



MX0700363

INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES NUCLEARES

GERENCIA DE APLICACIONES NUCLEARES EN LA SALUD

DEPARTAMENTO DE METROLOGIA

LABORATORIO SECUNDARIO DE CALIBRACIÓN DOSIMETRICA

INFORME TECNICO: GANS-02-08

**INFORME DE RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE
EVALUACION DEL FUNCIONAMIENTO DE SERVICIO DE
DOSIMETRIA PERSONAL DE LA CNLV.**

SOT-ININ-PR-029-02: CONTRATO CFE -GCN-5-03-02

Autores:

DR. JOSÉ T. ÁLVAREZ ROMERO.

FÍS. VÍCTOR M. TOVAR MUÑOZ.



ININ

Salazar, Edo. de México a 16 de Diciembre del 2002.

1.- INTRODUCCION

La Central Nuclear de Laguna Verde (CNLV) solicito mediante la SOT-ININ-PR-029-02 (contrato CFE -GCN-5-03-02) al Laboratorio Secundario de Calibración Dosimétrica (LSCD) del Departamento de Metrología del ININ, la evaluación de su servicio de dosimetría personal en las categorías: IV (Fotones de Alta Energía de Cs-137) y VA (Partículas Beta de Sr-Y-90) de la norma americana HP. N13.11-1993 (6.1), evaluación se pidió realizar con el procedimiento de la CNLV: PR-6692 Rev. 5-2001 (6.2).

2.-MATERIALES Y METODOS

i.- El procedimiento del LSCD empleado para este servicio fue el P. LSCD 32 (6.3) Rev.0, el cual es consistente con la norma HP. N13.11-1993 (6.1) y el procedimiento PR 6692 Rev. 5 -2001,(6.2).

ii.- Para irradiar los dosímetros personales en la categoría IV, el LSCD empleo:

- un campo de referencia de Cs-137 (irradiador Cesa-gammatron), calibrado en unidades de kerma en aire K_a con un electrómetro: Farmer 2670A serie 241 y una cámara de ionización Farmer 2611 serie 0176; con trazabilidad al NIST, (6.4).
- Rapidez de $K_a = 3.22 \times 10^3 \text{ Gy min}^{-1}$ a una DFD=300.0 cm a la fecha: 29/05/2002.
- Un maniquí de PMMA de $30 \times 30 \times 15 \text{ cm}^3$.
- La distancia fuente dosímetro: $(300.0 \pm 0.5) \text{ cm}$.
- Un tamaño de campo: $30 \times 30 \text{ cm}^2$, (Cono de $8 \times 6 \text{ cm}^2$).
- Factor de conversión para $H_p(10)/K_a$: 1.21 Sv Gy^{-1}
- Corrección por condiciones atmosféricas $T_0 = 20 \text{ °C}$ y $P_0 = 1013.25 \text{ mbar}$, por tiempo de obturación de la fuente y decaimiento radiactivo.
- La incertidumbre expandida porcentual para el proceso de irradiación se estimo en 5.6% ($k=2$)

iii.- Para irradiar los dosímetros personales en la categoría VA, el LSCD empleo:

- un campo de referencia N°. 86 proveniente de una fuente de Sr-Y-90 (1850 MBq), calibrado en unidades de Dosis Equivalente superficial $H_s(0.07)$, con trazabilidad al PTB, (6.5).
- Rapidez de dosis absorbida en aire: $18.17 \mu\text{Gy s}^{-1}$ a una DFD=50.0 cm a la fecha: 23/10/2002.
- Un maniquí de PMMA de: $30 \times 30 \times 15 \text{ cm}^3$.
- Una distancia fuente dosímetro: $(50.0 \pm 0.5) \text{ cm}$.
- Tamaño de campo: 15 cm de diámetro.
- Factor de conversión para $H_s(0.07)/D_{\text{aire}}(0)$: 1.05 Sv Gy^{-1} .

