

AR9700039

INIS-AR--125



AR9700039

**ASPECTOS RELEVANTES DEL LICENCIAMIENTO  
EN ARGENTINA DE UN MODELO DE BULTO  
TIPO B(U) PARA TRANSPORTE DE 12,95 PBQ  
DE COBALTO 60**

**J. R. López Vietri; R. G. Novo;  
A. J. Bianchi**

**Ente Nacional Regulador Nuclear  
Departamento Seguridad Radiológica y  
Nuclear**

**Trabajo a ser presentado en el 5. Congreso  
Argentino de Radioprotección**

**Santa Fe  
República Argentina**

**6-8 Setiembre de 1995**

# **ASPECTOS RELEVANTES DEL LICENCIAMIENTO EN ARGENTINA DE UN MODELO DE BULTO TIPO B(U) PARA TRANSPORTE DE 12,95 PBq DE COBALTO 60**

Jorge R. López Vietri, Rubén G. Novo y Angel J. Bianchi. Departamento Seguridad Radiológica y Nuclear. Ente Nacional Regulador Nuclear. Argentina.

## **RESUMEN**

El presente trabajo destaca los aspectos relevantes del proceso de licenciamiento de un diseño de bulto del Tipo B(U), de forma cilíndrica y masa 9,3 toneladas, aprobado por la Autoridad Competente de Argentina para transporte de hasta 12,95 PBq de cobalto 60 en forma de material radiactivo en forma especial. Describe sucintamente el análisis de la transmisión del calor, el comportamiento estructural bajo cargas impulsivas y el cálculo del blindaje contra las radiaciones, tanto en condiciones normales como accidentales de transporte así como el análisis comparativo de los resultados obtenidos en el diseño, las pruebas preoperacionales y las evaluaciones independientes realizadas por la Autoridad Competente Argentina para verificar el cumplimiento con el Reglamento para el transporte seguro de materiales radiactivos del Organismo Internacional de Energía Atómica.

## **ABSTRACT**

This paper points out the relevant technical issues related to the licensing process, of a Type B(U) package design, with cylindrical form and 9.3 ton mass, approved by the Argentine Competent Authority for the transport of 12.95 PBq of cobalt 60 as special form radioactive material. It is briefly described the heat transfer analysis, the structural performance under impulsive loads and the shielding calculation under both normal and accidental conditions of transport, as well as the comparative analysis of the results obtained from design, pre-operational tests and independent evaluation performed by the Argentine Competent Authority to verify the compliance with the Regulations for the Safe Transport of Radioactive Material of the International Atomic Energy Agency.

# ASPECTOS RELEVANTES DEL LICENCIAMIENTO EN ARGENTINA DE UN MODELO DE BULTO TIPO B(U) PARA TRANSPORTE DE 12,95 PBq DE COBALTO 60

J.R. López Vietri, R.G. Novo y A. Bianchi

Departamento Seguridad Radiológica y Nuclear. Ente Nacional Regulador Nuclear. Argentina.

## INTRODUCCION

En el contexto de la entrada en funcionamiento de la Central Nuclear Embalse, que dispone de un reactor Tipo CANDU que genera en promedio 100 PBq de cobalto 60 por año, era necesario el transporte de grandes cantidades de cobalto 60 para su comercialización en el país y la exportación. De ahí que debió tomarse la decisión de comprar embalajes aprobados y fabricados en el exterior o de generar un desarrollo en nuestro país. Se optó por esto último, por lo que la empresa Investigación Aplicada Sociedad del Estado (INVAP SE) de Argentina, a pedido del Proyecto Cobalto 60 de la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA), desarrolló un embalaje para el transporte de 12,95 PBq de cobalto 60, denominado GURI 01.

El presente trabajo destaca los aspectos relevantes del proceso de licenciamiento, desde el punto de vista de la Autoridad de Aplicación Competente de Argentina -ACA<sup>(\*)</sup>-, que ha permitido validar la información remitida por el solicitante de la licencia, INVAP SE. Describe las etapas cuya secuencia ha llevado a tomar las decisiones pertinentes en el área técnica, consensuadas entre el solicitante y la ACA, que cubre, entre otros, el análisis de la transmisión del calor, el comportamiento estructural bajo cargas impulsivas y el cálculo del blindaje contra las radiaciones, tanto en condiciones normales como accidentales de transporte. Además, reseña sucintamente las actividades relevantes llevadas a cabo por la ACA durante el proceso de licenciamiento, entre las que pueden citarse: evaluaciones e inspecciones durante el diseño, los ensayos mecánicos, la fabricación y las pruebas preoperacionales antes de la primera expedición de los bultos.

