

Informe Final del Proyecto de estudio de Radiación Cósmica que reciben pilotos del Sindicato de Pilotos de LATAM Airlines - Chile

1. Introducción

En Marzo de 2018, el Sindicato de Pilotos de LATAM Airlines – Chile (SPL), contrató al suscrito para realizar la Etapa 2 del Estudio de Radiación Cósmica que reciben los pilotos de LATAM Airlines- Chile.

Para esta etapa se definió que se efectuarían dos estudios paralelos de la Radiación Cósmica que reciben los pilotos de LATAM Airlines-Chile:

a. Estudio de Exposición de Dosímetros:

Un estudio de exposición a la radiación utilizando dosímetros de cristal luminiscente, proporcionados por la Comisión Chilena de Energía Nuclear (CCHEN), los que fueron entregados a pilotos seleccionados por períodos de 6 meses para luego enviarlos a la CCHEN para su procesamiento y así obtener la información de dosis recibida.

Por esto el SPL contrató a mediados de Junio de 2018 a la CCHEN la entrega a un grupo de pilotos seleccionados, de 100 dosímetros PD3, por un período de 6 meses, repartidos de la siguiente forma:

- 33 dosímetros para pilotos de aeronaves Narrow Body
- 67 dosímetros para pilotos de aeronaves Wide Body

Los dosímetros fueron entregados a los pilotos participantes para ser utilizados a partir del 01.Julio.2018, con dos instructivos:

- “Acerca de la Radiación Cósmica para tripulaciones aéreas v1.0”, elaborado especialmente para el SPL.
- “Instructivo de Dosímetro PD3” elaborado por la CCHEN.

b. Estudio de cálculo de dosis:

En paralelo a la aplicación de los dosímetros, se efectuó el cálculo de la exposición a la radiación cósmica en el mismo período y a los mismos pilotos que usaron los dosímetros personales entregados por la CCHEN, mediante el software CARI-7 desarrollado por la FAA, de forma de

comparar la información que entregue la CCHEN al término del período de vuelo con los dosímetros.

Por esto es que se está calculó mensualmente la radiación recibida por parte de los pilotos según su rol efectivamente volado en ese mes.

c. Situación al término del estudio:

Luego de los 6 meses del estudio, del total de 100 pilotos que participaron, solo 80 de ellos terminaron el estudio, debido a que algunos no volaron por 2 meses o más, que perdieron el dosímetro, o que no lo devolvieron a tiempo para ser analizados por la CCHEN.

	Iniciaron estudio		Razones por no terminar el estudio						Finalizaron estudio	
			Más de 2 meses sin vuelo		Extraviaron el dosímetro		No devuelven dosímetro			
	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F
Pilotos Wide Body (787)	65	2	4	1	6	0	3	1	52	0
Pilotos Narrow Body (A320)	28	5	0	1	3	0	1	1	24	4
TOTAL	93	7	4	2	9	0	4	2	76	4
	100		6		9		6		80	

2. Análisis del Estudio

Al término del período de 6 meses del estudio, se lograron los siguientes resultados respecto de la exposición de los dosímetros que portaban los pilotos, como del cálculo de la exposición a través del programa CARI-7.

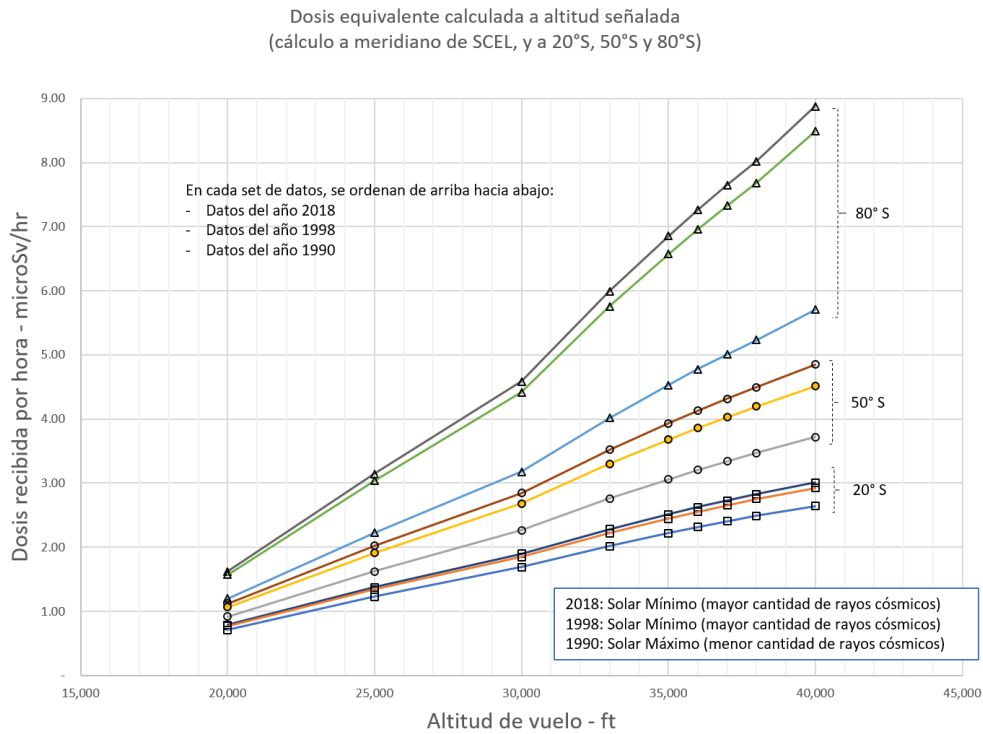
Los resultados se desglosan por tipo de material de vuelo de los pilotos considerando que el distinto tipo de material y las diferentes rutas (altitudes y latitudes diferentes) que vuelan hace que la radiación Cósmica que reciben sea diferente.