- Corrección por altitud, decaimiento radiactivo y condiciones atmosféricas de referencia $T_0= 20\text{ }^\circ\text{C}$ y $P_0=1013.25\text{ mbar}$.
- La incertidumbre expandida porcentual para el proceso de irradiación se estimó en 5.4% ($k=2$)

3.- DESARROLLO EXPERIMENTAL

Las dosis equivalentes personales dadas a cada dosímetro termoluminiscente fueron determinadas de manera aleatoria con la ecuación A1 del anexo A de HP. N13.11 (6.1).

En cada categoría se irradiaron un total de 15 dosímetros. Estos se agruparon en tres conjuntos de 5 dosímetros cada uno, donde cada grupo se envió, irradió y evaluó separadamente.

Los datos y detalles de las irradiaciones se encuentran en:

- Fotonos de alta energía Cs-137, bitácora de Cesa-gammatron: calibración del campo pp. 4-9, irradiación primer grupo pp.12-13, irradiación segundo grupo pp.13-14, irradiación tercer grupo pp.14-15.
- Partículas beta Sr-Y-90, bitácora VI Sala Alfa-Beta: Irradiación primer grupo p.18, irradiación segundo y tercer grupo p.19.
- Cálculo de valores P_i , B, S y L, Anexos 8.1 y 8.2 de este informe.

4.- RESULTADOS

La evaluación de los resultados se efectuó con las ecuaciones 2, 3 y 4 de la pp. 12 de HP. N13.11 (6.1). Los resultados obtenidos son:

4.1.- Categoría: IV, Fotonos de Alta Energía de Cs-137.

PRIMER GRUPO	DOSIMETRO	H3 Hd(10). LSCD mSv	H' Hd(10) CNLV mSv	$P_i=[H'-H3]/H3$
D1	820	1.18	1.07	-0.09
D2	1300	3.00	2.89	-0.04
D3	4361	2.20	1.83	-0.17
D4	6126	1.79	1.56	-0.13
D5	10797	2.00	1.86	-0.07
SEGUNDO GRUPO				
D6	9962	3.08	2.69	-0.13

D7	9996	5.63	5.15	-0.09
D8	10014	0.79	0.65	-0.17
D9	10024	3.82	3.56	-0.07
D10	10090	2.91	2.8	-0.04
TERCER GRUPO				
D11	10012	1.27	1.22	-0.04
D12	10234	0.98	0.91	-0.07
D13	10414	0.68	0.59	-0.13
D14	10358	6.68	6.69	0.00
D15	10262	0.78	0.68	-0.13

B = -0.09

S = 0.01

L = 0.10

4.2.- Categoría: VA, Partículas Beta de Sr-Y-90.

Tabla 2

PRIMER GRUPO	DOSIMETRO	H3	H'	$P_i = (H' - H3) / H3$
		Hs(0.07) LSCD mSv	Hs(0.07) CNLV mSv	
D1	9623	3.79	6.54	0.73
D2	4820	5.36	4.31	-0.20
D3	10858	1.66	1.85	0.12
D4	7417	6.73	6.54	-0.03
D5	7649	1.47	1.79	0.21
SEGUNDO GRUPO				
D6	10246	1.47	1.82	0.24
D7	10260	1.31	1.67	0.28
D8	10250	3.04	4.22	0.39
D9	10300	1.11	1.42	0.28
D10	10320	3.79	4.50	0.19
TERCER GRUPO				
D11	10922	1.70	2.35	0.39
D12	10746	4.40	6.06	0.38
D13	10707	1.30	1.86	0.43

D14	10683	5.31	7.89	0.49
D15	10641	4.81	7.18	0.49

$$B = 0.29$$

$$S = 0.13$$

$$L = 0.42$$

5.- ANALISIS DE LOS RESULTADOS

5.1.- Categoría : IV, Fotones de Alta Energía de Cs-137

El servicio de dosimetría para esta categoría **ES SATISFACTORIO**, de acuerdo con las ecuaciones 8,9 y Tabla 1 de la HP. N13.11 (6.1).

