

# PERFIL DE LA EXPOSICIÓN OCUPACIONAL A RADIACIONES IONIZANTES EN CHILE

**PERFIL DE LA EXPOSICIÓN OCUPACIONAL**  
A RADIACIONES IONIZANTES EN CHILE

Dr. Otto Delgado R., Ing. Alfonso Espinoza L., T.M. Oscar Edding M., T.P.R. Lorena Ponce P. Sección Radiaciones Ionizantes y No Ionizantes. Instituto de Salud Pública de Chile. Octubre. 2014.

---

# PERFIL DE LA EXPOSICIÓN OCUPACIONAL A RADIACIONES IONIZANTES EN CHILE

---

## 1.- INTRODUCCIÓN.

En Chile todos los trabajadores que tienen una exposición ocupacional a radiaciones ionizantes deben contar con su respectiva autorización, así mismo, todas sus exposiciones deben ser medidas y registradas por el proceso que habitualmente se conoce como la **Dosimetría Personal**, el cual debe ser provisto por sus respectivos empleadores.

En nuestro país cerca de veinticinco mil personas son consideradas **Trabajadores Ocupacionalmente Expuestos a Radiaciones Ionizantes (TOE)** por las diferentes actividades que realizan o por su relación con el citado agente, de acuerdo a ello sus empleadores les proveen del respectivo control.

## 2.- VIGILANCIA RADIOLÓGICA PERSONAL.

La vigilancia de las exposiciones ocupacionales puede ser llevada a cabo de diferentes maneras, sin embargo, en Chile se estableció que la vigilancia se debe centrar en las personas y se efectúa midiendo y registrando las diferentes dosis que pueden estar involucradas en las diferentes actividades laborales, dicho proceso constituye lo que se conoce como la **Vigilancia Radiológica Personal**.

La gran mayoría de los trabajadores del país sólo enfrenta el riesgo de **Irradiación Externa**, por lo que sólo requieren la utilización de dispositivos que permitan efectuar lo que se denomina **Dosimetría Personal Externa**. Dentro de es-

tos y debido a que la gran mayoría se expone a campos de radiación relativamente homogéneos, los trabajadores sólo utilizan trimestralmente un único dosímetro personal con el cual se busca estimar un valor de dosis efectiva a ser comparado con el límite anual para cuerpo entero; adicionalmente, y sólo una parte menor de los trabajadores, utiliza otros dosímetros como por ejemplo dosímetros de anillo, los que sólo son utilizados cuando la exposición de la extremidad es significativamente mayor que la del resto del cuerpo, dicha exposición debe dar cumplimiento a otro límite establecido al efecto.

Así mismo, una muy pequeña parte de los trabajadores de país enfrenta el riesgo de **Contaminación** por materiales radiactivos, los cuales adicionalmente pueden ser vigilados a través de la medición de dichas incorporaciones, lo que se conoce como **Dosimetría Interna**. Dichos valores de dosis deben ser adicionados a los registrados por irradiación externa para efectos de su comparación con los límites de dosis anuales establecidos.

En Chile se encuentran habilitados por el Ministerio de Salud seis entidades para la prestación del servicio de dosimetría personal externa, los cuales deben reportar al Instituto de Salud Pública la totalidad de la información recopilada. Por su parte, el Instituto, entre otras funciones, tiene la de detectar eventuales sobreexposiciones de acuerdo a los límites anuales establecidos.

En este sentido, el Instituto de Salud Pública ha implementado desde el año 2007, el **Sistema de Vigilancia Radiológica Personal Ocupacional**, que se activa con cualquier resultado de

dosis para cuerpo entero superior a 5 mSv, el cual recientemente también ha incorporado un criterio para actuar en casos de dosis en extremidades superiores a 125 mSv. Este proceso genera un reporte con periodicidad trimestral que es subido a la página web del Instituto ([www.ispch.cl](http://www.ispch.cl), tema Vigilancia, Ocupacional).

