

Pruebas de control de calidad para cápsulas selladas de Iridio-192 con clasificación 63515, según las normas ISO-2919 / 9978 y su implementación en la Planta de Producción de Radioisótopos

María Benites ^a mabenites@ipen.gob.pe, Jesús Miranda ^a, Luis Cavero ^a, Luis Huatay ^a, Ángel Revilla ^b, Arturo Portilla ^a, Manuel Otero ^a, Manuel Castro ^a

^a Planta de Producción de Radioisótopos, Instituto Peruano de Energía Nuclear, Av. Canadá 1470, Lima 41, Perú

^b Reactor Nuclear RP-10, Instituto Peruano de Energía Nuclear, Av. Canadá 1470, Lima 41, Perú

Resumen

En los laboratorios de la Planta de Producción de Radioisótopos (PPR) del Centro Nuclear RACSO, se producen fuentes radiactivas selladas de Iridio-192 para uso industrial. En su producción, se emplean tres tipos de porta fuentes integradas flexibles (IR-1) denominadas: IPEN I, IPEN II e IPEN III. Estas fuentes, al igual que las cápsulas de los porta fuentes radiactivas selladas terminadas, antes de ser empleadas, son sometidos a rigurosos controles de calidad según normas internacionales como las ISO 2919 (Radiation Protection – Sealed Radioactive Sources – General Requirements and Classification) e ISO 9978 (Radiation Protection Sealed Radioactive Sources – Leakage Test Methods). En el presente trabajo, se presentan los gráficos y resultados obtenidos, dando evidencia que las cápsulas selladas empleadas en la PPR, con clasificación 63515 para uso con Iridio-192, cumplen las normas anteriormente mencionadas.

1 Introducción

El uso de fuentes radiactivas selladas ha creado la necesidad del empleo de normas internacionales, que sirven como guía tanto a los usuarios y fabricantes, como a la autoridad de aplicación. A través de los años, estas normas han ido sufriendo modificaciones, pero en todas ellas lo primero en considerarse ha sido la seguridad. Sobre el particular, se han elaborado una serie de normas internacionales, de las cuales citaremos algunas:

- ISO/TR 4826:1979. Sealed Radioactive Sources. Leak Test Methods.
- ISO 9978:1992. Radiation Protection – Sealed Radioactive Sources – Leakage Test Methods.
- ISO 2919:1999. Radiation Protection – Sealed Radioactive Sources – General Requirements and Classification.

En el Perú, la autoridad que se encarga de la regulación, fiscalización de la manipulación y comercialización de material radioactivo es la Oficina Técnica de Autoridad Nacional (OTAN). Esta instancia de control, exige a la Planta de Producción de Radioisótopos (PPR) levantar algunas No Conformidades, para que se pueda obtener la licencia de

producción de las fuentes de Ir-192, para uso industrial. Esta situación nos conlleva a la necesidad de realizar el presente trabajo.

2 Experimental

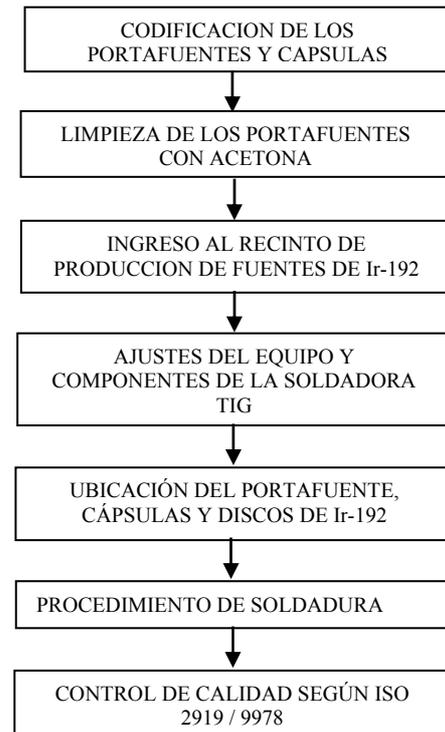
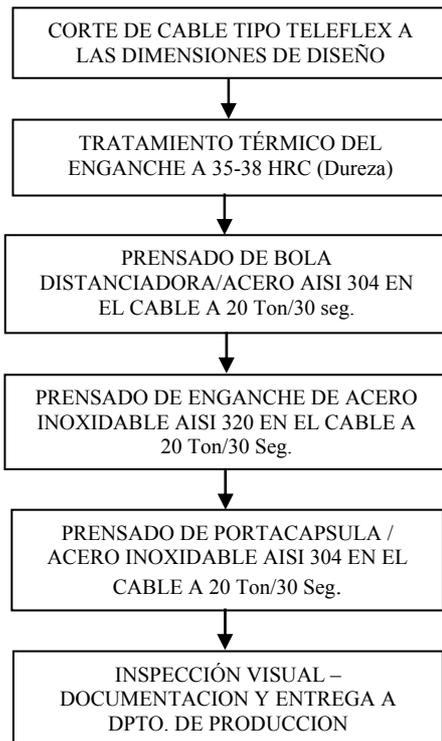
2.1 Procedimiento de fabricación de portafuentes y cápsulas para Ir-192