$$B = -0.09 \leq 0.35$$

$$S = 0.01 \leq 0.35$$

$$L = 0.10 \leq 0.50$$

5.2.- Categoría: VA, Partículas Beta de Sr-Y-90

El servicio de dosimetría para esta sub categoría **ES SATISFACTORIO**, de acuerdo con las ecuaciones 8,9 y Tabla 1 de la HP. N13.11 (6.1).

$$B = 0.29 \leq 0.35$$

$$S = 0.13 \leq 0.35$$

$$L = 0.42 \leq 0.50$$

5.3.- Observaciones

5.3.1 Reporte de los resultados en formatos del Anexo 4 del PR-6692.

- De acuerdo con el procedimiento PR 6692 Rev. 5-2001 (6.2) de la CNLV, en el Anexo 8.3 se dan los resultados de la Tabla 1 (Categoría IV) en el formato del Anexo 4 del PR-6692 correspondiente al número de prueba I-04-2002 Gammas.
- De acuerdo con el procedimiento PR 6692 Rev. 5-2001 (6.2) de la CNLV, en el Anexo 8.4 se dan los resultados de la Tabla 2 (Categoría VA) en el formato del Anexo 4 del PR-6692 correspondiente al número de prueba II-04-2002 Betas.

5.3.2 Categoría: IV, Fotones de Alta Energía de Cs-137

Pese a que la prueba es satisfactoria, los valores de P_i de la Tabla 1 indican que existe una subestimación de la H_p , esta es del orden del 9% del valor convencionalmente verdadero.

Por lo que se recomienda revisar sus procedimientos de evaluación y determinación de la H_p .

5.3.3.- Categoría: VA, Partículas Beta de Sr-Y-90.

Pese a que la prueba es satisfactoria, los valores de P_i de la Tabla 2 indican que existe una sobreestimación de la H_p , esta es del orden del 29% del valor convencionalmente verdadero.

Por lo que se recomienda revisar sus procedimientos de evaluación y determinación de la H_p .

6.- REFERENCIAS

- 6.1.-American National Standard for Dosimetry- Personnel Dosimetry Performance - Criteria for Testing, HP. N13.11. American National Standards Institute Inc., (1993).
- 6.2.- Control de Calidad de la dosimetría Personal de la CLV, PR-6692 Rev. 5 , CFE, Gerencia de Centrales Núcleo-eléctricas, de CLV,(2001).
- 6.3.-Procedimiento para la Evaluación de los Servicios de Dosimetría Personal en Radiación Gamma y Beta por el LSCD. P. LSCD 32 Rev.0 Departamento de Metrología, ININ, Salazar Edo. de México, (2002).
- 6.4.-Report of Air Kerma Calibration of NE Farmer 2611A, S/N 176 ionization chamber with NE 2670A, SN 241 electrometer for ININ, DG 1125/01 12/10/01, National Institute of Standards and Technology,(2001).
- 6.5.-PTB 1986, Bericht 6.21/86/86 TB, PB, SB ; 6.21/106/86 SBÜber die Klibrierung einer radioaktiven Quelle, die Bestandteil des Gerätes "Beta-Sekundär-Standard BSS" ist, Braunschweig, Germany, (1986).

8. Anexos

8.1 Calculo para Fotones de Alta Energía Categoría IV.

8.2 Calculo para Partículas Beta Sr-Y-90 Sub Categoría VA.

8.3 Anexo 4 del PR 6692 para Categoría IV, numero de prueba: I-04-02 GAMMAS.

8.4 Anexo 4 del PR 6692 para Categoría VA, numero de prueba: II-04-02 BETAS.

ANEXO 8.1

Niveles de Irradiacion

Norma: HP. N13.11-1993

Categoria: IV, High Energy Photons, Cs-137

ANALISIS DE INCERTIDUMBRE

COMPONENTE	A%	B%	A^2	B^2
1 CALIBRACION DEL CAMPO	0.50	0.00	0.00	0.25
2 DISTANCIA	0.06	0.00	0.00	0.00
3 HOMOGENEIDAD	1.67	0.00	0.00	2.78
4 TIEMPO	0.95	0.00	0.00	0.91
5 factor de conversion	2.00	0.00	0.00	4.00