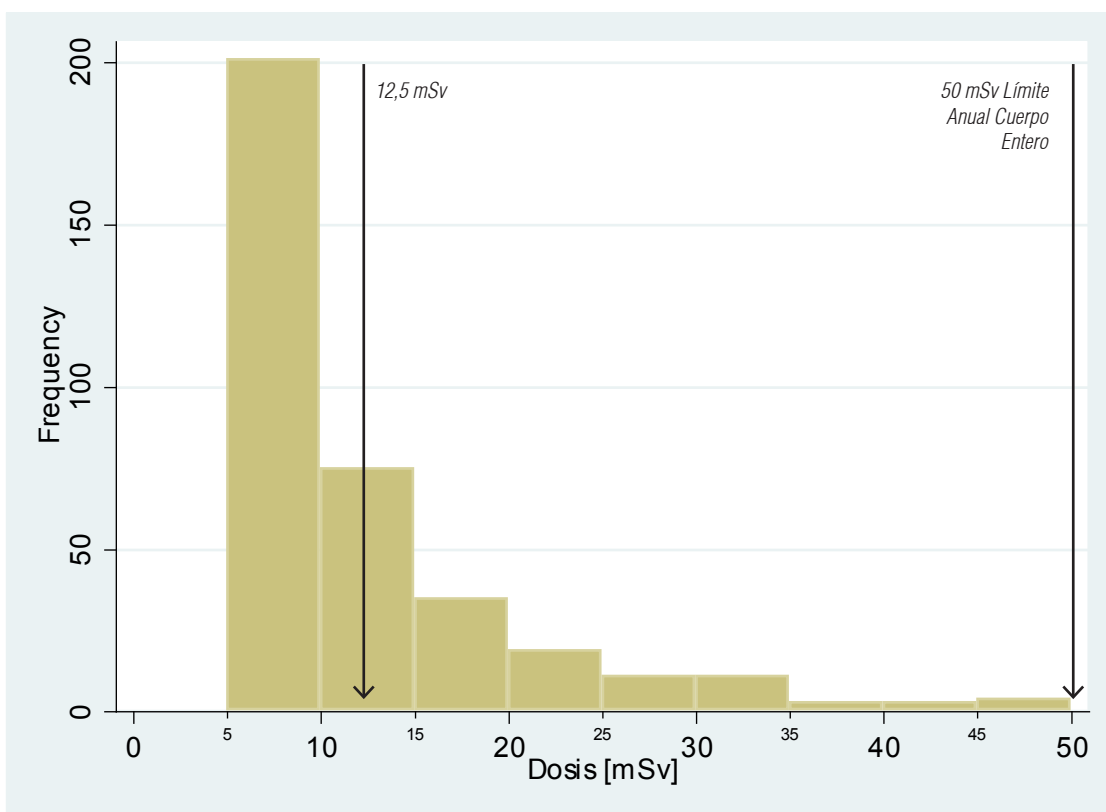
En la presente nota se busca destacar algunas informaciones derivadas del proceso anteriormente descrito, que da cuenta de situaciones de eventuales o probables sobreexposiciones. Al mismo tiempo, se entregará información que describe la magnitud de la exposición ocupacional en Chile a radiaciones ionizantes analizando también la información que no genera alertas de dosis, es decir, los valores normales.

En esta oportunidad sólo nos remitiremos a dosis relativas a exposiciones de cuerpo entero y por irradiación externa, las cuales, de acuerdo a la regulación vigente no deben superar los 50 mSv al año.