Los portafuentes integrados flexibles (IR-1) y cápsulas son fabricados en los talleres de la PPR, las dimensiones del cable, distancias de la bola de traba y el enganche dependen de los tipos de portafuentes que se fabrican. Se dispone de los tipos IPEN-I, IPEN-II e IPEN-III (Figura 1).



Figura 1. Portafuentes para discos de Ir-192.

El proceso cumple la secuencia de fabricación según el diagrama:



2.2 Soldadura de las cápsulas en el portafuente

Para el presente trabajo se ha realizado la soldadura de nueve portafuentes y sus cápsulas, siguiendo los procedimientos de soldadura para los portafuentes de Ir-192. Su codificación se reporta en la Tabla 1.

Tabla 1. Codificación de los portafuentes y cápsulas.

PORTAFUENTE	CAPSULAS		
IPEN I	IR-1	IR-2	IR-3
IPEN II	IR-1	IR-2	IR-3
IPEN III	IR-1	IR-2	IR-3

El proceso de soldadura se realizó dentro del recinto de producción de fuentes de Ir-192, empleando soldaduras TIG, a 7 amp. de corriente, 10 voltios de tensión de trabajo y a un flujo de 10 lt/min. de gas Argón según el diagrama:

2.3 Procedimiento de control de calidad según ISO 2919 / 9978

Para los trabajos de las pruebas específicas de las cápsulas de los tres prototipos, (IPEN I, II y III) exigidas según las normas ISO 2919:1999 e ISO 9978:1992, fue necesario implementar una infraestructura especial dotada de equipos e instrumentos que garantizaran la idoneidad y certeza de los ensayos. Las pruebas se realizaron simulando un proceso normal de recarga de irradiadores, en el recinto de Producción No. 1 de Ir-192; pero sin utilizar discos irradiados de Iridio-192. Así mismo, antes y después de cada prueba mecánica, se les hizo el control de inspección visual a cada uno de los portafuentes.

2.3.1 Inspección visual

En el procedimiento de soldadura dentro del recinto de producción de fuentes de Ir-192, la inspección se realiza con la ayuda de un lente de aumento marca LUXO de 1.85X de magnificación.



Figura 2. Inspección visual de la soldadura dentro del recinto de producción.

La inspección antes y después de cada prueba mecánica de los portafuentes, se realiza con un estereoscopio Wesco de 10X y 20X, acoplado a una cámara digital Canon™ A95 con programa ZoomBrowser EX 4.6.1, con disparo remoto acoplada a una PC.



Figura 3. Inspección visual con estereoscopio y toma de imágenes de los portafuentes.

3. Ensayos aplicados según norma ISO 2919

3.1 Ensayo de Temperatura: Clasificación 6

Los porta fuentes soldados en una mufla NEYTECH son sometidos por una hora a 800°C, inmediatamente son sumergidos en un recipiente cilíndrico que contiene agua a 20°C. Posteriormente, son sumergidos en un frasco Dewar que contiene nitrógeno líquido por 20 minutos (llevado a -40° C con acetona). Se retira el porta fuente y nuevamente son sumergidos en agua a 20°C.



Figura 4. Ensayos a alta y baja temperatura.

Finalmente, se evalúa visualmente cada uno de los porta fuentes, con un Estereoscopio Wesco con aumento 10X y 20X., se toma y graban las respectivas imágenes.

3.2 Ensayo de estanqueidad: Clasificación 3

Se habilita el ramal 2 del sistema mecánico para ensayos de vacío y alta presión (Figura 5).