S^2= 7.94
UC=S= 2.82
U(k=2)= 5.63 %

d/d= 300.00 cm
 Ck,d(Cs-137) 1.21 Sv/Gy
 Hd(10)= 3.85 mSv/min
 Hd(10)= 0.06 mSv/s
 tau= -1.22 s

LAMBDA(Cs-137)=
 Tabla3, HPS N13.11-1993
 pag. 14-15, bilacora Cesagamatlon

30 AÑOS
 pp. 14

TERCER GRUPO	Nº DOSIMETRO	LOG(H)	Hd(10)	t(s)	treal,s	Hd(10),irradiada mSv	S	experimental	Hd(10)reportada mSv	Hd(10),nominal mSv
D11	10012	-0.492835877	0.6	9.24	10.46	1.27		19.7	1.22	1.2
D12	10234	1.5473154	4.6	70.88	72.10	0.98		15.1	0.91	0.9
D13	10414	0.847765298	2.3	35.44	36.66	0.68		10.5	0.59	0.6
D14	10358	1.128984387	3	46.22	47.44	6.68		102.9	6.69	6.6
D15	10262	-0.485002573	0.6	9.24	10.46	0.78		12	0.68	0.7

Pbarra=B
 S -0.09
 L 0.10

Niveles de irradiacion
 Norma: HP. N13.11-1993
 Categoria: IV, High Energy Photons, Cs-137
 Aceptable: B+S/L
 B 0.35
 S 0.35
 L 0.5

ANEXO 8.2

Niveles de Irradiacion

Norma: HP. N13.11-1993

Categoría: VA, Beta Particles, Sr-Y-90

ANALISIS DE INCERTIDUMBRE

COMPONENTE	A%	B%	A ²	B ²
1 CALIBRACION DEL CAMPO	0.05	1.70	0.00	2.89
2 DISTANCIA		0.33	0.00	0.11
3 HOMOGENEIDAD		1.67	0.00	2.78
4 TIEMPO		0.62	0.00	0.38
5 fac. conversion	0.10	1.00	0.01	1.00