### 3.- RESULTADOS.

#### 3.1.- Resultados por alertas de dosis trimestrales sobre 5 mSv.

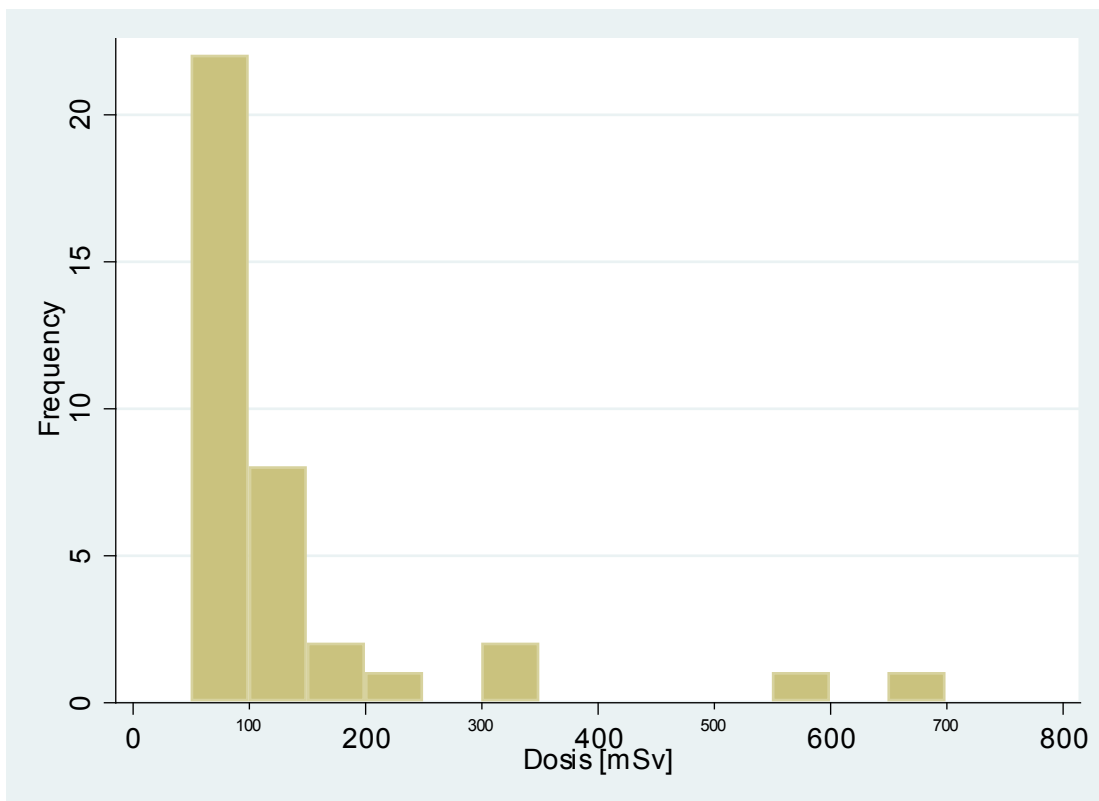
Entre el segundo trimestre del año 2007 y el tercer trimestre de 2014, se han podido detectar 400 dosis de cuerpo entero superiores a 5 mSv. Se debe destacar que, por el sistema de vigilancia, en dicho periodo de 30 trimestres, se han verificado del orden de 750.000 dosis, por lo que se podría calcular que alrededor del 0,05% de las dosis de cuerpo entero han generado alguna alerta y por lo tanto, su respectiva investigación de caso y la eventual implementación de medidas correctivas. En la Figura N°1 se presenta un histograma que muestra cómo se distribuyen las 362 dosis detectadas con valores inferiores a 50 mSv. Allí se puede ver que la mayoría de las dosis que generaron alerta corresponden a valores entre 5 y 10 mSv, en total 202. Así mismo, se detectó que 252 (63%) corresponden a valores menores o iguales a 12,5 mSv. La importancia de este valor es que de allí hacia arriba, y sólo de repetirse sistemáticamente dichos valores dosis en los trimestres sucesivos, habría superación del límite de dosis anual establecido en Chile de 50 mSv.