Se enciende el sistema regulador de vacío Edwards que se encuentra conectado a un sensor tipo Pirani. Se regula el vacío a 105 kPa.

El porta fuente (el cual es previamente limpiado con acetona y pesado en una micro balanza analítica Mettler de capacidad de medición de 1 µg. a 62 gr.) se coloca en la cámara cilíndrica de acero inoxidable AISI 304 y se somete a 0,03 mbarn por dos períodos de 5 minutos cada uno (se vuelve a presión atmosférica entre periodos).

Se retira el porta fuente de la cámara, se limpia con papel absorbente y se lleva a pesar en la balanza analítica.

Luego se efectúa la inspección visual en el estereoscopio y se toma las respectivas imágenes.



Figura 5. Sistema mecánico para alto vacío (Ramal 2).

3.3 Ensayo de impacto : Clasificación 5

Se coloca el martillo (pieza de bronce de 38 mm Ø y 524 mm de altura con punta de acero AISI 420 templado, con 25.4 mm Ø y 12.5 mm de longitud libre. El puntero tiene una dureza 50 HRC; peso total 5,1 kg) a un metro de altura, medida entre el tope de la fuente ubicada sobre el yunque y base del martillo (base compuesta de 2 piezas rectangulares de acero al carbono de 290mm x 220mm x 85 mm, de 70 kg y apoyada en otra base de 380mm x 280mm x 35mm, de 30 kg).

La posición de la fuente es tal, que el impacto ocurre en la zona más vulnerable de la cápsula.

Se deja caer el martillo sobre la cápsula del porta fuente, se retira y limpia para su inspección en el estereoscopio.

Se pesa y somete a prueba de estanqueidad a alta presión.

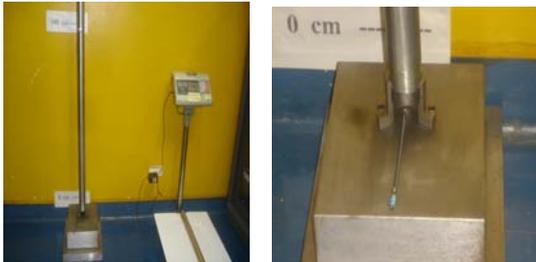


Figura 6. Sistema para ensayo de impacto y martillo sobre la cápsula del porta fuente.

3.4 Ensayo de Punzado: Clasificación 5

Se posiciona el martillo cilíndrico (pieza de bronce de 38 mm \varnothing y 33 mm de altura con punta de acero fijo AISI 420, templado, con 3 mm \varnothing y 6 mm de altura. El puntero tiene una dureza 50 HRC; peso total 316.7 gr) a 1 m de altura.

La base es la misma utilizada en el ensayo de impacto así como el tubo de acero inoxidable AISI 304 de 39.5 mm \varnothing_i y 1270 mm de altura.

Se deja caer el martillo de tal modo que la punta impacte sobre la fuente soldada. Se retira y limpia para su inspección en el estereoscopio luego se pesa y somete a la prueba de estanqueidad a alta presión.



Figura 7. Martillo de impacto para el punzado e impacto sobre la cápsula.

4 Ensayos aplicados según norma ISO 9978/92

Se realiza en ensayo de presión externa empleando agua bi-distilada y el ramal 1 del

sistema mecánico para ensayos de vacío y alta presión.



Figura 8. Manómetro de salida de gas de helio y Ramal 1 para ensayo de presión externa.

El sistema está compuesto por un cilindro de gas de Helio con reguladores de presión, manómetro digitales (0 a 3500 kPa), sistemas de presurización con válvulas Detroit, cámara cilíndrica de acero inoxidable AISI 304 de 10.5 mm de \varnothing_i y 10.5 mm de longitud.

Las cápsulas y porta fuentes sometidos a las pruebas de temperatura, estanqueidad, impacto y punzado son limpiadas con acetona, secadas con papel o corriente de aire y pesadas en una microbalanza.

Se coloca el portafuente en la cámara cilíndrica de acero y se añade 15 ml de agua bidestilada.

Se sella la cámara y se somete a una presión de 120 PSI por 2 períodos de 5 minutos.

Se despresuriza el sistema, se retira el portafuente, se seca y se vuelve a pesar en la microbalanza. La ganancia de masa debe ser menor de 50 μg . Se toma las vistas en el estereoscopio.



