mantener las dosis en aplicaciones.

10. La abreviatura CCHEN significa:
   a) Comisión Chilena de Energías No renovables.
   b) Comité Chileno de Energías Radiantes.
   c) Comisión Chechena de Energía Nuclear (bases en Rusia).
   d) Comisión Chilena de Energía Nuclear.

Cierre de la actividad

El instructor corregirá en conjunto con los participantes las respuestas correctas e incorrectas, se aclararan las dudas con respecto a ellas.

Consejo Minero
Dirección: Apoquindo 3500, Piso 7, Las Condes, Santiago.
Teléfono: (562) 2347 2200
www.ccm.cl

AngloAmerican

ANTOFAGASTA MINERALS

BARRICK

bhpbilliton
resourcing the future

CODELCO
Orgullo de Todos

COLLAHUASI

FREEPORT-McMoRAN COPPER & GOLD

GLENCORE

KGHM
POLSKA MIEDŹ S.A.

LUMINA
COPPER CHILE

Teck

YAMANAGOLD