Hubo 38 dosis trimestrales que superaron directamente el límite anual, de las cuales sólo 16 son superiores a 100 mSv. Exceptuando un valor de 5127,8 mSv sus valores se presentan en el siguiente histograma:

**Figura N°2:**

*Frecuencia de dosis mayores de 50 mSv.*



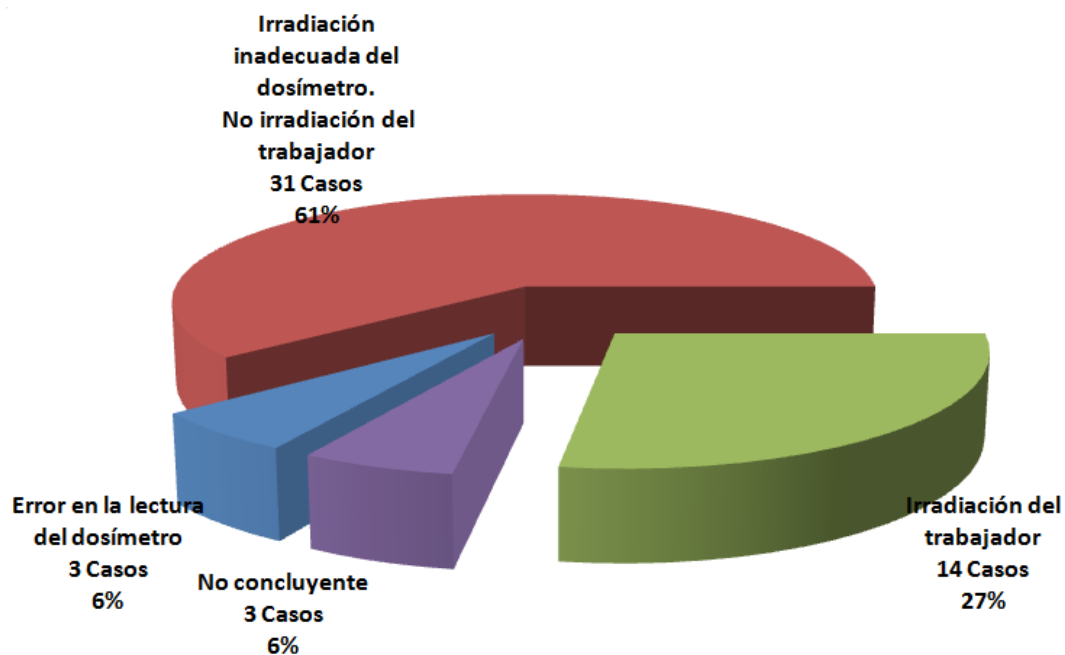
Las 16 dosis superiores a 100 mSv fueron complementadas con Dosimetría Citogenética, técnica que permite determinar si efectivamente la persona recibió una dosis igual o superior a los 100 mSv. De estos 16 casos sólo se recibió retroalimentación de 11, todos ellos arrojaron la no irradiación del trabajador por tratarse, uno de mala lectura del dosímetro y el resto, como conclusión la no irradiación del trabajador, aunque de sólo dos de ellos se recibió el resultado de la dosimetría citogenética indicando exposiciones menores a 100 mSv. El factor común

de estos casos es la irradiación inadecuada o accidental del dosímetro personal y no de irradiación del trabajador.

Por otro lado, de un análisis de las alertas generadas entre los años 2011 y 2013, se determinó que se presentaron 160 alertas. De ellas en sólo 51 oportunidades se recibió retroalimentación por parte de los respectivos empleadores o de las autoridades. En la Figura N°3 se resumen algunos resultados de las respectivas investigaciones de casos.

**Figura N°3:**

Desglose de las causas de las 51 alertas investigadas entre 2011 y 2013 con resultados conocidos.



**3.2.- Resultados por reportes de dosis comunes.**

A continuación se presentan algunos resultados que resumen el comportamiento de las dosis comunes enviadas por los diferentes prestadores de dosimetría personal externa.

Se investigó sobre información entre el primer y segundo trimestre del año 2014, respecto de lo cual se estima que se cuenta, en un formato útil para el presente estudio, con aproximadamente el 60% de la información que se generó en dichos trimestres.