Figura 9. Manipulación y pesado del porta fuente después del ensayo.

5 Resultados y Discusión

Los resultados de la inspección visual de la soldadura, unión porta fuente-cápsula se representa en la Figura 10.

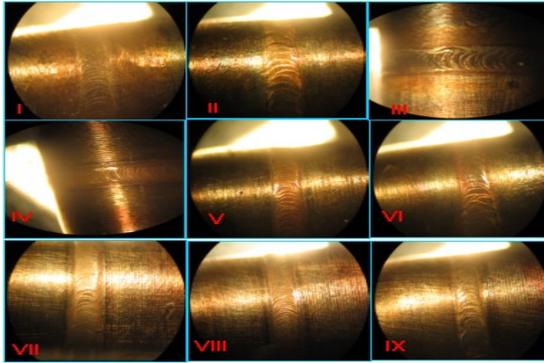


Figura 10. Porta fuentes soldados en el recinto de producción de portafuentes de Ir-192.

Se observa que no existe ningún tipo falla en la unión soldada ya sea de rajaduras o grietas. La inspección visual después de los ensayos de alta y baja temperatura se representa en la Figura 11.

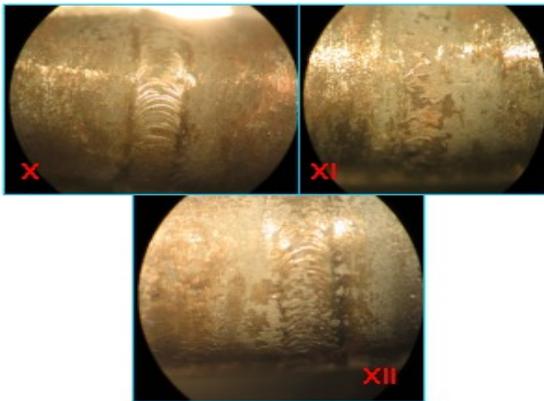


Figura 11. Unión soldada portafuente-cápsula después de ensayos de temperatura.

Los ensayos de estanqueidad después del ensayo de temperatura, impacto y punzado demuestran que existen ganancias de peso en promedio alrededor de 20 μ gr.

Tabla 2. Tabla de resultados de los ensayos de estanqueidad.

PORTA-FUENTE	ESTANQUEIDAD (mgr) DESPUES DE ENSAYO DE		
	TEMPERAT.	PUNZADO	IMPACTO
1	0.02	0.01	0.05
2	0.02	0.00	0.02
3	0.03	0.02	0.02

Los resultados del ensayo de impacto en la unión soldada (zona de impacto y zona posterior) son representados en la Figura 12.

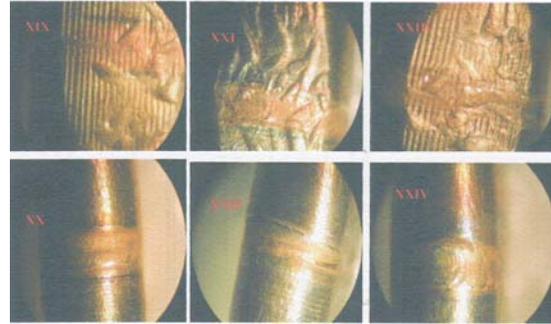


Figura 12. Ensayo de Impacto en la soldadura de los portafuentes

Los resultados del ensayo de punzado en la unión soldada (zona de impacto y zona posterior) se representa en la Figura 13.

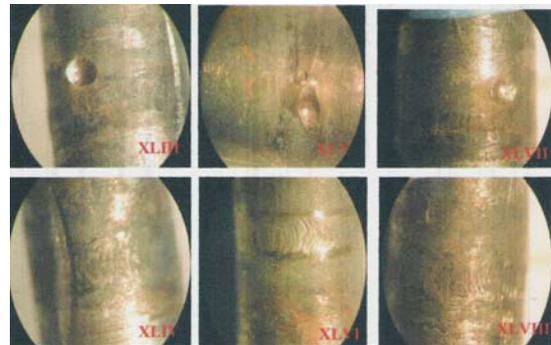


Figura 13. Ensayo de Punzado en la soldadura de los porta fuentes.

Los resultados del ensayo de punzado después de la de impacto en la unión soldada (zona de impacto y zona posterior) se representa en la Figura 14.



