

**MANUAL DE PROCEDIMIENTOS  
PARA FUENTES RADIACTIVAS EN  
OPERACIÓN NORMAL Y  
EMERGENCIAS**



## **TABLA DE CONTENIDO**

1.INTRODUCCIÓN .....	3
1.1.PRESENTACIÓN DE LA EMPRESA.....	3
1.2.Objetivos.....	3
1.3.Alcance .....	4
1.4.Distribución .....	4
 2.GENERALIDADES .....	 4
2.1.INFORMACIÓN DE LA EMPRESA .....	4
2.1.1. Descripción.....	4
2.1.2. Organigrama de la empresa.....	5
2.2. Marco Legal e Institucional.....	5
2.2.1. Obligaciones del empleador para con sus trabajadores.....	6
2.2.2. Obligaciones del Usuario con la Autoridad Reguladora .....	6
2.2.3. Registros .....	6
2.3.CONCEPTOS BÁSICOS SOBRE RADIATIVIDAD .....	7
2.3.1. Reseña Histórica .....	7
2.3.2. Estructura de la materia .....	8
2.3.3. Isótopos.....	8
2.3.4. Radiactividad.....	9
2.3.5. Radiaciones.....	9
2.3.6. Radiación alfa.....	9
2.3.7. Radiación beta.....	10
2.3.8. Radiación gamma.....	10
2.4.PROTECCIÓN RADIOLOGICA.....	11
2.4.1. Introducción.....	11
2.4.2. Principios fundamentales .....	11
2.4.3. Justificación .....	12
2.4.4. Optimización.....	12
2.4.5. Limitación de dosis .....	12
2.4.6. Límites de dosis.....	13
2.4.7. Efectos de las radiaciones ionizantes.....	14
2.4.8. Oficial de Seguridad Radiológica (OSR) .....	14
2.4.9. Personal Ocupacionalmente Expuesto (POE).....	15
2.4.10.Capacitación del POE .....	16
2.4.11.Dosimetría y medición de radiación .....	16
2.4.11.1.Dosímetros Personales .....	16
2.4.11.2.Medidores .....	17
 3.OPERACIONES NORMALES .....	 17
3.1Normas Básicas para Manejo y de Fuentes Radiactivas.....	17
3.2Recepción de fuentes selladas .....	18
3.3Inventario de fuentes.....	18
3.4Almacenamiento .....	18
3.5Transporte de fuentes radiactivas.....	19
3.6Medición de Radiactividad y Dosimetría Personal .....	20
3.6.1Dosímetro Personal.....	20
3.6.2 Medidores .....	21
3.6.2.1Mediciones rutinarias.....	21

3.6.3Pruebas de Fuga.....	22
3.7Procedimiento de Manejo de Medidores de Nivel de Flujo .....	23
3.7.1Objetivo.....	23
3.7.2Antecedentes .....	23
3.7.3Isótopo radioactivo empleado .....	23
3.7.4Manejo de Fuentes Radiactivas.....	24
3.7.5Actividades Preliminares.....	24
3.7.6Extracción de Fuente.....	24
3.7.7Instalación de Fuente .....	25
4 CASO DE EMERGENCIA.....	25
4.1ORGANIGRAMA DE EMERGENCIA .....	26
4.2Sobre exposición Accidental a Radiación .....	26
4.3Incendio .....	27
4.4Sismo / Terremoto.....	27
4.5Robo de fuentes radiactivas .....	28
4.6Fuga y/o Contaminación Radiactiva .....	28
4.7Evacuación General.....	29
4.8Caída del Contenedor de Fuente Radiactiva .....	30
4.9Contaminación de acero líquido y maquinaria .....	30
4.10Notificación de Incidente / Accidentes.....	30
4.11Procedimientos y documentación interna .....	31
4.12Abreviaturas .....	31

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1. PRESENTACIÓN DE LA EMPRESA

**ENTIDAD:** ACERIA DEL ECUADOR C.A. ADELCA.

**RUC:** 1790004724001

**ACTIVIDAD:** FABRICACIÓN Y COMERCIALIZACION DE PRODUCTOS DE ACERO

**REPRESENTANTE LEGAL:** Ing. Carlos Avellán.

**CIUDAD:** QUITO

**PROVINCIA:** PICHINCHA

**UBICACIÓN:** Aloag Km 1 ½ v

**PBX:** 3968100

**FAX:** 3968138

**MAIL:** [mcilio@adelca.com](mailto:mcilio@adelca.com) /moleas@adelca.com

### 1.2. Objetivos

- Establecer las directrices para el manejo seguro de las fuentes radiactivas utilizadas en la máquina lingotera de colada continua en las actividades de la empresa; de conformidad con el Reglamento de Seguridad Radiológica.
- Establecer los procedimientos y precauciones de manejo de fuentes radiactivas, en las operaciones normales, como en situaciones de emergencia, a fin de garantizar la protección del personal ocupacionalmente expuesto.
- Cumplir con la reglamentación de protección radiológica establecida por la Autoridad Reguladora del Ministerio de Electricidad y Energía Renovable (MEER) y a fin de proteger al personal ocupacionalmente expuesto (POE) y al público de los efectos nocivos de las radiaciones ionizantes.
- Capacitar al personal involucrado con el manejo de fuentes radiactivas utilizadas en la compañía, en los procedimientos determinados para garantizar su seguridad y salud.

### **1.3. Alcance**

El presente manual tiene como alcance todas las operaciones que se realicen en la planta Alóag; de manera particular en las áreas donde se usan fuentes radiactivas.

### **1.4. Distribución**

Tendrán conocimiento y acceso al manual todo el personal ocupacionalmente expuesto a fuentes radiactivas; las personas que tengan a cargo a dicho personal, y el personal de respuesta a emergencias.

## **2. GENERALIDADES**

### **2.1. INFORMACIÓN DE LA EMPRESA**

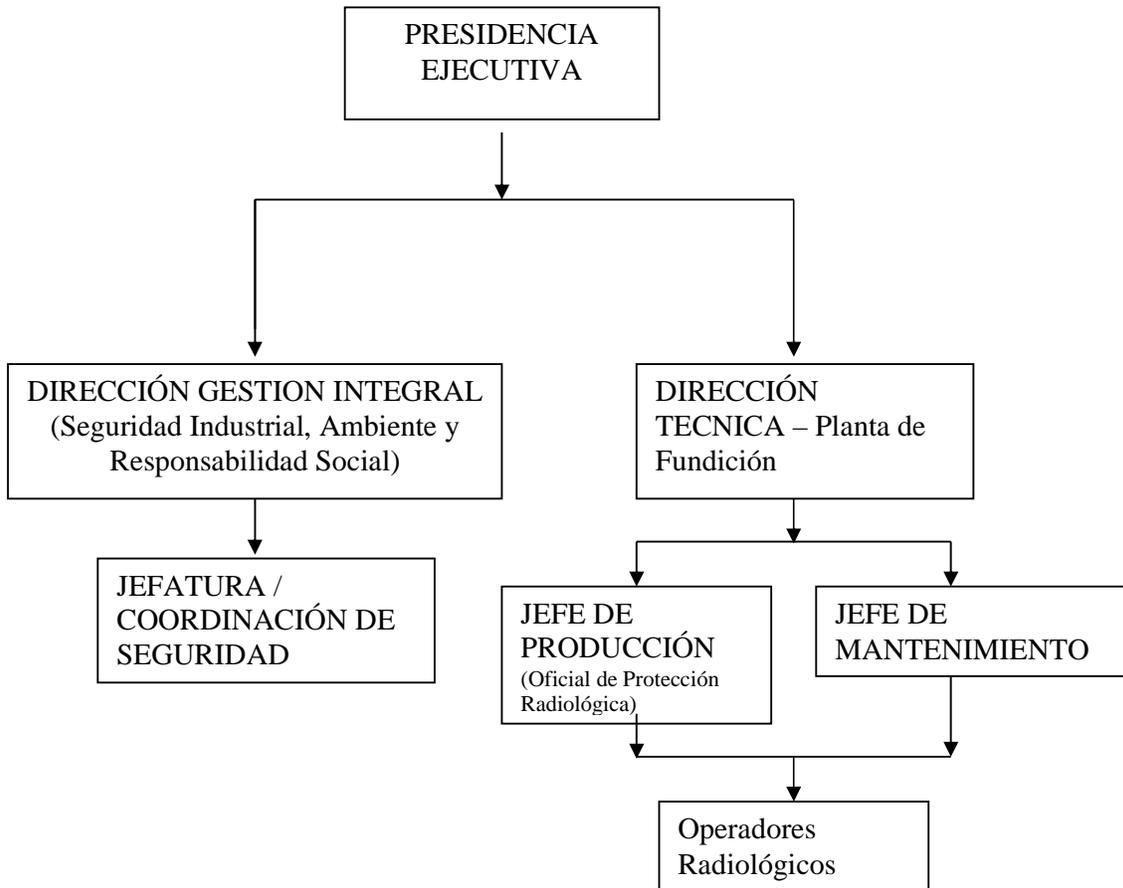
#### **2.1.1. Descripción**

La empresa ADELCA tiene como actividad económica la laminación y trefilación del acero para obtener productos de acero, principalmente utilizados en la construcción.