Por otra parte, en el trabajo se resume el análisis comparativo de los resultados obtenidos en el diseño, las pruebas preoperacionales y los cálculos independientes realizados por la ACA, en relación a los valores térmicos, los niveles de radiación y las pérdidas. Finalmente, se mencionan las principales conclusiones a que llegaron los autores del trabajo como consecuencia del proceso de licenciamiento del modelo de bulto Tipo B(U) denominado GURI 01.

## EVOLUCION DEL LICENCIAMIENTO

En la etapa de factibilidad del proyecto, el solicitante y la Autoridad Competente trataron la forma en que debía ser demostrado el cumplimiento de la reglamentación aplicable, Reglamento de transporte // del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), las características principales del diseño, y la evaluación del comportamiento estructural, térmico y del blindaje tanto por métodos de cálculo como en forma experimental.

En prolongadas reuniones posteriores entre el solicitante y la ACA se trataron: el plan de ensayos mecánicos experimentales, los métodos de cálculo, el plan de pruebas preoperacionales antes de la primera expedición del bulto, el programa de fabricación, la evaluación mecánica, térmica y del blindaje, el programa de garantía de calidad, así como el análisis y la validación de los resultados.

El tiempo involucrado en el licenciamiento fue de nueve años, con prolongadas interrupciones debido a importantes modificaciones operativas realizadas por el solicitante, manteniéndose una constante y estrecha relación entre la información enviada por éste y la evaluación y asesoramiento de la ACA, culminando con la entrega de la solicitud final de aprobación. A partir de allí, la Autoridad Competente comenzó una evaluación exhaustiva e independiente de toda la información suministrada, que incluyó una evaluación de un grupo consultor externo, el Instituto Nacional de Tecnología Química (INTEC), con amplia capacitación y experiencia en los temas a evaluar.

---

(\*) Ente Nacional Regulador Nuclear (ENREN), antes del 1° de enero de 1995 las tareas regulatorias eran cumplidas por la Gerencia de Área Asuntos Regulatorios de Seguridad Radiológica y Nuclear, de la CNEA.

Para llevar a cabo una verificación más completa del cumplimiento con el Reglamento de transporte /1/, la ACA realizó evaluaciones e inspecciones a la preparación de los ensayos mecánicos, a la fabricación de los especímenes a ensayar, al cumplimiento con el Programa de Garantía de Calidad y al desarrollo de las pruebas preoperacionales de los bultos. Cuando la Autoridad Competente se satisfizo del cumplimiento con los requisitos aplicables del Reglamento /1/, emitió el 28 de octubre de 1994 la Revisión 0 del Certificado de Aprobación del diseño de bulto Tipo B(U), modelo GURI 01, cuya marca de identificación es RA/0072/B(U)-85, que cubre los embalajes N° 01 y N° 02 aptos para el transporte de hasta 12,95 TBq de cobalto 60.

## **DESCRIPCION DEL MODELO DE BULTO GURI 01**

El modelo de bulto Tipo B(U) GURI 01 está constituido por un embalaje y su contenido radiactivo autorizado; sus dimensiones externas son de 1,50 m de diámetro y 1,70 m de altura, y su masa es de 9.400 kg, ver la figura 1. A su vez el embalaje consta de tres partes desmontables: un cuerpo principal, una camisa antillamas y una base. El cuerpo principal, que es de plomo encamisado entre dos carcavas cilíndricas concéntricas de acero, tiene por función la contención eficaz del material radiactivo y el control del nivel de radiación (blindaje); posee aletas en su superficie externa para permitir una disipación adecuada del calor generado por el contenido (12,95 PBq de cobalto 60 generan 5,4 kW de energía calórica) y tiene conductos de drenaje y venteo para facilitar la carga en vía húmeda. La camisa antillamas, que está constituida por una capa de amianto encamisada entre dos paredes de acero, rodea al cuerpo principal y sirve para reducir el ingreso de calor durante un incendio; se fija mediante bulones a una base de acero aletada. Las aletas tienen además como función adicional muy importante la de actuar como absorbedores de energía en caso de impactos.