Figura 14. Ensayo de Impacto y punzado en la soldadura de los portafuentes.

6 Conclusiones

- Los ensayos se han realizado en frío; es decir, sin carga de material radiactivo. Luego de la inspección visual (Figura 10) se concluye que las soldaduras de las fuentes realizada por soldadura TIG (por fusión, sin material de aporte) para los portafuentes IPEN I, IPEN II e IPEN III con código IR-1,

IR-2 e IR-3 no presentan ningún tipo de rotura o rajadura.

- Los ensayos de temperatura demuestran que las fuentes soldadas para Iridio-192 soportan el cambio brusco de temperatura de 800°C a 20°C y de -40°C a 20°C. En todas las pruebas se observa que las fuentes no presentan rotura, quebradura o rajadura a nivel del área de soldadura. Esto se corrobora visualmente (Figura 11), así como también en los ensayos de estanqueidad en vacío y presión externa-alta presión (Tabla 2).

- Durante el ensayo de impacto se ha demostrado que las fuentes han superado la carga de 5.1 kg desde una altura de 1 metro (según norma ISO 2919) no observándose ningún tipo de rajadura o rotura (Figura 12), comprobándose este resultado en los ensayos de estanqueidad y de presión externa (Tabla 2) al no haber incremento de peso por efecto de ingreso de agua luego de estos ensayos (si hubiese algún tipo de rajadura este sería mayor a 1 mg). El aumento de peso no es mayor a 50 µgr (según norma ISO 9978).

- El ensayo de punzado demuestra que las fuentes sometidas a una carga de 310 gr con terminal en punta rígida y desde un metro de altura posterior al ensayo de impacto al que fueron sometidas previamente no perforan la soldadura (Figura 13), ni sufren ningún tipo de rotura o rajadura. Estos resultados se han comprobado posteriormente con los ensayos de estanqueidad y presión externa (Tabla 2).

- Se ha demostrado que las fuentes soldadas para Iridio-192 de los tipos IPEN I, IPEN II e IPEN III han soportado todos los ensayos destructivos aplicados: temperatura, punzado, impacto y estanqueidad (baja y alta presión: -31.2 in Hg y 120 psi respectivamente).

Por lo tanto, según los resultados obtenidos en todas los ensayos realizados, las cápsulas selladas empleadas en la PPR, de los portafuentes IPEN I, IPEN II e IPEN III con clasificación 63515, para uso con Iridio -192, cumplen las normas ISO 2919 e ISO 9978, demostrándose que la Planta se encuentra en condiciones de producir estos componentes.

La clasificación 63515 para nuestros porta fuentes es obtenido de la Tabla 2. Classification of sealed source performance (5 digits) de la norma ISO 2919:1999(E) p. 5.

7 Referencias

- [1] NORMA IRAM 3671: 1992.CNA 6665. Seguridad Radiológica. Fuentes Radiactivas Selladas. Prescripciones Generales. Buenos Aires: Argentina; 1992.
- [2] NORMA IRAM 3673: 1993.CNA 6665. Seguridad Radiológica. Fuentes Radiactivas Selladas. Requisitos y Métodos de Ensayo de Pérdidas. Buenos Aires: Argentina; 1993.
- [3] NORMA IRAM 3640: 1994. ISO 2910: 1980. CNA 6665. Seguridad Radiológica. Fuentes Radiactivas Selladas. Clasificación. Buenos Aires: Argentina; 1994.
- [4] DRAFT TECHNICAL REPORT 4826. (ISO 9978) Institute of Nuclear Research. Poland, 1975.
- [5] ISO 2919. Radiation protection-Sealed radioactive sources-General requirements and classification. 2nd edition 1999-02-15.
- [6] ISO 3999 (2000) – Radiation Protection apparatus for Industrial gamma Radiography in Transition to the 3rd Millennium. Camile Laduron & et al. MDS Nordion Industrial Radiography. Canadá. 2000
- [7] NORMA Oficial Mexicana NOM – 002-NUCL-2004. Pruebas de fuga y hermeticidad de fuentes selladas. México; 2004.
- [8] Condori J. Programa de garantía de calidad para la producción de fuentes selladas de Iridio-192. En: Instituto Peruano de Energía Nuclear. Reporte Interno. Lima: Perú; 1999.