Del proceso de laminación se obtiene varilla sismo-resistente, y perfiles de acero (ángulos, Tees y platinas). El proceso de trefilación del acero genera los siguientes productos: clavos, mallas electrosoldadas, alambre galvanizado y recocido, varillas trefiladas, grapas, alambre de púas y material figurado.

La materia prima para el proceso de laminación es palanquilla de acero, la cual se obtiene del proceso de reciclaje de chatarra ferrosa, mediante una acería de arco eléctrico. Este proceso se realiza en la planta industrial de ADELCA en Alóag y la maquinaria involucra fuentes radiactivas de baja actividad, correspondientes a medidores industriales de nivel de flujo, los cuales se detallan más adelante y cuyo manejo en condiciones normales y de emergencia es materia del presente Manual.

### 2.1.2. Organigrama de la empresa



**Nota:** La figura anterior representa exclusivamente la parte de la organización vinculada con el manejo de fuentes radiactivas

### 2.2. Marco Legal e Institucional

El uso de fuentes radioactivas debe realizarse de conformidad con el Reglamento de Seguridad Radiológica.

La entidad estatal de regulación y control para el ámbito de fuentes radiactivas del uso de las radiaciones ionizantes es la Autoridad Reguladora del Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, a través de la Subsecretaría de Control y Aplicaciones Nucleares.

### **2.2.1. Obligaciones del empleador para con sus trabajadores**

“Tomado del Reglamento de Seguridad Radiológica, publicado mediante Decreto Ejecutivo N° 3640, en el Registro Oficial N° 891, del 08 de agosto de 1979”.

El Art. 7 del Reglamento de Seguridad Radiológica establece:

Art. 7.- “Notificación del Empleador a sus Trabajadores.- El empleador está obligado a lo siguiente:

a. Informar a las personas que trabajen en un área restringida sobre la existencia de radiación y sobre los problemas de seguridad asociados con la exposición a dicha radiación, así como las precauciones y procedimientos que se deben tomar para reducir la dosis de radiación.

Deberá además, instruir a dichas personas sobre las disposiciones de este Reglamento.

b. Informar trimestralmente al personal la dosis de radiación recibida durante su tiempo de trabajo, evaluada por el dosímetro personal.

c. Exhibir o mantener disponible la licencia otorgada por la Autoridad Reguladora, tanto al personal como a la Institución, así como el certificado de inspección de las fuentes y máquinas de radiación.

d. Proporcionar al personal copias del texto “Formulario instructivo de normas de protección contra la radiación”, elaborado por la Autoridad Reguladora y asegurarse de que se le instruya sobre sus deberes y derechos.”

### **2.2.2. Obligaciones del Usuario con la Autoridad Reguladora**

El Art. 8 del Reglamento de Seguridad Radiológica establece:

Art. 8.- “Notificación del Usuario a la Autoridad Reguladora.- El usuario estará obligado a notificar a la Autoridad Reguladora sobre lo siguiente:

a. La adquisición de radioisótopos y máquinas generadoras de radiación; y

b. El uso mensual de radioisótopos de cada entrega de radioisótopos recibidos del empleador.”

### **2.2.3. Registros**

El Art. 9 del Reglamento de Seguridad Radiológica establece:

Art. 9.- Registros.- El empleador está obligado a lo siguiente;

a) Llevar registros personales de cada trabajador profesionalmente expuesto en áreas controladas, en las que constará.

- La licencia de trabajo
- La índole de las tareas que realiza
- El tipo de radiación y/o contaminación posibles.
- Los resultados de las operaciones de monitoreo individual
- Inventario de fuentes radiactivas

ADELCA llevará este registro en el formato: **REGISTRO DE DOSIMETRÍA PERSONAL F-SA-08.**

Los reconocimientos médicos se realizarán una vez por año. Los resultados de los exámenes médicos se registrarán según el **REGISTRO DE EVALUACIÓN MÉDICO LABORAL F – SA – 03**, el cual debe ser llenado por el médico de la empresa.

Mantener registros de las inspecciones a equipos e instalaciones certificadas por la AUTORIDAD REGULADORA; según el **REGISTRO DE INSPECCIONES DE LA AUTORIDAD REGULADORA F – SA – 04**, el cual debe ser llenado por el Oficial de Protección Radiológica.

Mantener registros del inventario de fuentes radiactivas, según **REGISTRO INVENTARIO DE FUENTES RADIATIVAS F - SA – 07.**

## **2.3. CONCEPTOS BÁSICOS SOBRE RADIATIVIDAD**

### **2.3.1. Reseña Histórica**

Es al final del siglo XIX y principios del XX cuando la ciencia se ve enriquecida por una serie de descubrimientos y cuando se abre un nuevo camino en el campo de las radiaciones.

En noviembre de 1895 Roentgen descubre los rayos X, radiaciones que presentan una serie de propiedades desconocidas hasta ese momento.

Henri Becquerel en febrero de 1896, interesado en el descubrimiento de Roentgen, intenta averiguar si algunos materiales expuestos a la radiación solar son capaces de emitir rayos X. En el día del experimento la ausencia de sol hace que Becquerel guarde el mineral a ensayar en un cajón junto con unas placas fotográficas debidamente protegidas. Al día siguiente, las placas fotográficas estaban veladas como si hubiesen estado expuestas a radiación similar a los rayos X. Dicha radiación parecía obvio predecir que provenía del mineral. Se trataba de un mineral de uranio.

Este descubrimiento casual hace que se busquen nuevas sustancias capaces de emitir radiaciones como las descubiertas por Becquerel. Así el matrimonio Curie descubrió el polonio y el radio hacia el año 1898.

### 2.3.2. Estructura de la materia

El átomo consta de un núcleo con carga positiva y un cierto número de partículas cargadas negativamente, los electrones, que forman la corteza. De esta manera el núcleo marca las propiedades físicas del átomo y la corteza las propiedades químicas. Los núcleos atómicos están a su vez constituidos por protones y neutrones, que genéricamente se llaman nucleones. Los protones poseen una carga eléctrica positiva, de igual magnitud que la carga de los electrones. A los protones se les identifica con el núcleo del hidrógeno. Los neutrones son algo más pesados que los protones y, como su propio nombre indica, se trata de partículas eléctricamente neutras, sin carga. A excepción del hidrógeno ordinario, todos los núcleos contienen además de protones, uno o más neutrones.

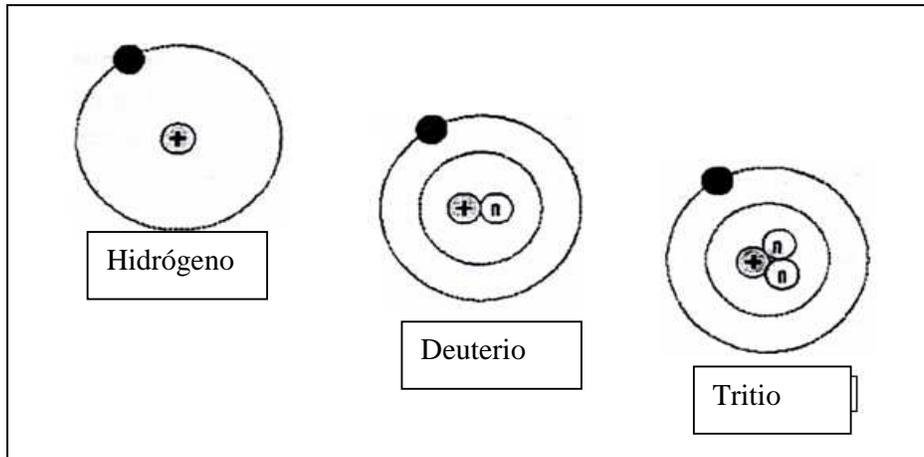
Para un elemento químico determinado el número de protones existentes en el núcleo, que es igual al número de cargas positivas que posee, recibe el nombre de número atómico del elemento ( $Z$ ) y es el número de orden que dicho elemento ocupa en la tabla periódica.