El contenido radiactivo autorizado, 12,95 PBq de  $^{60}\text{Co}$ , lo constituye un máximo de 86 lápices aprobados como material radiactivo en forma especial (sólido no dispersable o cápsula sellada), que son portados en la periferia de las coronas cilíndricas de una grilla portalápices, la que se aloja en el recipiente interior del cuerpo principal. Cada lápiz tiene dimensiones externas de 8 mm de diámetro y longitud entre 285 mm y 450 mm; su actividad máxima está entre 370 TBq y 518 TBq.

## **DESARROLLO DEL DISEÑO Y LOS ENSAYOS**

Se hace notar que el desarrollo de un bulto Tipo B(U) se basa principalmente en el cumplimiento de requisitos funcionales de diseño, en especial debe demostrarse su aptitud de mantener la integridad de la contención y del blindaje contra las radiaciones después ser sometido a ensayos que simulan condiciones normales y accidentales de transporte. En particular, debióse dar solución a las dos siguientes condiciones contrapuestas de diseño *"el bulto debe disipar adecuadamente el calor generado por el contenido radiactivo en condiciones normales para que dicho contenido no se deteriore durante el transporte (prevenir la hidruración del zircaloy a 500 °C) y evitar que el calor ingrese al cuerpo principal en incendios ya que existiría la posibilidad de pérdida de blindaje por ruptura hidráulica del cuerpo principal por fusión del plomo (327 °C)"*.

Al comenzar el diseño la Autoridad Competente y el solicitante no poseían experiencia en este tipo de licenciamiento. La ACA decidió que la verificación del cumplimiento de los requisitos del Reglamento /1/ y sus documentos anexos /2/ /3/, se llevaría a cabo siguiendo los lineamientos del TECDOC-413 /4/ y del CS N° 112 /5/ del OIEA. INVAP SE disponía de capacidad tecnológica suficiente como para demostrar el cumplimiento con los requisitos del Reglamento mencionado.

### **Ensayo mecánico en condiciones accidentales de transporte**

El ensayo mecánico consiste en someter al bulto a dos caídas, una desde 9 m sobre una plataforma rígida, plana y horizontal "caída libre" y otra desde 1 m sobre una barra rigidamente empotrada en dicha plataforma "punzonado". La ACA decidió que este ensayo se realizara en forma experimental ya que en el país no se contaba con modelos computacionales validados para simular los mismos ni con resultados de ensayos de modelos de bultos similares. Por ello, en primer lugar INVAP SE diseñó y construyó en Pilcaniyeu una plataforma de impacto (blanco) para estos ensayos, que consiste en un cubo de hormigón armado de 3 m de arista, fijado mediante pilotes a roca basáltica y con una placa maciza de acero de 5 cm de espesor empotrada en su cara superior /6/.

Debido a los elevados costos involucrados en la preparación de dos especímenes para los ensayos, se fabricaron los mismos a escala 1:3 por lo que debieron definirse las leyes de escalización, los requisitos y las especificaciones de los especímenes a ensayar. No hubo discrepancias significativas con respecto a materiales, formas y dimensiones entre el modelo y los especímenes a ensayar, con excepción de que no se incluyó ni simuló el contenido radiactivo.

En este ensayo INVAP SE y la ACA definieron la cantidad, secuencia y orientación de las caldas (estas dos últimas para obtener el mayor daño de los especímenes), los métodos de medición de las desaceleraciones y de la relación tensión-deformación. Se realizaron 21 caldas con orientaciones del eje del cilindro normal, oblicuo y horizontal al blanco, de las cuales 11 fueron caldas libres que produjeron efectos generalizados de deformación en la estructura de los especímenes y 10 punzonados que provocaron efectos muy localizados en la zona de impacto; una conclusión importante fue que las aletas son excelentes absorbedores de impacto. La ACA presenció todas las caldas y asesoró durante su desarrollo y en las evaluaciones posteriores. Por otra parte, se evaluó analíticamente que después del ensayo: i) no habría daños significativos en la grilla y las barras de cobalto, y ii) no habría incremento apreciable de las deformaciones en la estructura con el aumento de temperatura del plomo, por el respaldo que éste ejerce sobre la carcasa de acero.