De esta manera se cuenta con 26.078 resultados de dosis los que se resumen en la Tabla N°1.

**Tabla N°1:**

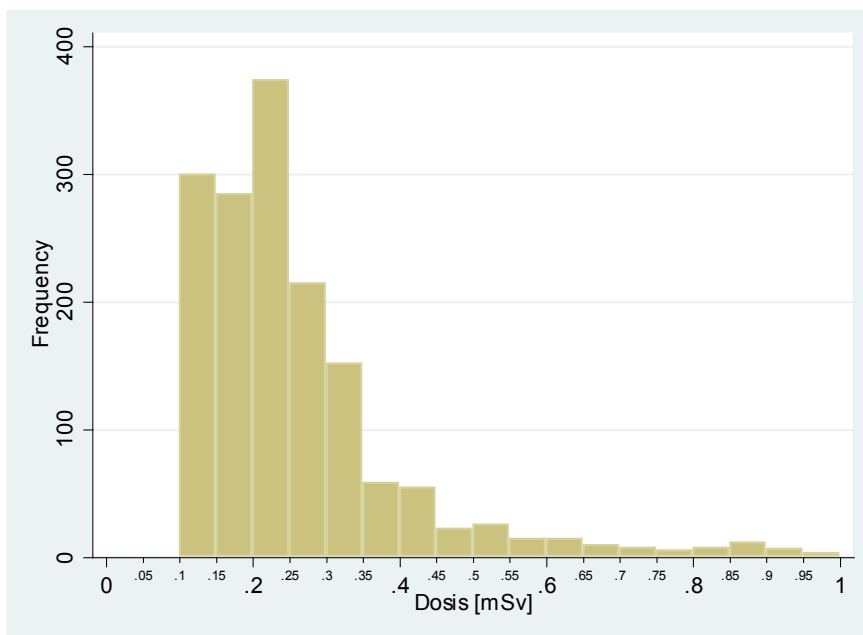
Desglose de las dosis cargadas en el sistema en el primer y segundo trimestre 2014.

| INFORMACIÓN                                       | NÚMERO DE DOSIS | %     |
|---|-----------------|-------|
| Dosímetro Dañado                                  | 24              | 0,09  |
| Dosímetro Extraviado                              | 12              | 0,05  |
| Dosímetro No Devuelto                             | 3.999           | 15,33 |
| Dosímetro Sin Uso                                 | 201             | 0,77  |
| Menor al Nivel de Registro (MNR: menor a 0,1 mSv) | 11.132          | 42,69 |
| No Registra                                       | 9.074           | 34,80 |
| Dosis con valores $\geq 0,1$ mSv                  | 1.636           | 6,27  |
| <b>Total</b>                                      | <b>26.078</b>   |       |

En la Figura N°4 se muestra como se distribuyen las 1.574 dosis que registraron valores mayores o iguales a 0,1 mSv pero menores que 1 mSv. Además que 959 dosis son menores o iguales a 0,25 mSv en el trimestre.

**Figura N°4:**

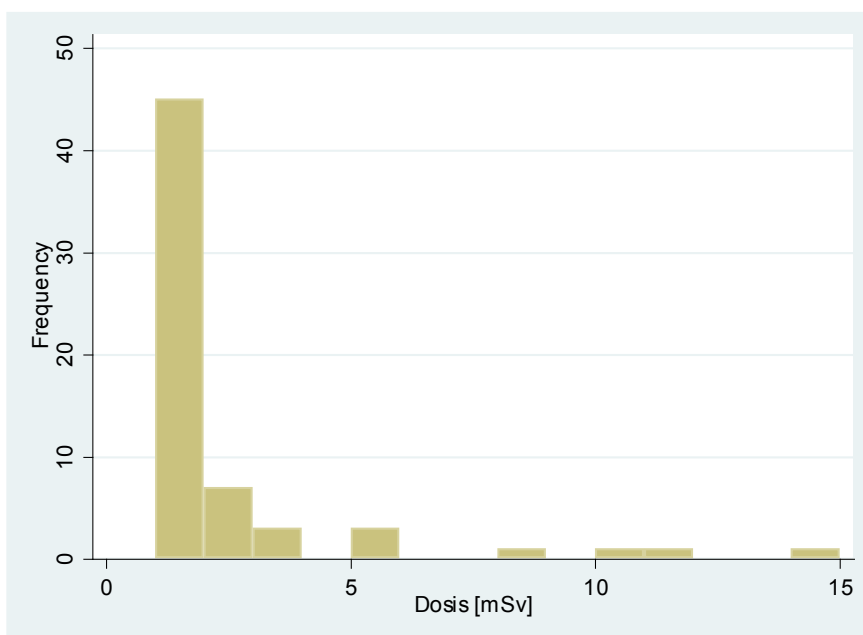
*Frecuencia de dosis mayores que MNR pero menores de 1 mSv.*