El número atómico es el carácter diferenciador de los distintos elementos químicos. El número total de nucleones (protones y neutrones) existentes en el núcleo recibe el nombre de número másico ( $A$ ). La diferencia entre el número másico y el número atómico,  $A-Z$ , nos da el número de neutrones contenidos en el núcleo atómico.

### 2.3.3. Isótopos

El número de protones determina la naturaleza química de un elemento, y es igual al número de electrones en un átomo eléctricamente neutro. El número atómico  $Z$ , es el número de protones existentes en el núcleo. Así pues átomos con igual número atómico, aunque difieran en número másico son, desde el punto de vista químico, idénticos pero presentan con frecuencia marcadas diferencias en sus características nucleares. Tales especies con idéntico número atómico y diferente número másico, reciben el nombre de **isótopos**, es decir, átomos con idénticas propiedades químicas pero con distinto índice de masa. Las especies isotópicas en general, no se pueden distinguir desde el punto de vista químico, pero poseen una masa atómica diferente.

Por ejemplo, el elemento químico hidrógeno ( $H$ ), tiene un protón en su núcleo y un electrón en su corteza. Sin embargo, en algún caso, el mismo elemento químico  $H$ , tiene un núcleo compuesto de protón más un neutrón y una corteza con un electrón, en este caso lo conocemos como deuterio ( $^2H$ ). También existe otro isótopo del hidrógeno constituido por un núcleo compuesto por un protón más dos neutrones y una corteza compuesta por un electrón, en este caso lo conocemos como Tritio ( $^3H$ ), siendo un isótopo con el núcleo inestable, por lo que tiende a transformarse de forma espontánea.



#### 2.3.4. Radiactividad

**La radiactividad o radioactividad** es un fenómeno físico natural, por el cual algunas sustancias o elementos químicos llamados radiactivos, emiten radiaciones que tienen la propiedad de impresionar placas fotográficas, ionizar gases, producir fluorescencia, atravesar cuerpos opacos a la luz ordinaria, etc. Debido a esa capacidad se las denomina radiaciones ionizantes.

#### 2.3.5. Radiaciones

Como ya se ha indicado, en el proceso de transformación, el núcleo inestable emite radiación. La radiación está formada por partículas con masa, emergiendo del núcleo con una importante velocidad. En la mayoría de los casos, estas partículas tienen carga eléctrica. Según el tipo de inestabilidad del nucleido, esta emisión puede ser de diferentes tipos: radiación alfa, radiación beta y radiación gamma.

#### 2.3.6. Radiación alfa

Este tipo de radiaciones, se produce al desprenderse del núcleo dos protones y dos neutrones. Es una emisión de partículas cargadas positivamente, que son idénticas a los núcleos de helio.

Dado que las partículas alfa son muy másicas, su capacidad de penetración en la materia es muy baja, presentando una elevada pérdida de energía por unidad de longitud recorrida. Asimismo, su carga eléctrica comporta que en su interacción con otros átomos se desprenda gran número de electrones orbitales, con lo que producen una elevada densidad de ionizaciones. Su efecto biológico y la contaminación interna es alta.

### 2.3.7. Radiación beta

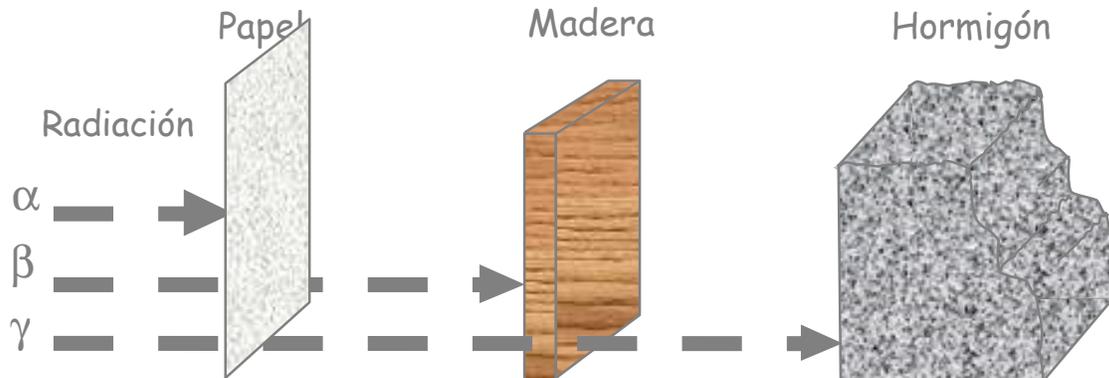
Una partícula beta es un electrón que sale despedido de un suceso radiactivo, su carga eléctrica aumenta en una unidad positiva y el número de masa no varía. Ello es debido a que la masa del electrón es despreciable frente a la masa total del átomo. En cambio, al ser emitida una carga negativa, el átomo queda con una carga positiva más, para compensar el total de la carga eléctrica, con lo cual el número de electrones disminuye.

### 2.3.8. Radiación gamma

La radiación gamma es una radiación indirectamente ionizante, ya que al tratarse de ondas electromagnéticas carecen de carga eléctrica y en su interacción con la materia se producen fenómenos de ionización y excitación

La radiación gamma, debido a su pequeña longitud de onda, posee propiedades muy características, como poder penetrar a través de espesores considerables de materia; este poder de penetración es tanto mayor cuanto menor sea su longitud de onda.

## BLINDAJE



## **2.4. PROTECCIÓN RADIOLOGICA**

### **2.4.1. Introducción**

La protección radiológica es una disciplina científico-técnica que tiene como finalidad la protección de las personas y del medio ambiente frente a los riesgos derivados de la utilización de las radiaciones, ya sean procedentes de fuentes radiactivas o bien de generadores de radiaciones ionizantes.

El uso de las radiaciones ionizantes reporta importantes beneficios a la humanidad, pero también comporta ciertos riesgos, que comenzaron a ponerse de manifiesto pocos años después del descubrimiento de los rayos X, a finales del sigloXIX.

Las primeras normativas sobre protección radiológica datan de 1928 y fueron elaboradas por un organismo internacional independiente de cualquier autoridad nacional o supranacional, denominado entonces "Comisión Internacional de Protección contra los Rayos X y el Radio", fundado en base a una decisión adoptada en el segundo Congreso Internacional de Radiología. El año 1950 se reestructuró esta Comisión y pasó a denominarse "Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP)", nombre con el que se la conoce en la actualidad. Con el paso de los años, esta Comisión ha ido ampliando su campo de interés a fin de tener en cuenta el creciente uso de las radiaciones ionizantes y también de las prácticas que comportan la generación de radiaciones ionizantes y de materiales radiactivos.

Durante los inicios de la Comisión, a pesar de sus recomendaciones, muy pocos países emprendieron una acción legislativa en este campo. No es hasta después de la II Guerra Mundial, cuando después de la investigación de la energía atómica con fines bélicos, se empieza a barajar la posibilidad de utilizar la energía nuclear en diversos fines pacíficos, por lo que se impone la regulación y el control de las sustancias radiactivas naturales y artificiales y la implantación de las primeras normas legales de protección radiológica.

Actualmente está generalizada la existencia de normas de protección radiológica en la mayoría de los países, basándose en las recomendaciones dictadas por la ICRP. Ello permite un elevado nivel de homogeneidad en los criterios de protección radiológica reflejados en la legislación de la mayoría de países.

### **2.4.2. Principios fundamentales**

El objetivo fundamental del sistema de protección radiológica es el de garantizar un nivel elevado de protección, sin limitar indebidamente la obtención de los beneficios que se derivan del uso de radiaciones ionizantes. Se considera, que una práctica (uso de radiaciones ionizantes) está justificada cuando el beneficio que comporta (obtención de energía eléctrica, información diagnóstica,...) compense el daño ocasionado como consecuencia de la exposición a la radiación. Además, el asumir un modelo lineal y sin umbral para

los efectos de tipo estocástico, obliga a que las dosis se mantengan tan bajas como sea razonablemente alcanzable, teniendo presente factores económicos y sociales. Ello comporta un proceso de optimización, de modo que en las prácticas se han de adoptar mejoras hasta que se alcance un punto donde el costo de estas mejoras no se vea compensado por la disminución del costo asociado al "detrimento radiológico".