Después de la secuencia y orientación más desfavorables de ensayo, 1°) calda libre en posición horizontal y 2°) punzonado en la misma zona, se verificó el cumplimiento del mantenimiento de la contención y del blindaje ya que: a) el tapón permanece fijo en su posición, b) no hay fisuras ni deformaciones importantes en la contención primaria, c) la camisa antillamas no pierde eficacia para proteger térmicamente al cuerpo principal, d) hay poca reducción de la sección en los canales de refrigeración por aplastamiento de las aletas, y e) las barras de cobalto no sufren daños.

#### **Análisis térmico en condiciones normales y accidentales de transporte**

Debido a que se contaba con modelos computacionales independientes debidamente validados, TAP 6 y CATE, el análisis térmico en condiciones normales y accidentales se efectuó por cálculo. Para el análisis térmico en condiciones normales, INVAP SE utilizó un modelo de cálculo axisimétrico que supone en el recinto interior un flujo de  $0,99 \text{ W/cm}^2$  uniformemente distribuido sobre toda la superficie del recipiente interior, transfiriéndose al exterior por conducción, convección y radiación. Las temperaturas más importantes obtenidas se resumen en el Cuadro 1.

INVAP SE considera que el bulto está intacto después del ensayo mecánico. El ensayo térmico consiste en someter al bulto durante 30 minutos a una temperatura media mínima de  $800 \text{ }^\circ\text{C}$  y luego dejarlo enfriar naturalmente. Se simuló el ensayo y se determinaron los modelos analíticos y el conservatismo de las hipótesis. Las hipótesis consideradas fueron: a) distribución inicial de temperaturas en régimen estacionario de acuerdo al cálculo en condiciones normales, b) contenedor sin daños (más conservativo), c) durante el calentamiento se supuso  $T_{\text{amb}} = 800 \text{ }^\circ\text{C}$ , emisividad 0,9, durante 30 minutos, d) la velocidad de los gases calientes en el exterior entre 5 m/seg y 10 m/seg, y e) durante el enfriamiento se consideró  $T_{\text{amb}} = 38 \text{ }^\circ\text{C}$  durante 3 horas.

Durante el incendio INVAP SE utilizó el modelo de disipación térmica en condiciones normales mencionado, y consideró que hay ingreso de calor a través de la camisa antillamas por radiación y un flujo por conducción constante de  $0,3 \text{ W/cm}^2$ . Los resultados más importantes obtenidos fueron que la máxima temperatura en la pared del recinto interior es  $301 \text{ }^\circ\text{C}$ , la cantidad de plomo fundido es 9,7% del total de plomo a los 2 minutos de enfriamiento, la energía ingresada al bulto durante el incendio es 256 MJ, las temperaturas de las barras de  $^{60}\text{Co}$  es  $445 \text{ }^\circ\text{C}$  y del gas en el recinto interno  $373 \text{ }^\circ\text{C}$ , la presión interna menor a 700 kPa y las tensiones debidas a la presión interna, la dilatación diferencial y de origen térmico son veinte veces menores que la tensión admisible del acero. En conclusión, se verificó el cumplimiento del mantenimiento de la contención y del blindaje.

#### **Ensayo de inmersión, evaluación del blindaje y de las condiciones normales de transporte**

El ensayo de inmersión en agua consiste en sumergir el bulto a una profundidad de 15 m de columna de agua durante no menos de 8 horas. INVAP SE demuestra por cálculo que se mantiene la integridad del bulto después del ensayo ya que la presión hidrostática no afecta a sus

componentes exteriores y su recinto interior -diseñado para una presión diferencial de 1 MPa- permanece estanco.