En la Figura N°5 se muestran cómo se distribuyen las 62 dosis que registraron valores mayores que 1 mSv.

**Figura N°5:**

*Frecuencia de dosis mayores que 1 mSv.*



En la Tabla N°2 se resume el comportamiento de las dosis que entregaron resultados efectivos, es decir entre valores MNR que se entiende que serían valores no nulos pero menores de 0,1 mSv, también los valores con dosis mayores que 0,1 mSv.

**Tabla N°2:**

*Resumen de la información de dos trimestres de 2014.*

| Rango de Dosis | N      | Rango de Dosis | N | Rango de Dosis | N | Rango de Dosis | N | Rango de Dosis | N |
|----------------|--------|----------------|---|----------------|---|----------------|---|----------------|---|
| 0 - 0,2        | 11.717 | 3 - 3,2        | 1 | 6 - 6,2        | 0 | 9 - 9,2        | 0 | 12 - 12,2      | 0 |
| 0,2 - 0,4      | 800    | 3,2 - 3,4      | 1 | 6,2 - 6,4      | 0 | 9,2 - 9,4      | 0 | 12,2 - 12,4    | 0 |
| 0,4 - 0,6      | 119    | 3,4 - 3,6      | 0 | 6,4 - 6,6      | 0 | 9,4 - 9,6      | 0 | 12,4 - 12,6    | 0 |
| 0,6 - 0,8      | 39     | 3,6 - 3,8      | 1 | 6,6 - 6,8      | 0 | 9,6 - 9,8      | 0 | 12,6 - 12,8    | 0 |
| 0,8 - 1        | 31     | 3,8 - 4        | 0 | 6,8 - 7        | 0 | 9,8 - 10       | 0 | 12,8 - 13      | 0 |
| 1 - 1,2        | 20     | 4 - 4,2        | 0 | 7 - 7,2        | 0 | 10 - 10,2      | 1 | 13 - 13,2      | 0 |
| 1,2 - 1,4      | 13     | 4,2 - 4,4      | 0 | 7,2 - 7,4      | 0 | 10,2 - 10,4    | 0 | 13,2 - 13,4    | 0 |
| 1,4 - 1,6      | 5      | 4,4 - 4,6      | 0 | 7,4 - 7,6      | 0 | 10,4 - 10,6    | 0 | 13,4 - 13,6    | 0 |
| 1,6 - 1,8      | 3      | 4,6 - 4,8      | 0 | 7,6 - 7,8      | 0 | 10,6 - 10,8    | 0 | 13,6 - 13,8    | 0 |
| 1,8 - 2        | 4      | 4,8 - 5        | 0 | 7,8 - 8        | 0 | 10,8 - 11      | 0 | 13,8 - 14      | 0 |
| 2 - 2,2        | 3      | 5 - 5,2        | 0 | 8 - 8,2        | 0 | 11 - 11,2      | 1 | 14 - 14,2      | 0 |
| 2,2 - 2,4      | 3      | 5,2 - 5,4      | 0 | 8,2 - 8,4      | 0 | 11,2 - 11,4    | 0 | 14,2 - 14,4    | 0 |
| 2,4 - 2,6      | 1      | 5,4 - 5,6      | 1 | 8,4 - 8,6      | 0 | 11,4 - 11,6    | 0 | 14,4 - 14,6    | 0 |
| 2,6 - 2,8      | 0      | 5,6 - 5,8      | 1 | 8,6 - 8,8      | 0 | 11,6 - 11,8    | 0 | 14,6 - 14,8    | 1 |
| 2,8 - 3        | 0      | 5,8 - 6        | 1 | 8,8 - 9        | 1 | 11,8 - 12      | 0 |                |   |