En el presente caso la disminución del detrimento radiológico viene dado por la disminución de dosis asociadas a la mejora. Si se asigna un costo económico a la unidad de dosis recibida, la disminución del detrimento radiológico expresado en unidades monetarias vendrá dado por: disminución de la dosis a consecuencia de la mejora (Sv) x costo por unidad de dosis (USD/Sv).

Además, a fin de garantizar un adecuado grado de protección individual, también se impone unos límites individuales de dosis. Adicionalmente a estos límites que protegen al individuo, cada día es más usual el uso de las denominadas restricciones de dosis asociado a una práctica. Estas pueden expresarse en forma de dosis individual máxima asociada a una práctica determinada y también como dosis colectiva (suma de todas las dosis individuales) máxima asociada a dicha práctica.

### **2.4.3. Justificación**

Toda exposición a radiación ionizante debe estar justificada. Tal como ya se ha adelantado, el beneficio que nos aporte tiene que ser superior al riesgo de exponerse a ella. En este caso, la justificación está dada porque las fuentes utilizadas en la planta de acería de ADELCA, como medidores de nivel, son parte de un paquete tecnológico contemporáneo de aplicación generalizada en la industria del acero a nivel internacional.

### **2.4.4. Optimización**

Se sigue el criterio "ALARA" (As Low As Reasonably Achievable), según el cual todas las exposiciones a las radiaciones ionizantes deben ser mantenidas tan bajas como sea razonablemente posible, teniendo en cuenta los citados factores económicos y sociales. La implementación de este principio en la operación de ADELCA, supone la minimización del manipuleo, proximidad y tiempo de exposición a los elementos que incluyen las fuentes; en lo posible, en función de requerimientos operativos.

### **2.4.5. Limitación de dosis**

En todo caso, la dosis de radiación que puede recibir cualquier individuo no debe superar unos valores establecidos como límites legales, lo que garantiza la protección del público en general y del personal profesionalmente expuesto.

La limitación de los efectos derivados de las radiaciones ionizantes se consigue evitando las exposiciones no justificadas y manteniendo las dosis tan bajas como sea posible. La aplicación de estos principios constituye la base para

establecer unas medidas de protección que deben asegurar un riesgo individual justificado por el beneficio obtenido y suficientemente bajo, y adicionalmente mantener unos niveles totales de exposición a las radiaciones lo más bajos posibles.

La dosis de radiación recibida por un individuo al permanecer en las proximidades de un emisor o generador de radiaciones ionizantes, depende de tres factores:

- El tiempo de permanencia.- La dosis recibida por un individuo trabajando en un área donde existe una determinada intensidad de radiación es directamente proporcional a la cantidad de tiempo que el individuo pasa en dicha área. La dosis total del individuo será entonces igual al producto de la intensidad de radiación o tasa de dosis y la cantidad de tiempo de permanencia en el área.

**Dosis total = Tasa de dosis x Tiempo de exposición**

- La distancia entre la fuente y el individuo.- La distancia entre sujeto y fuente de radiación es un medio muy efectivo para reducir la dosis de exposición. En el caso de una fuente puntual, la variación de la intensidad de radiación con la distancia no es simplemente lineal, sino está dada por la ley de inverso de los cuadrados. “La intensidad de radiación en cada punto es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia del mismo respecto de la fuente de emisión”

**$I_1 d_1^2 = I_2 d_2^2$  A MAYOR DISTANCIA, MENOR EXPOSICIÓN**

- La materia interpuesta entre uno y otro.- el blindaje puede reducir grandemente la exposición a la radiación y cualquier blindaje disponible puede ser usado con ventaja. El blindaje adecuado de las fuentes de radiación produce condiciones intrínsecamente seguras en los lugares de trabajo.

**MAS BLINDAJE: MENOS EXPOSICIÓN**

#### 2.4.6. Límites de dosis

Los límites de dosis individuales para el personal ocupacionalmente expuesto y para el público de acuerdo al Reglamento de Seguridad Radiológica vigente en el Ecuador son:

ORGANO	DOSIS MÁXIMA PERMITIDA	
Cuerpo entero, gónadas, medula ósea	5 rem/año	3 rem/trimestre
Hueso, piel de todo el cuerpo, tiroides	30 rem/año	15 rem/trimestre
Manos, antebrazo, pies, tobillos	75 rem/año	40 rem/trimestre
Todos los otros órganos	15 rem/año	8 rem/trimestre
Personal femenino en edad reproductiva	1.25 rem/trimestre	
Mujer en estado de gravidez	1 rem / período de embarazo	
Miembros del público en general	10% de los límites establecidos para el POE	

En 1990 la Comisión Internacional de Protección Radiológica emitió sus nuevas recomendaciones para los límites de dosis ocupacional y para el público.

APLICACIÓN	OCUPACIÓN	PUBLICO
Dosis efectiva	20 mSv/año	1 mSv/año
Dosis equivalente anual		
Cristalino	150 mSv	15 mSv 50 mSv
Piel	500 mSv	
Manos y pies	500 mSv	
Mujer embarazada	2 mSv / periodo de embarazo	

#### 2.4.7. Efectos de las radiaciones ionizantes.

Son muchas las posibles clasificaciones que se podrían realizar sobre los efectos de las radiaciones ionizantes. Sin embargo, nos vamos a referir aquí a aquella que más frecuentemente se utiliza en protección radiológica y que hace referencia a la transmisión celular de los efectos y a su relación con la dosis.

En primer lugar, los efectos pueden clasificarse en:

**Somáticos y genéticos**, en función de si son inducidos sobre las células de la línea somática o germinal. El daño somático se manifiesta durante la vida del individuo irradiado, mientras que los efectos genéticos son inducidos sobre su descendencia. Los efectos somáticos se dividen a su vez en **inmediatos y tardíos**, en función del tiempo transcurrido desde su irradiación.

A su vez y en función de la incidencia que tiene la radiación sobre los efectos, éstos se clasifican en **deterministas y en estocásticos**.

La Comisión Internacional de Protección Radiológica, ICRP, publicación 60, 1990, define los efectos estocásticos como aquéllos para los cuales la probabilidad de que un efecto ocurra, más que su severidad, es función de la dosis, sin umbral.

Los efectos deterministas son aquéllos para los cuales la severidad del efecto varía con la dosis, siendo necesario un valor umbral.

Los efectos estocásticos se pueden presentarse en el individuo expuesto (efectos estocásticos somáticos, como sería en caso de la carcinogénesis), como también en la descendencia (efectos estocásticos hereditarios).

Al igual que en la irradiación de células no germinales, las células germinales irradiadas pueden experimentar efectos deterministas (esterilidad); efectos que evidentemente no son hereditarios y por lo tanto no hemos de identificar los efectos producidos por la irradiación de las gónadas con los efectos genéticos.

#### 2.4.8. Oficial de Seguridad Radiológica (OSR)

Persona reconocida por la Autoridad Reguladora como responsable de la aplicación de normas de protección radiológica de una institución o laboratorio que ejerzan actividades relacionadas con el uso de radioisótopos y máquinas

generadoras o emisoras de radiación ionizante; debe contar con la autorización de la Autoridad Reguladora.

Para la compañía, las funciones del oficial de seguridad radiológica contemplarán los siguientes puntos:

- Es el delegado del Representante Legal para la correcta aplicación de las leyes, normas y medidas de protección radiológica vigente en el país, durante todas las operaciones que impliquen exposición a radiaciones ionizantes.
- Responde ante la autoridad nacional competente por todos los aspectos de protección radiológica de la compañía.
- Dirigir todas las tareas inherentes a la atención de una emergencia radiológica.
- Mantener siempre en vigencia las licencias de protección radiológica de la compañía y de su personal.
- Mantener vigentes los certificados de calibración de los detectores de radiación.
- Mantener vigentes las dosimetrías para el POE.
- Preparar y capacitar al personal ocupacionalmente expuesto (POE) en todos los aspectos de protección radiológica y mantener un programa de reentrenamiento periódico, que incluirá la preparación adecuada para la atención a emergencias en base a simulacros y ejercicios teóricos.
- Realizar un simulacro anual y se registrar en el formato **REGISTRO DE SIMULACRO F – SA – 05**.
- Supervisar, con buen criterio de protección, todas las actividades pertinentes al transporte, almacenamiento y uso del material radiactivo usado por la compañía.
- Mantener al día todos los registros exigidos por la autoridad competente.
- Entrenar al personal de apoyo para la tarea específica que van ha desempeñar.