Con referencia al blindaje en condiciones normales y accidentales de transporte se definió el problema técnico y su evaluación por fórmulas empíricas y herramientas de cálculo computacional, código MERCURE IV. Se estudió la activación de las barras suponiendo que están formadas por  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{95}\text{Zr}$  y  $^{95}\text{Nb}$  con el código ORIGEN; se consideró la fuente radiactiva con una actividad de 12,95 PBq compuesta por 86 barras de  $^{60}\text{Co}$  dispuestas en forma de cilindro anular, asumiendo que por cada decaimiento el  $^{60}\text{Co}$  emite dos gammas de 1,332 MeV, sobrestimando así la tasa de dosis equivalente en un factor 2 (con el código MERCURE IV se calculó que la contribución del gamma de 1,173 MeV era despreciable). En los Cuadros 2 y 3 se resumen los valores del nivel de radiación y se aprecia su cumplimiento con los criterios de aceptación del Reglamento /1/.

Con respecto al cumplimiento con los ensayos para condiciones normales de transporte, INVAP SE demostró que el de aspersión con agua no era relevante, los de caída libre y penetración resultan despreciables frente al ensayo en condiciones accidentales, y el de apilamiento no resulta aplicable a este bulto ya que por razones operativas no deben apoyarse otros bultos sobre él. Además, los cáncamos de izaje y los sistemas de sujeción se calcularon de acuerdo al CS N° 37 del OIEA /3/.

## **PROCESO DE FABRICACION DE LOS ESPECIMENES**

La Autoridad Competente realizó inspecciones para verificar que el proceso de fabricación de los dos embalajes se efectuara de una manera controlada y de acuerdo las especificaciones de diseño y el Programa de Garantía de Calidad de INVAP SE. Los procedimientos más importantes a definir fueron el de soldadura de las aletas, ya que éstas son excelentes absorbedores de impacto, y el de colada del plomo, ya que era necesaria, de acuerdo al diseño, una adherencia plomo-acero no menor al 40%. También fue importante la ejecución de ensayos no destructivos para verificar la correcta soldadura y la adherencia mencionadas. Por otra parte, fue de gran importancia la verificación de la adquisición de materiales, en especial para evitar su fractura frágil a  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  /1/.

## **DESARROLLO DE LAS PRUEBAS PREOPERACIONALES**

La Autoridad Competente realizó evaluaciones e inspecciones al desarrollo de las Pruebas Preoperacionales antes de la primera expedición de los bultos, para verificar su manipulación, el comportamiento térmico y del blindaje, y la evaluación de las pérdidas, para validar los resultados teóricos y evaluar el comportamiento general del modelo de bulto. Se llevaron a cabo cuatro pruebas para verificar indirectamente el comportamiento de la contención y el blindaje calculados en el diseño: prueba térmica con carga radiactiva simulada y prueba térmica con carga radiactiva para verificar los valores de temperatura, prueba de blindaje con carga radiactiva para verificar los valores de los niveles de radiación, y prueba de estanqueidad para verificar los valores de pérdida de contenido radiactivo. En los Cuadros 1, 2 y 3 se resumen los principales valores de interés obtenidos en dichas pruebas.

Se hace notar la gran importancia que ha tenido el desarrollo de estas pruebas ya que permitieron detectar anomalías en los embalajes fabricados y proponer modificaciones de ingeniería al diseño final del bulto GURI 01. Entre las modificaciones se menciona suplementar las zonas de la tapa donde se midieron altos niveles de radiación, cambiar los cáncamos de la camisa antillamas por orejas más fuertes, y ubicar las placas identificatorias y un precinto para la tapa.

## **EVALUACION DE LA AUTORIDAD COMPETENTE**

Personal de la Autoridad Competente y del grupo consultor externo, INTEC, analizó y realizó cálculos independientes de la documentación presentada por INVAP SE: Informe Final de Seguridad /7/, Manuales de Operación /8/, de Inspección y Mantenimiento /9/ y de Garantía de Calidad /10/, Plan de Fabricación /11/, Procedimientos en caso de Emergencias, Plan de Pruebas Preoperacionales /12/, y protocolos y resultados de los controles de fabricación y de dichas pruebas. Por verificaciones de los cálculos y los recálculos realizados por INTEC /13/ y la ACA /14/ se confirmó que INVAP SE desarrolló el diseño GURI 01 con criterios suficientemente conservativos como para asegurar un elevado nivel de cumplimiento con la reglamentación vigente /1/.