S²= 7.17

UC=S= 2.68

U(k=2)= 5.36 %

Haz 1850 WRq
 Campo: PS3 N86
 15 cm diametro
 certificado 6.21.106

Haz 1850 WRq
 Campo: PS3 N86
 15 cm diametro
 certificado 6.21.106

CONDICIONES
 ATMOSFERICAS
 P (mbar)
 RHOT(P) g/cm³
 RHOD=
 FC(ALTUD)=

Haz 1850 WRq
 Campo: PS3 N86
 15 cm diametro
 certificado 6.21.106

Haz 1850 WRq
 Campo: PS3 N86
 15 cm diametro
 certificado 6.21.106

Haz 1850 WRq
 Campo: PS3 N86
 15 cm diametro
 certificado 6.21.106

CONDICIONES
 ATMOSFERICAS
 P (mbar)
 RHOT(P) g/cm³
 RHOD=
 FC(ALTUD)=

Haz 1850 WRq
 Campo: PS3 N86
 15 cm diametro
 certificado 6.21.106

Haz 1850 WRq
 Campo: PS3 N86
 15 cm diametro
 certificado 6.21.106

Haz 1850 WRq
 Campo: PS3 N86
 15 cm diametro
 certificado 6.21.106

CONDICIONES
 ATMOSFERICAS
 P (mbar)
 RHOT(P) g/cm³
 RHOD=
 FC(ALTUD)=

Haz 1850 WRq
 Campo: PS3 N86
 15 cm diametro
 certificado 6.21.106

Haz 1850 WRq
 Campo: PS3 N86
 15 cm diametro
 certificado 6.21.106

Haz 1850 WRq
 Campo: PS3 N86
 15 cm diametro
 certificado 6.21.106

CONDICIONES
 ATMOSFERICAS
 P (mbar)
 RHOT(P) g/cm³
 RHOD=
 FC(ALTUD)=

Haz 1850 WRq
 Campo: PS3 N86
 15 cm diametro
 certificado 6.21.106

Haz 1850 WRq
 Campo: PS3 N86
 15 cm diametro
 certificado 6.21.106

Haz 1850 WRq
 Campo: PS3 N86
 15 cm diametro
 certificado 6.21.106

CONDICIONES
 ATMOSFERICAS
 P (mbar)
 RHOT(P) g/cm³
 RHOD=
 FC(ALTUD)=

Haz 1850 WRq
 Campo: PS3 N86
 15 cm diametro
 certificado 6.21.106

Haz 1850 WRq
 Campo: PS3 N86
 15 cm diametro
 certificado 6.21.106

Haz 1850 WRq
 Campo: PS3 N86
 15 cm diametro
 certificado 6.21.106

CONDICIONES
 ATMOSFERICAS
 P (mbar)
 RHOT(P) g/cm³
 RHOD=
 FC(ALTUD)=

Haz 1850 WRq
 Campo: PS3 N86
 15 cm diametro
 certificado 6.21.106

Haz 1850 WRq
 Campo: PS3 N86
 15 cm diametro
 certificado 6.21.106

Haz 1850 WRq
 Campo: PS3 N86
 15 cm diametro
 certificado 6.21.106

CONDICIONES
 ATMOSFERICAS
 P (mbar)
 RHOT(P) g/cm³
 RHOD=
 FC(ALTUD)=

Haz 1850 WRq
 Campo: PS3 N86
 15 cm diametro
 certificado 6.21.106

Haz 1850 WRq
 Campo: PS3 N86
 15 cm diametro
 certificado 6.21.106

Haz 1850 WRq
 Campo: PS3 N86
 15 cm diametro
 certificado 6.21.106

CONDICIONES
 ATMOSFERICAS
 P (mbar)
 RHOT(P) g/cm³
 RHOD=
 FC(ALTUD)=

Haz 1850 WRq
 Campo: PS3 N86
 15 cm diametro
 certificado 6.21.106

s(0.07)= 1.14 mSv/min
 s(0.07)= 0.02 mSv/s
 s(0.07)*C+C*D= 0.00 s
 s(0.07)*C+C*F= 4.23 mSv/min
 s(0.07)*C+C*F= 0.02 mSv/s
 R=C(1,2) gr/cm³
 R=CO= 1.72±0.03 GRS/CM³
 R(CA:TTUD)= 9.98±0.01
 R(CO:CO)= 3.29±0.01 dias
 LAVADO(SR-Y-90)= 31±0.05±0.04 DIAS

ROZA GRU	# Cosmético	COG(±)	s(0.07) mSv	(s)	total s	Hs(0.07) mSv	Hs(0.07) mSv	Hs(0.07) mSv	Hs(0.07) mSv
D11	10922	1.864496188	6.4	310.67	310.67	1.70	2.35	0.39	0.01
D12	10746	1.72415892	5.6	271.83	271.83	4.40	6.06	0.38	0.01
D13	10707	0.480968244	1.6	77.67	77.67	1.30	1.86	0.43	0.02
D14	10683	0.945501029	2.5	121.35	121.35	5.37	7.89	0.49	0.04
D15	10641	1.289307119	3.6	174.75	174.75	4.87	7.18	0.49	0.04

Pbarra=B
 S
 I.

Niveles de Irradiacion
 Norma: HP. N13.41-1993
 Categoria: VA, Beta Particles, Sr-Y-90

Aceptable: B+S+I
 B 0.35
 S 0.35
 I 0.5

ANEXO No.4
REGISTRO DE EVALUACION DE LOS CRITERIOS DE FUNCIONAMIENTO
DEL LABORATORIO DE DOSIMETRIA EXTERNA DE LA CENTRAL LAGUNA VERDE

PR-66
REV.