#### **2.4.9. Personal Ocupacionalmente Expuesto (POE)**

Son las personas mayores de 18 años de edad expuestas a las radiaciones ionizantes por razones de trabajo; es decir, aquellas personas que laboran en contacto directo con las fuentes radiactivas. Las funciones del POE incluyen lo siguiente:

- El personal ocupacionalmente expuesto (POE) está compuesto por el Oficial de Seguridad Radiológica y por los operadores de los equipos emisores de radiaciones ionizantes, quienes dispondrán de la Licencia de Protección Radiológica correspondiente emitida por la Autoridad Reguladora.
- Es obligación del personal ocupacionalmente expuesto, el conocer y aplicar los procedimientos de operación, de protección y seguridad especificados por la

compañía en el presente Manual, así como aplicar las instrucciones a seguir en caso de cualquier accidente y/o incidente radiológico que se suscite.

- La responsabilidad directa en todos los trabajos en que se utilice fuentes radiactivas, recae primeramente en los operadores, quienes no deberán bajo ninguna circunstancia dejar de custodiar la fuente radiactiva a no ser que ésta se encuentre en su repositorio o almacenamiento fijo o móvil.
- Todo personal ocupacionalmente expuesto deberá cuidar que las dosis absorbidas por ellos se mantengan tan bajas como sea posible, mediante la utilización correcta de dosímetros, detectores de radiación, equipo de protección y demás elementos disponibles.
- El POE realizará únicamente las actividades que han sido autorizados por la Autoridad Reguladora y que se describen en la Licencia de Protección Radiológica.
- En el menor tiempo posible, el POE deberá comunicar al Oficial de Seguridad Radiológica sobre cualquier situación anormal o inusual que pueda suceder en su trabajo diario (tanto en procedimientos normales como con el funcionamiento de los equipos), con el fin de impedir exposiciones accidentales al personal o situaciones que afecten al medio ambiente.

#### **2.4.10. Capacitación del POE**

El POE recibirá además del entrenamiento previsto en el Reglamento de Seguridad Radiológica, re-inducciones anuales sobre precauciones de manejo de fuentes radiactivas y retroalimentación sobre el monitoreo de dosis absorbidas en el período.

#### **2.4.11. Dosimetría y medición de radiación**

##### **2.4.11.1. Dosímetros Personales**

El personal de la Compañía que trabaje expuesto a radiación ionizante debe recibir un dosímetro personal, el cual deberá ser obligatoriamente utilizado en todo momento mientras estén en el trabajo y particularmente durante cualquier operación que involucre exposición a material radioactivo. Los jefes y supervisores de las unidades y áreas donde se maneja fuentes radiactivas, deben velar por el cumplimiento estricto de este requerimiento.

El dosímetro personal es el instrumento que mide y registra la dosis total recibida por una persona. Utilizado adecuadamente, proporciona un medio para mantener un registro de la dosis ocupacional acumulada.

Aunque el dosímetro personal no proporciona algún tipo de protección física contra irradiación, este registra la cantidad de exposición a la radiación que recibe un individuo y por tanto permite determinar en caso de ser necesario, medidas que protejan la salud del POE.

Los dosímetros personales más comúnmente utilizados son:

- Dosímetros de película

- Dosímetros de lapicera
- Dosímetros termo luminiscentes (TLD-100)

#### **2.4.11.2. Medidores**

Los medidores miden la intensidad relativa del campo de radiación. Los medidores comúnmente utilizados trabajan con contadores del principio Geiger-Muller.

En los contadores de tipo Geiger Muller, un pulso de voltaje es producido por cada evento de ionización dentro del detector. A medida de que incrementan las ionizaciones, la cantidad de pulsos de voltaje incrementa. Este incremento en pulsos de voltaje (cuentas) representa un aumento en el campo de radiación.

### **3. OPERACIONES NORMALES**

#### **3.1 Normas Básicas para Manejo y de Fuentes Radiactivas**

1. Minimizar el tiempo de exposición a fuentes radiactivas
2. Maximizar la distancia de exposición a fuentes radiactivas
3. Utilizar siempre el dosímetro personal durante la exposición ocupacional a fuentes radiactivas
4. Solo personal autorizado y capacitado debe manejar las fuentes radiactivas
5. Mantener la bóveda de almacenaje de las fuentes radiactivas cerrada con llave
6. No extraer las fuentes radiactivas de su bóveda a menos que la operación lo requiera
7. Si extrae las fuentes de las lingoteras, ponerlas en su contenedor respectivo y almacenarlas inmediatamente en la bóveda
8. En el área de almacenamiento de fuentes radiactivas solo podrán estar personas mayores de 18 años.
9. Está prohibido la aproximación de mujeres embarazadas hacia la bóveda de fuentes, según la señalización en el sitio.
10. No se permitirá el ingreso de personal público al área de bóveda de las fuentes
11. Después de manipular las fuentes lávese las manos con abundante agua y jabón
12. No comer o ingerir alimentos en las áreas donde están almacenadas las fuentes radiactivas
13. No fumar en las áreas donde están almacenadas las fuentes radiactivas

14. En caso de emergencia relacionada con fuentes radiactivas, comunicarse inmediatamente al departamento GESTIÓN INTEGRAL – Seguridad Industrial.

### 3.2 Recepción de fuentes selladas

Toda recepción de fuentes deberá realizarse con la presencia del Oficial de protección radiológica:

En la recepción, se debe cumplir lo siguiente:

1. Inspeccionar la condición del contenedor, si el contenedor está dañado en tal modo que se sospeche de daño en la fuente, inmediatamente ubicar el contenedor en una área restringida y avisar a la Autoridad Reguladora.
2. Asegurar que el contenido del contenedor esté de acuerdo con la descripción del papel de envío o guía (Número de serie, isótopo, y actividad), y que los certificados del fabricante de la fuente estén incluidos.
3. Si el envío está correcto y no posee daño, ubicar el ítem en el área de almacenamiento de material radiactivo o instalar directamente en el sitio de operación.

### 3.3 Inventario de fuentes

Trimestralmente se realizará el inventario de fuentes y se llenará en el formato **REGISTRO INVENTARIO DE FUENTES RADIATIVAS F - SA – 07**:

INVENTARIO DE FUENTES RADIATIVAS									
F - SA - 07									
ITEM	CODIGO ADELCA	CERTIFICADO No.	CONTENEDOR	ISOTOPO	APLICACIÓN	TIPO	ACTIVIDAD		UBICACIÓN
1	FRA-001	455 - 03 - 06	3600710016	Cobalto 60	Medidor de nivel	Sellada	10,0 MBq	0,2703 mCi	MAQUINA DE COLADA CONTINUA - LINGOTERAS
2	FRA-002	456 - 03 - 06	3600710015	Cobalto 60	Medidor de nivel	Sellada	10,0 MBq	0,2703 mCi	MAQUINA DE COLADA CONTINUA - LINGOTERAS
3	FRA-003	529 - 03 - 06	3600710014	Cobalto 60	Medidor de nivel	Sellada	10,0 MBq	0,2703 mCi	MAQUINA DE COLADA CONTINUA - LINGOTERAS
4	FRA-004	434 - 03 - 08	3600710042	Cobalto 60	Medidor de nivel	Sellada	10,0 MBq	0,2703 mCi	MAQUINA DE COLADA CONTINUA - LINGOTERAS
5	FRA-005	1657-09-10	3600710043	Cobalto 60	Medidor de nivel	Sellada	10,0 MBq	0,2703 mCi	MAQUINA DE COLADA CONTINUA - LINGOTERAS
6	FRA-006	1656-09.10	3600710044	Cobalto 60	Medidor de nivel	Sellada	10,0 MBq	0,2703 mCi	MAQUINA DE COLADA CONTINUA - LINGOTERAS

### 3.4 Almacenamiento

1. Cuando las fuentes radiactivas no estén en uso, estas deberán permanecer en un área de almacenamiento asegurada (bajo llave y adecuadamente señalizada e identificada) – Bóveda de Almacenamiento.
2. Solamente personal capacitado y autorizado tendrá acceso a la bóveda de almacenamiento.
3. Todas las áreas de almacenamiento deberán estar construidas de tal manera que el nivel de radiación externo se encuentre dentro de los límites regulados aplicables.
4. En el área de almacenamiento se podrán acomodar el máximo número de fuentes esperadas para ser almacenadas.
5. El área de almacenamiento deberá estar apropiadamente señalizada.