## COMPARACION DE LOS RESULTADOS

Como puede apreciarse en los Cuadros adjuntos, que resumen los resultados por cálculo y pruebas así como los valores requeridos por el Reglamento /1/, que el diseño -incluyendo principalmente las hipótesis postuladas- ha sido conservativo. Se hace notar que la diferencia entre los valores de diseño y los medidos en las pruebas preoperacionales es como mínimo de un 20%.

## CONCLUSIONES

Como corolario del proceso de licenciamiento del modelo de bulto Tipo B(U), denominado GURI 01, se pueden mencionar las conclusiones siguientes:

- INVAP SE fue el responsable de demostrar el cumplimiento con el Reglamento de transporte del OIEA /1/ y la ACA de verificar de manera independiente dicho cumplimiento. No obstante la ACA brindó asesoramiento oficioso sin compromiso alguno, conservándose en todo momento la independencia entre el solicitante y la Autoridad Competente.
- La Autoridad Competente aseguró un nivel elevado de cumplimiento con la reglamentación vigente mediante verificaciones que incluyó la contratación de un grupo consultor externo que revisó y, en algunos casos recalculó, por métodos diferentes el diseño del bulto GURI 01.
- Se verificó que los valores calculados en el diseño son adecuadamente conservativos -mucho mayores que 20%- respecto de los medidos en las pruebas preoperacionales.
- Se revaloró la fundamental importancia que tienen las pruebas preoperacionales ya que permitieron detectar anomalías en los embalajes fabricados y proponer modificaciones de ingeniería al diseño final del bulto GURI 01.
- La construcción de la plataforma de impacto permite actualmente realizar ensayos mecánicos en especímenes de hasta una masa de 6.000 kg y dimensiones de 2,5 m.
- La concreción de este primer desarrollo de bulto Tipo B(U) en nuestro país fue el punto de partida para otros diseños, como por ejemplo el modelo CONTRAS para transporte y transferencia de fuentes selladas para equipos de cobaltoterapia.
- Se benefició el desarrollo y la experiencia de la industria nuclear nacional, dando como resultado un producto de excelente calidad comparable a nivel internacional.

## REFERENCIAS

- /1/ "Reglamento para el transporte seguro de materiales radiactivos", Edición de 1985 (enmendada en 1990). Colección Seguridad N° 6, Organismo Internacional de Energía Atómica. Viena, 1991.
- /2/ "Manual explicativo para la aplicación del Reglamento del OIEA para el transporte seguro de materiales radiactivos (Edición de 1985)", Segunda edición (enmendada en 1990). Colección Seguridad N° 7, Organismo Internacional de Energía Atómica. Viena, 1991.
- /3/ "Manual de consulta para la aplicación del Reglamento del OIEA para el transporte seguro de materiales radiactivos (Edición de 1985)", Tercera edición (enmendada en 1990). Colección Seguridad N° 37, Organismo Internacional de Energía Atómica. Viena, 1991.
- /4/ "Competent Authority regulatory control of the transport of radioactive material". IAEA-TECDOC-413, International Atomic Energy Agency. Vienna, 1987.
- /5/ "Compliance assurance for the safe transport of radioactive material". Safety Practices No. 112, International Atomic Energy Agency. Vienna, 1994.
- /6/ "Test facilities for radioactive material transport packages in Argentina". J.R. López Vietri, R.G. Novo y G. Benito. International Journal of Radioactive Materials Transport, Vol. 2 Nos. 4/5. England, 1991.
- /7/ "Descripción y verificación del modelo de bulto GURI 01". INVAP SE. Argentina, 1989-1994.
- /8/ "Manual de operación del modelo de bulto GURI 01". INVAP SE. Argentina, 1994.
- /9/ "Manual de inspección y mantenimiento del modelo de bulto GURI 01". INVAP SE. Argentina, 1994.
- /10/ "Manual de garantía de calidad". INVAP SE. Argentina, 1985.
- /11/ "Plan de producción e inspección" y "Procedimientos anexos". INVAP SE. Argentina, 1989-1992.
- /12/ "Ensayos preoperacionales de verificación del bulto". INVAP SE. Argentina, 1993.
- /13/ "Cálculo de verificación del contenedor GURI-01" e "Informe Complementario. INTEC. Argentina, 1993.
- /14/ "Informe del proceso de licenciamiento de un bulto tipo B(U) para el transporte de 12.950 TBq (350.000 Ci) de Co-60 diseñado por INVAP S.E.". Gcia. Seguridad Radiológica y Nuclear, CNEA. Argentina, 1990 y 1994.