## 4.- DISCUSIONES.

- 4.1** La cifra total de trabajadores que controlan las empresas de dosimetría personal externa oscila en torno de los 25.000 por lo que se ha estimado, en principio, que ese sería el valor aproximado de dosis que debiera generar el sistema en cada trimestre. A la fecha actual no se dispone de otra herramienta para hacer una mejor estimación o para precisar la cantidad de personas que se expone ocupacionalmente a radiaciones pero que aún no cuenta con su respectivo control dosimétrico. Entendiendo esta limitación se realizarán los siguientes análisis.
- 4.2** El porcentaje de dosis de 0,05% que genera alertas, permite inferir que 1 de cada 2000 puestos de trabajo llevados a cabo en un trimestre con exposición a radiaciones tiene la posibilidad de generar una alerta con una dosis superior a 5 mSv. Se debe destacar que el Sistema de Vigilancia Radiológica Ocupacional opera con dicho valor entendiendo que lo recomendado internacionalmente como límite de dosis es de, promedio 20 mSv al año en cuerpo total, valor que podría alcanzarse o superarse, de repetirse sistemáticamente en trimestres sucesivos valores iguales o superiores a 5 mSv. Así mismo, el límite anual, que es de 50 mSv permitiría obtener un criterio o límite derivado trimestral de 12,5 mSv. La evidencia muestra que dicho valor de 12,5 se alcanzaría sólo el 0,02% de las mediciones.
- 4.3** Del conjunto de valores de dosis trimestrales medidas con valores superiores a 100 mSv se ha podido determinar que todos ellos no corresponden efectivamente a irradiaciones de trabajadores, de allí que durante el periodo estudiado todas las situaciones anteriores sólo podrían calificarse como incidentes radiológicos y no como accidentes, por no corresponder esperar en ninguno de dichos casos ningún efecto determinístico por radiación. Incluso en el caso que superó los 5.000 mSv, los que de haber sido recibidos por el trabajador muy probablemente le habría provocado la muerte, pero dicho caso en particular se pudo constatar por dosimetría citogenética y concluir que no se expuso a más de 100 mSv.
- 4.4** Aún se dispone de una pequeña fracción de resultados de las diferentes investigaciones encargadas, ello en gran parte debido a que todas las notificaciones de dosis entre 5 mSv y 12,5 mSv sólo se encomiendan a los empleadores de los trabajadores involucrados. Estos últimos aún no tienen obligatoriedad de enviar los resultados de las mismas, por ello es que es escasa aún la factibilidad de obtener más resultados, además como muestra la Figura N°1 este tipo de caso corresponde al 63%. Los casos restantes con dosis superiores a 12,5 mSv (37%) se notifican a los empleadores y la respectiva autoridad competente, en este caso hay una mejor comunicación, aunque aún persiste una brecha de casos de los cuales no se conocen todos los resultados de las investigaciones ni las diferentes acciones implementadas con vista a evitar la repetición de los eventos y optimizar las prácticas.
- 4.5** Nuestro sistema informático, en cual se están cargando las dosis de todos los trabajadores controlados por dosimetría personal externa opera desde mediados del 2013 y podría decirse que aún se encuentra en proceso de implementación, de allí que gradualmente los prestadores han ido implementando la carga de dosis en el sistema. Por ello es que de la información almacenada en la actualidad sólo se cuenta con cerca de un 60% de las dosis para un único periodo. En el futuro se espera poder disponer de información más completa, así mismo, poder desglosar la información por prácticas o actividades laborales, profesiones, categorías de instalación radiactiva, etc.
- 4.6** En la Tabla N°1 se observa que algo más del 10% de los dosímetros entregados y asignados a los respectivos trimestres no se han devuelto oportunamente o no se devuelven nunca, esto impone la necesidad de disponer o dotar reglamentariamente de mejores herramientas a los respectivos fiscalizadores para verificar el más estricto cumplimiento de la citada obligación y