La señalización en el área de almacenamiento es la siguiente:



**¡PRECAUCIÓN! MATERIAL RADIATIVO**

### **3.5 Transporte de fuentes radiactivas**

Las regulaciones de control para envío y transporte de material radiactivo son las siguientes:

Tipos de bultos:

El transporte para cantidades pequeñas de material radiactivo se debe realizar en un bulto Tipo A, el cual sirve de medio seguro para el transporte de estas fuentes, garantizando su integridad, incluso en el caso de descuidos considerados “normales” como: caídas, golpes, exposición a lluvia y apilamientos de otras cargas encima.

Documentos de Envío:

Los documentos que debe acompañar a cada expedición son:

- Nombre de expedición
- Número de clase de cada material radiactivo
- Número de identificación
- Identificación de los radio-nucleídos
- Actividad Total
- Número de contenedor

Etiquetas/Marcación: Según el tipo de bulto debe ir etiquetado y marcado con una correcta escritura, en la cual indique:

Etiquetas:

- Etiqueta de color blanca y/o amarilla, en la cual se da a conocer las limitaciones a la forma en el que el bulto puede almacenarse, apilarse a fin de garantizar la seguridad radiológica.
- La carga debe incluir avisos visibles de precaución para manejo de fuentes radiactivas.

Marcas:

- En el bulto debe constar el Peso bruto de la carga
  - Tipo de bulto de transporte
  - Marcas de identificación asignadas al diseño del bulto por la autoridad competente
- 
- Rótulo/Placa/Señales: Datos técnicos en placas y otros signos determinados por el fabricante. La carga debe incluir avisos visibles de precaución por manejo de fuentes radiactivas.

### **3.6 Medición de Radiactividad y Dosimetría Personal**

Para tener un control de los niveles de radiación a los que está expuesto el personal: se han establecido dos tipos de controles: el uso de dosímetro personal por parte del POE y el monitoreo de los niveles de radiación en los sitios de uso y de almacenamiento de fuentes radiactivas, mediante un medidor de radiación para partículas beta y gamma.

#### **3.6.1 Dosímetro Personal**

Debido a que los equipos de nivel de flujo se operan continuamente, los operadores se exponen a una radiación muy baja.

Dadas las características de las actividades y el funcionamiento del nivel de flujo, se ha definido la entrega de un dosímetro al Personal Ocupacionalmente Expuesto de la siguiente manera:

Para el uso adecuado de los dosímetros, se cumplirán las siguientes reglas:

1. Los dosímetros personales serán empleados en todos los trabajos que involucren fuentes radiactivas.
2. La dosis de radiación absorbida en los dosímetros será evaluada bimensualmente, para lo cual, los dosímetros serán enviados a entidades autorizadas.
3. Las lecturas encontradas se registrarán en el **REGISTRO DE DOSIMETRIA**

**PERSONAL (formato F-SA -08)**, el cual debe ser llenado por el Oficial de Protección Radiológica.

4. Se llevará un archivo con una Historia de Exposición Acumulada registrada para cada dosímetro.

### **3.6.2 Medidores**

Los medidores de radioactividad deberán mantenerse en buen estado y ser calibrados, al menos una vez al año. Se conservarán los certificados de calibración respectivos. Se dispondrá de un **REGISTRO DE CALIBRACIÓN DE MEDIDORES DE RADIATIVIDAD (formato F- SA – 09)**, para guardar el historial de cada medidor. Este registro debe ser llenado por el Oficial de Protección Radiológica.

#### **3.6.2.1 Mediciones rutinarias**

Se ha establecido el siguiente procedimiento:

1. Utilización del medidor de radioactividad:
  - I. Comprobar las baterías que estén operables
  - II. Realizar una medición fuera del área de almacenamiento de las fuentes radiactivas
  - III. Establecer los puntos de monitoreo
2. Se establecen los siguientes puntos de monitoreo rutinario:
  - En la bóveda de almacenamiento de las fuentes
  - A un metro de distancia del nivel de flujo (lingoteras)
  - En el área de mantenimiento de las lingoteras (si la medición es requerida)
3. El monitoreo se realizará con el equipo de medición debidamente calibrado.
4. Las mediciones estarán a cargo de un operador radiológico debidamente autorizado.
5. Si se detecta cualquier valor superior a  $7.5 \mu\text{Sv/h}$ , parar la operación, asegurar el área para prevenir la exposición, restringir el área con cinta de peligro, e informar inmediatamente al departamento Gestión Integral – Seguridad Industrial.
6. Las mediciones se registrarán en el formato **REGISTRO DE MEDICIONES DE RADIATIVIDAD F- SA – 10**. El llenado de este formato estará a cargo del operador radiológico designado.
7. El encargado de las mediciones utilizará un dosímetro personal así como un medidor manual de radioactividad debidamente calibrado.

8. En el caso de detección de niveles inusuales de radiactividad se informará inmediatamente al departamento Gestión Integral – Seguridad Industrial.
9. Las mediciones de niveles de radiactividad se realizarán con frecuencia semanal.

### 3.6.3 Pruebas de Fuga

Se ha establecido el siguiente procedimiento:

Las pruebas de fuga en la planta deberán ser efectuadas por medio del método de "limpieza", de conformidad con el siguiente procedimiento.

1. Disolver el jabón en polvo en una pequeña cantidad de agua
2. Humedecer con la solución el palillo con algodón (Palillo N 1)
3. Limpiar la fuente con el palillo con algodón
4. limpiar la fuente utilizando el palillo con algodón número 2 (sin humedecer).
5. Medir la radiación de fondo
6. Llenar la siguiente información de registro
  - Nombre de la Compañía
  - Locación
  - Fecha
  - Isótopo
  - Cantidad (actividad de la fuente)
  - Número de serie y tipo
7. Probar los palillos con un medidor de sonda. Si el medidor indica una lectura por encima de la medición normal de fondo, retire la fuente inmediatamente de servicio.
8. Enviar los palillos a un laboratorio de espectometría para su análisis.
9. Se deberá verificar que la medición de fuga no sobrepase el valor de 0,005  $\mu\text{Ci}$  ó 185 Bq
10. Las pruebas se registraran en el **REGISTRO DE PRUEBAS DE FUGA Y CONTAMINACIÓN F- SA – 11**, este registro debe ser llenado por el Oficial de Protección Radiológica.
11. Las mediciones se realizarán con frecuencia semestral.

### **3.7 Procedimiento de Manejo de Medidores de Nivel de Flujo**

#### **3.7.1 Objetivo**

Describir la secuencia operativa para realizar la instalación y/o extracción de las fuentes radiactivas en lingoteras, de acuerdo a la frecuencia por mantenimiento, por cambio de lingoteras y por casos especiales.

#### **3.7.2 Antecedentes**

Todas las industrias siderúrgicas utilizan para sus medidores de nivel de colada de acero una fuente radiactiva de Co 60. El beneficio al utilizar una fuente de radiación ionizante como el Co 60 es obtener mediciones exactas en condiciones de altas temperaturas.

La fuente radiactiva normalmente en fase de operación esta ubicada en un dispositivo interno del molde de acero llamado Lingotera, cuando por efectos de mantenimiento, recambio u otro motivo se requiere cambiar la Lingotera, se debe extraer la fuente radiactiva y almacenarla temporalmente en un contenedor metálico revestido internamente con plomo para luego instalarla en la siguiente Lingotera; si el cambio no es inmediato este contenedor deberá ser ubicado en un lugar cercano previamente concebido para el efecto (bóveda).

Las Lingoteras se cambiarán normalmente una vez cada día por lo que el presente procedimiento se deberá aplicar en cada operación.

El radioisótopo utilizado en los medidores industriales utilizados es Cobalto 60 (Co 60).

La actividad inicial de la fuente que se utiliza en la lingotera es de 10 MBq o 0,2703mCi.

#### **3.7.3 Isótopo radioactivo empleado**

##### **Características principales**

- **Tipo de fuente**

Fuente gamma de alta energía

- **Radioisótopo.**

Cobalto 60

- **Tiempo de vida media**

5.27 años

- **Actividad**

0,27 mCi (10 MBq)

- **Uso**

Medidor de nivel de flujo de acero líquido

- **Tiempo recomendado de trabajo**

10 años

### 3.7.4 Manejo de Fuentes Radiactivas

El manejo de este tipo de fuentes será responsabilidad exclusiva de personal capacitado para el efecto; las personas autorizadas serán únicamente aquellas que posean la licencia otorgada por la entidad de control. Cada persona deberá utilizar su equipo de protección personal completo, y su medidor de exposición (dosímetro).