**CUADRO 1 - Temperaturas (T) calculadas, medidas en las pruebas preoperacionales con contenido radiactivo máximo y requeridas en el Reglamento del OIEA para condiciones normales de transporte.**

Ubicación del punto de medición de la T	T calculada [°C]		T (pruebas) [°C]	T (Reglamento) [°C]
	INVAP SE	INTEC		
Máxima en la pared lateral exterior del cuerpo principal	118	122	115	No específica
Mínima en el cuerpo principal	77	81	65	No específica
Máxima en la pared de la cavidad interior del cuerpo principal	289	302	211	No específica
Máxima en la pared exterior de la camisa antillamas	62	68	53	50 - 85 (1)
Máxima en los cáncamos de izaje	80	74	67	50 - 85 (1)
Máxima del aire a la salida de los canales de ventilación	61	55	59	50 - 85 (1)

(1) Los párrafos 544 y 555 del Reglamento del OIEA requieren que la temperatura máxima de cualquier superficie del bulto fácilmente accesible durante el transporte no debe exceder de 50 °C, y si se transporta por "uso exclusivo" dicha temperatura no debe exceder de 85 °C.

**CUADRO 2 - Niveles de radiación (NR) calculados, medidos en las pruebas preoperacionales con contenido radiactivo máximo y requeridos por el Reglamento del OIEA para condiciones normales de transporte.**

Ubicación del punto de medición del NR	NR en contacto con la superficie del cuerpo principal [mSv/h]			NR a 1 m de la superficie del cuerpo principal [mSv/h]		
	Cálculo	Pruebas	Reglamento	Cálculo	Pruebas	Reglamento
Máximo en la zona inferior (base)	0,17	0,040	2,00	0,065	-----	0,10
Mínimo en la zona inferior (base)	0,11	0,006		0,037	-----	
Máximo en la zona lateral	0,29	0,300		0,055	0,03	
Mínimo en la zona lateral	0,20	0,003		0,035	0,02	
Máximo en la zona superior (tapa)	0,17	1,000		0,065	0,06	
Mínimo en la zona inferior (tapa)	0,12	0,060		0,045	0,04	

**CUADRO 3 - Criterios de aceptación para condiciones normales y accidentales de transporte.**

Criterio de aceptación considerado	Cálculo / Prueba	Reglamento
<b>Blindaje después de los ensayos para condiciones normales</b>		
- Nivel de radiación en contacto con superficie exterior bulto	1,00 mSv/h (1)	2,00 mSv/h
- Nivel de radiación a 1 m de la superficie exterior bulto	0,06 mSv/h (1)	0,10 mSv/h
<b>Blindaje después de los ensayos para condiciones accidentales</b>		
- Nivel de radiación a 1 m de la superficie exterior del bulto	8,00 mSv/h (2)	10,0 mSv/h
<b>Contención después de los ensayos</b>		
- Estanqueidad en condiciones normales de transporte	$3 \cdot 10^{-8}$ TBq/hora (3)	$4 \cdot 10^{-7}$ TBq/hora
- Estanqueidad en condiciones accidentales de transporte	$4 \cdot 10^{-5}$ TBq/semana (3)	0,4 TBq/semana