así mismo, de mejoras en la cultura radiológica tanto de trabajadores como de empleadores con vista a mejorar la eficacia del proceso.

- 4.7** Gran parte de los dosímetros utilizados por trabajadores ocupacionalmente expuestos entregan valores de dosis no detectables o menores al valor establecido para el registro de dosis ocupacional, este resultado que alcanza del orden de un 43% de los dosímetros, tal como lo muestra la Tabla N°1, está lejos de ser un problema. Es justamente uno de los objetivos de la protección radiológica ocupacional el de mantener las exposiciones tan bajas como sea razonablemente posible de alcanzar. Esta situación no debe ser interpretada tampoco como que las personas deban dejar de usar dosimetría, ya que dicha situación debe ser definida por otros análisis que tienen que ver con la relación que existe entre los trabajadores y las diferentes fuentes de radiación, con las áreas donde se desempeñan, con las probabilidades de mayores exposiciones o con la relación entre los niveles de las exposiciones y las acciones de los diferentes trabajadores; y no necesariamente con el nivel normal de exposición.

De allí que los esfuerzos no se deben encaminar en tener menos personal con dosimetría personal, sino que las exposiciones debidamente justificadas, cumplan los límites y sean lo más bajas posibles. Por ello es que la situación descrita está lejos de ser una mala cifra sino que motivo para pensar que las diferentes políticas públicas implementadas en la materia, como procesos de autorización de personas e instalaciones, capacitaciones en protección radiológica y la misma dosimetría personal; han contribuido a que las exposiciones ocupacionales en Chile sean efectiva y habitualmente muy bajas.

Esto se hace aún más evidente al analizar la Figura N°4 donde se exponen los valores de dosis que entregaron lecturas medibles, que corresponden a sólo 1.636 (6,3%), de ellas una gran parte, 959 dosis son entre 0,1 y 0,25 mSv. De repetirse 0,25 mSv cuatro trimestres sistemáticamente se alcanzaría 1 mSv, nivel

que de acuerdo a estándares internacionales serían niveles de aceptables para individuos del público. De esta manera podría interpretarse que, de las dosis con valores medibles cerca del 59% serían tolerables aún para individuos considerados público en las diferentes instalaciones radiactivas.

Se reitera que esta situación no debe ser interpretada como dejar de usar la dosimetría ya que la misma, en el citado grupo de trabajadores, podría detectar situaciones anómalas en las fuentes, equipos, incumplimiento de procedimientos u otras situaciones sub estándar.

## 5.- CONCLUSIONES.

- 5.1 Las exposiciones ocupacionales en Chile son habitualmente muy bajas comparadas con los límites establecidos y otros criterios, lo que no significa dejar de lado las diferentes medidas implementadas, ya que su retiro podría hacer que las mismas comenzaran a ser de mayor importancia respecto de otras fuentes de exposición para el ser humano.
- 5.2 El sistema de vigilancia y las respectivas investigaciones han permitido detectar y poner atención en las situaciones de probable sobreexposición, al mismo tiempo, con las respectivas investigaciones han permitido en las gran mayoría de los casos, dar tranquilidad a la población trabajadora respecto de la efectiva implementación de las medidas requeridas en cada caso y al mismo tiempo, contribuido a mejoras en lo que respecta a la protección radiológica ocupacional.