El Operador Radiológico debe llenar el formato **REGISTRO DE MOVILIZACIÓN DE FUENTES F –SA – 06** cada vez que se realice el movimiento de una fuente, en el cual indicará la ubicación de cada fuente según la siguiente simbología:

UBICACIÓN	
<b>Bóveda:</b>	Bov
<b>Lingoteras:</b>	Ling
<b>Mantenimiento:</b>	Mnto.

### 3.7.5 Actividades Preliminares

Previo a la extracción y manejo de dispositivos que incluyen fuentes radiactivas, debe cumplirse lo siguiente:

- Verificar todos los implementos de seguridad esto es: casco, gafas, guantes, zapatos punta de acero, ropa de protección y dosímetro personal.
- Verificar toda la herramienta y accesorios necesarios antes de iniciar esta actividad, a fin de minimizar el tiempo de exposición.
- Coordinar la disponibilidad de un puente grúa desde el inicio hasta el final de la operación de cambio de lingoteras.
- Confirmar con la jefatura de producción que la operación esté totalmente parada y las lingoteras lo suficientemente frías antes de iniciar los trabajos.

### 3.7.6 Extracción de Fuente

- Retirar los contenedores vacíos de las fuentes de su almacenamiento permanente y colocar cada contenedor al frente de su respectiva lingotera.
- Desmontar las tapas de las lingoteras para ello se utilizara una pistola neumática, una extensión y una copa ratche # 32.
- Colocar el contenedor de la fuente sobre la lingotera haciendo coincidir las guías del contenedor (pines) con los agujeros de la lingotera.
- Destapar el conducto de la fuente en el contenedor y la lingotera, insertar la varilla, enroscar la fuente, extraer la fuente, posicionar la fuente en el contenedor, desenroscar la fuente, extraer la varilla y cerrar el conducto.

- Asegurar el contenedor verificando que el conducto de la fuente esté totalmente hermético.
- Ubicar el contenedor con la fuente al frente de cada lingotera.
- Cambiar la lingotera.

### **3.7.7 Instalación de Fuente**

- Repetir los pasos preliminares citados en el acápite Actividades Preliminares
- Retirar los contenedores con las fuentes de su almacenamiento permanente y colocar cada contenedor al frente de su respectiva lingotera.
- Desmontar las tapas de las lingoteras para ello se utilizara una pistola neumática, una extensión y una copa ratche # 32.
- Colocar el contenedor de la fuente sobre la lingotera haciendo coincidir las guías del contenedor con los agujeros de la lingotera.
- Destapar el conducto de la fuente en el contenedor y la lingotera, insertar la varilla, enroscar la fuente, introducir y posicionar la fuente en la lingotera, desenroscar la fuente, extraer la varilla y cerrar el conducto.
- Asegurar la lingotera verificando que el conducto de la fuente este totalmente hermético.
- Montar las tapas de las lingoteras.
- Ubicar el contenedor vacío de la fuente en su lugar de almacenamiento.

## **4 CASO DE EMERGENCIA**

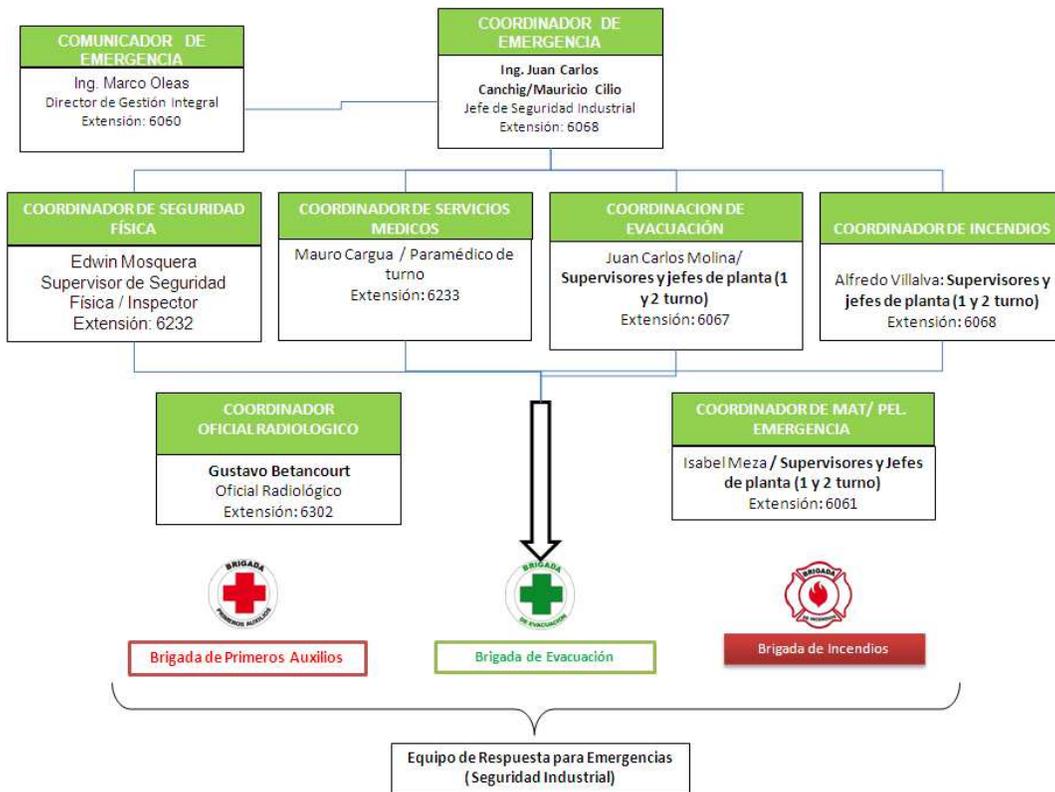
Existen varios escenarios de emergencias que podrían plantear riesgos de contaminación radioactiva o que las fuentes pierdan hermeticidad y que requieren acciones tendientes a precautelar la seguridad radiológica.

En la presente sección se prevén las acciones para los siguientes escenarios de emergencia: sobre-exposición accidental, incendio, sismo / terremoto, robo de las fuentes radiactivas, fuga y/o contaminación radioactiva, evacuación general, caída del contenedor de fuente radiactiva, contaminación de acero líquido y maquinaria, etc.

Situaciones específicas pueden envolver acciones diferentes a las previstas en estos procedimientos que son de carácter general.

#### 4.1 ORGANIGRAMA DE EMERGENCIA

Internamente, la empresa ha establecido el siguiente cronograma de respuesta a emergencias.



#### 4.2 Sobre exposición Accidental a Radiación

Si una sobre exposición ha ocurrido o se sospecha que ha ocurrido (Ej. Lectura de dosímetros de película), proceda de la siguiente manera:

1. Notificar al Oficial de Seguridad Radiológica.
2. Remover a la persona afectada del área inmediatamente para que reciba atención médica apropiada. Informar al personal medico que es un accidente radiológico. Estar preparado para contestar cualquier pregunta sobre el accidente o tipo de radiación.

3. El Oficial de Seguridad Radiológica recuperará el dosímetro y lo enviará para un procesamiento de emergencia.
4. Si de la lectura de dosímetros, se verifican dosis altas no habituales en trabajadores que anteriormente no las presentaban, además de las acciones señaladas anteriormente, se deben realizar investigaciones sobre:
  - Cambios realizados en la instalación
  - Cambios de técnicas de trabajo
  - Presencia de fuentes adicionales de exposición
  - Averías en general
  - Ocurrencia de accidentes radiológicos

### **4.3 Incendio**

**En caso de incendio dentro del área de Acería actuar de la siguiente forma:**

2. La persona que observa el incendio debe notificar inmediatamente a todo el personal del área de trabajo donde sucede el conato.
3. Si el fuego es pequeño, extinguirlo mediante los equipos contra incendio disponibles.
4. Si el fuego no ha podido ser controlado, avisar a todo el personal de la planta.
5. Las brigadas de emergencia deben actuar de acuerdo a sus funciones y responsabilidades.
6. Los trabajadores deben evacuar a los puntos de encuentro establecidos en la planta, según las instrucciones recibidas por los canales autorizados
7. En caso de que el área donde se encuentran las fuentes radiactivas, se encuentre amenazada, se procurará a medida de lo posible, depositar las fuentes en la bóveda de almacenaje. De ser el caso, el Operador Radiológico debe extraer las fuentes de las lingoteras, ponerlas en sus respectivos contenedores y llevarlas a la bóveda de almacenamiento. El operador radiológico, deberá tener autorización del líder de la emergencia para proceder a realizar esta operación.
8. El Operador Radiológico notificará al Oficial de Protección Radiológica el resultado de la operación.
9. El Oficial de Protección Radiológica notificará a la entidad de control de ser el caso de incendios que afectaron instalaciones con fuentes radiactivas.
10. El Oficial de Protección Radiológica indicará la forma de proceder de acuerdo a las instrucciones de la Autoridad Reguladora.