NUMERO DE PRUEBA: I-04-2002 GAMMA

	NUMERO DTL	FECHA PROCESO	DOSIS C.L.V. mRem H3	DOSIS LAB.DE PBA. mRem H	COCIENTE DE FUNCIONAMIENTO $P_i = [H3-H]/H$	VALORES PARA S $(P_i - \bar{P})^2$
01	820	30-OCT-02	107	118	- 0.09	0.00
02	1300	"	289	300	- 0.04	0.00
03	4361	"	183	220	- 0.17	0.01
04	6126	"	156	179	- 0.13	0.00
05	10797	"	186	200	- 0.07	0.00
06	9962	11-NOV02	269	308	- 0.13	0.00
07	9996	"	515	563	- 0.09	0.00
08	10014	"	65	79	- 0.17	0.01
09	10024	"	356	382	- 0.07	0.00
10	10090	"	280	291	- 0.04	0.00
11	10012	29-NOV-02	122	127	- 0.04	0.00
12	10234	"	91	98	- 0.07	0.00
13	10414	"	59	68	- 0.13	0.00
14	10358	"	669	668	- 0.00	0.01
15	10262	"	68	78	- 0.13	0.00

$$B = P = (1/n) \sum_{i=1}^n P_i =$$

- 0.09

|B|+S=

0.10

$$S = \left\{ \left[\sum_{i=1}^n (P_i - \bar{P})^2 / (n-1) \right] \right\}^{1/2} =$$

0.01


LA PRESENTE EVALUACION ES SATISFACTORIA
SI SE CUMPLEN CON LO SIGUIENTE:

|B| + S ≤ 0.3 EN CATEGORIA I y II


|B| + S ≤ 0.5 EN TODAS LAS DEMAS

Límite adicional en |B| y en S # 0.35

05-DICIEMBRE-2002
FECHA C.L.V.


JOSE ANTONIO LASTRA BOYLAN
REALIZO C.L.V.

16 de diciembre del 2002
FECHA LAB. DE PBA.


FIS. VICTOR MANUEL TOVAR MUÑOZ
REVISION Y VALIDACION LAB. DE PBA.

ANEXO No.4
 REGISTRO DE EVALUACION DE LOS CRITERIOS DE FUNCIONAMIENTO
 DEL LABORATORIO DE DOSIMETRIA EXTERNA DE LA CENTRAL LAGUNA VERDE

PR-669
 REV.:

NUMERO DE PRUEBA: II-04-2002 BETAS

	NUMERO DTL	FECHA PROCESO	DOSIS C.L.V. mRem H3	DOSIS LAB.DE PBA. mRem H	COCIENTE DE FUNCIONAMIENTO Pi=[H3-H]/H	VALORES PARA S (Pi-P) ²
01	4820	30-OCT-02	431	536	- 0.20	0.32
02	7417	"	625	673	- 0.03	0.16
03	7649	"	179	147	0.21	0.02
04	9623	"	654	379	0.73	0.13
05	10858	"	185	166	0.12	0.06
06	10246	11-NOV-02	182	147	0.24	0.02
07	10250	"	167	131	0.28	0.00
08	10260	"	422	304	0.39	0.01
09	10300	"	142	111	0.28	0.01
10	10320	"	450	379	0.19	0.03
11	10641	29-NOV-02	718	481	0.49	0.02
12	10683	"	789	531	0.49	0.01
13	10707	"	186	130	0.43	0.00
14	10746	"	606	440	0.38	0.00
15	10922	"	235	170	0.39	0.00

$$B=P-(1/n)\sum_{i=1}^n P_i = \boxed{0.29}$$

$$|B|+S = \boxed{0.42}$$

$$S=\left\{\left[\sum_{i=1}^n (P_i-P)^2/(n-1)\right]\right\}^{1/2} = \boxed{0.13}$$

LA PRESENTE EVALUACION ES SATISFACTORIA
 SI SE CUMPLEN CON LO SIGUIENTE:

- |B| + S ≤ 0.3 EN CATEGORIA I y II
- |B| + S ≤ 0.5 EN TODAS LAS DEMAS

Límite adicional en |B| y en S # 0.35

05-DICIEMBRE-2002
 FECHA C.L.V.

16 de diciembre del 2002
 FECHA LAB. DE PBA.


 JOSE ANTONIO LASTRA BOYLAN
 REALIZÓ C.L.V.


 FIS. VICTOR MANUEL TOVAR MUÑOZ
 REVISION Y VALIDACION LAB. DE PBA.