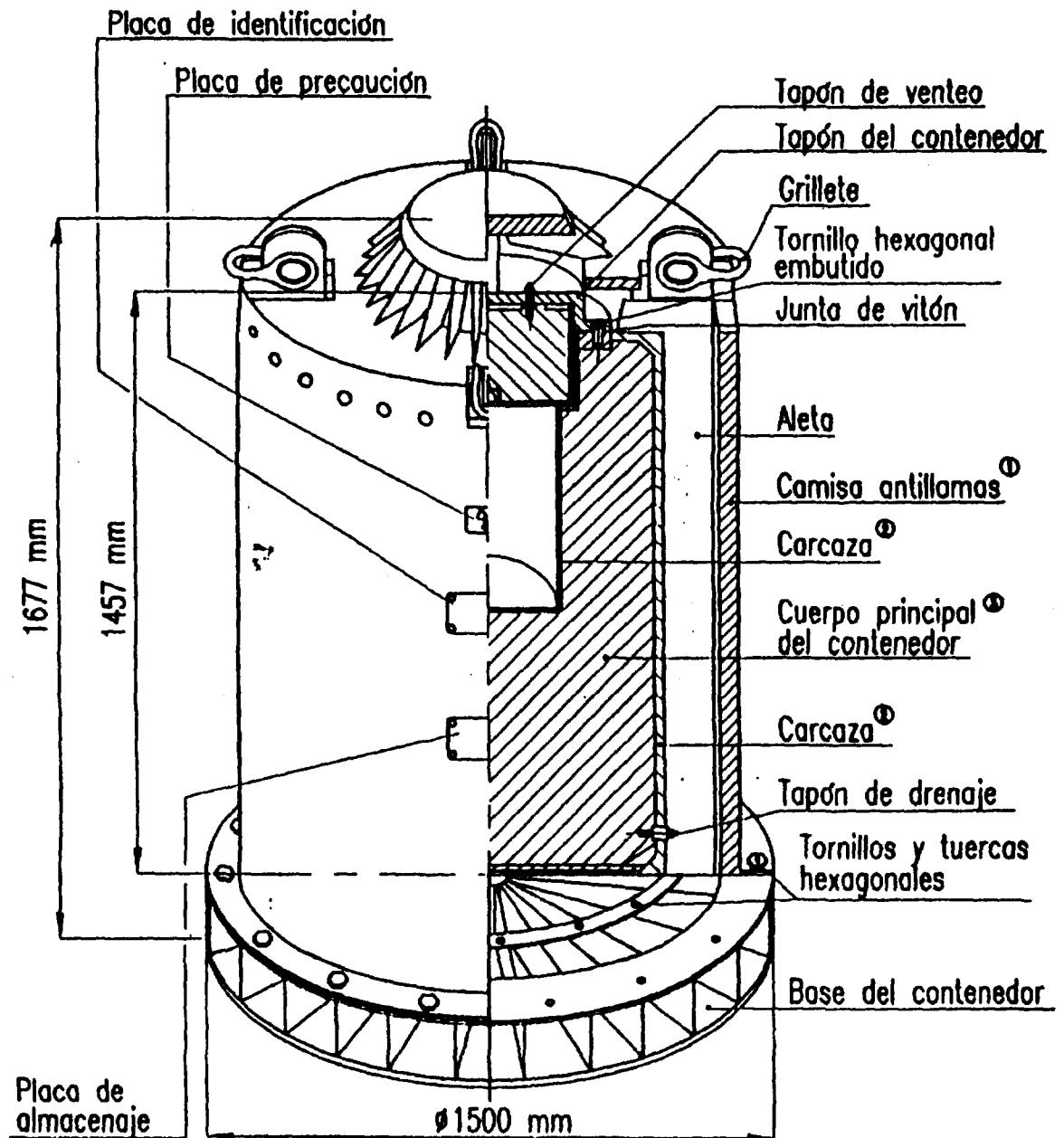
(1) Valores obtenidos en las pruebas preoperacionales.

(2) Valor calculado para puntos ubicados en la parte superior de la tapa del bulto cuando la cantidad de plomo fundido alcanza el 22%, escapándose totalmente de la tapa, es decir una reducción en el blindaje de 7 cm.

(3) Valores obtenidos por cálculos según la norma internacional ISO 10115 12.807 "Leakage testing on packages for the safe transport of radioactive materials".



# ESQUEMA DEL EMBALAJE GURI 01



- 1\_Camisa antillamas.Pared de acero-amianto-acero. "AISLACION TERMICA"  
 2\_Carcaza.Acero en exterior y acero inox. interno. "SIST. DE CONTENCION"  
 3\_Cuerpo principal del contenedor (Pb al 99.8%). "SIST. BLINDAJE"

FIGURA 1