### **4.4 Sismo / Terremoto**

**En caso de sismo / terremoto dentro del área de Acería actuar de la siguiente forma:**

1. Notificar inmediatamente a todo el personal de la Acería.
2. Las brigadas de emergencia deben actuar de acuerdo a sus funciones y responsabilidades.
3. Los trabajadores deben evacuar a los puntos de encuentro establecidos dentro de la fábrica
4. El Operador Radiológico debe extraer las fuentes de las lingoteras (si es posible), ponerlas en sus respectivos contenedores y llevarlas a la bóveda de almacenamiento.
5. En caso de que tras un terremoto o eventos sísmicos de los que se prevea réplicas que pongan en peligro las instalaciones que incluyen fuentes radiactivas, se procurará a medida de lo posible, depositar las fuentes en la bóveda de almacenaje. De ser el caso, el Operador Radiológico debe extraer las fuentes de las lingoteras, ponerlas en sus respectivos contenedores y llevarlas a la bóveda de almacenamiento. El operador radiológico, deberá tener autorización del líder de la emergencia para proceder a realizar esta operación.
6. El Operador Radiológico notificará al Oficial de Protección Radiológica el resultado de la operación.
7. El Oficial de Protección Radiológica notificará a la Autoridad Reguladora del accidente / incidente sucedido.
8. El Oficial de Protección Radiológica indicará la forma de proceder de acuerdo a las instrucciones de la Autoridad Reguladora.

#### **4.5 Robo de fuentes radiactivas**

**En caso de robo de las fuentes radiactivas, actuar de la siguiente forma:**

1. El trabajador y/o Operador Radiológico que verifique la ausencia de cualquier fuente radiactiva debe notificar inmediatamente al Oficial de Protección Radiológica.
2. El Oficial de Protección Radiológica debe notificar inmediatamente a la Autoridad Reguladora
3. La Compañía realizará las denuncias respectivas ante las autoridades competentes, para dar lugar a las investigaciones del caso. El Oficial de Protección Radiológica mantendrá un canal de información oficial sobre las acciones asumidas por la empresa en estas circunstancias y su seguimiento.
4. El Oficial de Protección Radiológica indicará la forma de proceder de acuerdo a las instrucciones de la Autoridad Reguladora.

#### **4.6 Fuga y/o Contaminación Radiactiva**

**En caso de fuga y/o contaminación radiactiva dentro del área de Acería actuar de la siguiente forma:**

1. Si en las mediciones de radiactividad el valor medido supera los 7.5  $\mu\text{Sv/h}$ , avisar inmediatamente al Oficial de Seguridad Radiológica.
2. Si en las mediciones de radiactividad el valor medido supera los 15  $\mu\text{Sv/h}$ , se debe evacuar toda la planta y avisar inmediatamente al Oficial de Seguridad Radiológica, el cuál informará inmediatamente a la Autoridad Reguladora.
3. El Oficial de seguridad radiológica asesorará al Coordinador de la Emergencia
4. Señalizar inmediatamente el área
5. En función de las condiciones particulares, se definirá la evacuación del personal y las pruebas médicas que apliquen de ser el caso.
6. Las brigadas de emergencia deben actuar de acuerdo a sus funciones y responsabilidades y bajo coordinación del líder de la emergencia.
7. Los trabajadores deben evacuar a los puntos de encuentro establecidos dentro de la fábrica
8. El Operador Radiológico debe extraer las fuentes de las lingoteras, ponerlas en sus respectivos contenedores y llevarlas a la bóveda de almacenamiento, si es posible realizarlo.
9. El Operador Radiológico notificará al Oficial de Protección Radiológica.
10. El Oficial de Protección Radiológica notificará a la Autoridad Reguladora del accidente / incidente sucedido.
11. El Oficial de Protección Radiológica indicará la forma de proceder de acuerdo a las instrucciones de la Autoridad Reguladora.

#### **4.7 Evacuación General**

**Si el Comité de Emergencia y/o Director de Emergencia y/o Coordinador de Seguridad de Personas da la orden de evacuar la planta, se debe actuar de la siguiente forma:**

1. El Oficial de seguridad radiológica asesorará al Coordinador de la Emergencia
2. Notificar inmediatamente a todo el personal de la Acería de la evacuación
3. Las brigadas de emergencia deben actuar de acuerdo a sus funciones y responsabilidades.
4. Los trabajadores deben evacuar a los puntos de encuentro establecidos dentro de la fábrica
9. En caso de ser procedente, el Operador Radiológico debe extraer las fuentes de las lingoteras, ponerlas en sus respectivos contenedores y llevarlas a la bóveda de almacenamiento. El operador radiológico, deberá tener autorización del líder de la emergencia para proceder a realizar esta operación.

5. El Operador Radiológico notificará al Oficial de Protección Radiológica.
6. El Oficial de Protección Radiológica notificará a la Autoridad Reguladora del accidente / incidente sucedido.
7. El Oficial de Protección Radiológica indicará la forma de proceder de acuerdo a las instrucciones de la Autoridad Reguladora.

#### **4.8 Caída del Contenedor de Fuente Radiactiva**

**En caso que un contenedor con la fuente radiactiva se cae y éste presente algún tipo de deformación, actuar de la siguiente forma:**

1. Notificar inmediatamente al Oficial de Protección Radiológica.
2. El contenedor con la fuente debe ser llevado a la bóveda inmediatamente.
3. El Oficial de Protección Radiológica notificará a la Autoridad Reguladora
4. Se procederá inmediatamente a realizar un monitoreo de los contenedores de las fuentes.
5. El Oficial de Protección Radiológica indicará la forma de proceder de acuerdo a las instrucciones de la Autoridad Reguladora.

#### **4.9 Contaminación de acero líquido y maquinaria**

**En caso que una fuente radiactiva se funda con la chatarra en el horno eléctrico, actuar de la siguiente forma:**

1. Si se sospecha que una fuente radiactiva ha sido fundida con chatarra en la operación de horno eléctrico, se debe parar inmediatamente la operación.
2. Notificar inmediatamente al Director Técnico y/o Jefe de Producción de Acería.
3. Notificar inmediatamente al Oficial de Protección Radiológica.
4. El Oficial de Protección Radiológica informará inmediatamente a la Autoridad Reguladora
5. Se procederá inmediatamente a realizar un monitoreo del lugar del accidente.
6. Todo el acero y maquinaria que esté contaminado debe ser aislado completamente del proceso productivo y del Personal de la planta
7. Se debe realizar un plan de descontaminación a todo el material y maquinaria que presente radiactividad
8. El Oficial de Protección Radiológica indicará la forma de proceder de acuerdo a las instrucciones de la Autoridad Reguladora

#### **4.10 Notificación de Incidente / Accidentes**

En caso de ocurrir un incidente/accidente este debe ser llenado por el Jefe de Seguridad Industrial de acuerdo al **FORMATO DE REPORTE INICIAL DE INCIDENTE – ACCIDENTE**

Una vez realizada la Notificación al Dpto. Gestión Integral; este conducirá las notificaciones que apliquen y la investigación de conformidad con los procedimientos internos de la compañía.

#### **4.11 PROCEDIMIENTOS Y DOCUMENTACIÓN INTERNA**

ADELCA cuenta con un conjunto de Procedimientos de Seguridad, Salud y Ambiente. Estos Procedimientos y su respectiva documentación podrán ser empleados como soporte para el cumplimiento de lo establecido en el presente manual.

#### **4.12 ABREVIATURAS**

cm	Centímetro
CPM	Cuentas Por Minuto
DPM	Desintegraciones Por Minuto
AUTORIDAD REGULADORA Nucleares - MEER	Subsecretaria de Control y Aplicaciones Nucleares - MEER
G-M	Geiger –Muller
GBq	GigaBecquerel
ICRP	Consejo Internacional para Protección de radiación
mCi	milliecurie
μR	micro Roentgen
MPD	Dosis Máxima Permisible
mRem	mili Rem
mSv	mili Sievert
μSv	micro Sievert
POE	Personal Ocupacionalmente Expuesto
MR	Material Radioactivo
RSO	Oficial de Seguridad Radiológica
SIARS	Seguridad Industrial, Ambiente y Responsabilidad Social
TLD	Dosimeter. (Dosímetro Termoluminisente)