	Dosis recibida PROMEDIO calculada con CARI-7 (en miliSievert - mSv)		Dosis recibida PROMEDIO medida con dosímetro CCHEN (en miliSievert - mSv)	
	Promedio de 6 meses	Proyección a 12 meses	Promedio de 6 meses	Proyección a 12 meses
Pilotos Wide Body (52 pilotos)	1,33 mSv	2,67 mSv	1,47 mSv	2,94 mSv
Pilotos Narrow Body (28 pilotos)	0,61 mSv	1,22 mSv	0,98 mSv	1,96 mSv

El detalle de los resultados por cada uno de los pilotos, se muestran en el listado (anónimo) que se adjunta en el Anexo A.

Es importante notar que la diferencia entre las dosis recibidas por los pilotos de Wide Body y Narrow Body, tiene que ver principalmente con el hecho que los primeros vuelan rutas de larga distancia, lo que implica mayor tiempo de vuelo a mayores altitudes (llegando a 40.000 pies), y en algunos casos a grandes latitudes.

En el gráfico adjunto se puede ver que durante el vuelo a grandes altitudes y a grandes latitudes se recibe más dosis de radiación que menores latitudes y altitudes.



Cuando se calcularon las dosis de radiación de los vuelos utilizando el programa CARI-7 de la FAA, se utilizaron los Planes de Vuelo de cada ruta y de ellos se tomaron los datos de altitud, posición geográfica de cada waypoint, y el tiempo de vuelo entre ellos, los que sirvieron de

Como ejemplo se puede ver los vuelos transpolares de Santiago a Melbourne (llegando a 80° S y a 69° S) y Santiago a Auckland (que llega a 65° S).

Origen-Destino	Max Altitud	Max Latitud	Hrs de vuelo	Total (one-way)	
				mSv	mSv/hora
SCL-MEL	40.000 ft	80° S	13:39	0,08986	0,0066
SCL-MEL	40.000 ft	69° S	13:55	0,08172	0,0059
SCL-AKL	38.000 ft	65° S	11:53	0,06761	0,0057

Se puede ver que en el vuelo que llegó a una latitud de 80° S se recibió una dosis de radiación 9,96% mayor que en vuelo que llegó a 69° S.

3. Conclusiones

- a. La radiación que recibieron los pilotos participantes en este estudio es ALTA tomando tanto los valores calculados por el programa CARI-7, como por lo medido mediante los dosímetros controlados por la CCHEN. Estos valores promedios son mayores que el límite para público según lo establecido internacionalmente de 1 mSv al año:
 - Para los Pilotos Wide Body : entre un 167% y un 194% mayor.
 - Para los Pilotos Narrow Body: entre un 22% y un 96% mayor.
- b. A juicio del investigador, la medición utilizando los dosímetros de la CCHEN tuvo varias dificultades por la naturaleza del estudio:
 - El 15% de los participantes del estudio perdieron el dosímetro o no lo devolvieron al término de éste.
 - Hubo un atraso de más 45 días en la entrega y la recepción de los dosímetros, por lo que algunos participantes los utilizaron menos tiempo.
- c. Podemos hacer un cálculo de la cantidad de radiación recibida por un piloto en un período de vuelo de 40 años. Supongamos que el piloto recibe los 2,67 mSv al año, por volar en rutas de los aviones Wide Body, en los 40 años de vuelo recibirá un total de 106,8 mSv. Debemos recordar que la radiación es acumulativa. Para este piloto, por el sólo hecho de recibir esa cantidad de radiación ionizante durante el vuelo, su riesgo de contraer un cáncer fatal AUMENTA en 1 en 250 (un 0,4%), según tabla 4 de la referencia 5.

Se debe tener en cuenta que este es un riesgo EXTRA que las personas que no están expuestas a esta radiación no tienen.

4. Recomendaciones

Tomando en cuenta los resultados de este estudio, quien suscribe estima procedente recomendar al Sindicato de Pilotos de LATAM Airlines – Chile, lo siguiente:

- a. Exigir que la reglamentación sobre el control de las radiaciones que afecta a las tripulaciones aéreas incorpore los límites de radiación que se están utilizando en otros países desde el año 1990, en cumplimiento a lo

establecido en la publicación N° 60 del ICRP (International Commission on Radiological Protection).

Ver Anexo B con la Situación de los Límites de dosis a la Radiación Ionizante en Chile.

- b. Mientras se efectúa ese cambio, las empresas aéreas debieran cumplir lo siguiente:
- Evaluar la exposición de la tripulación afectada, teniendo programas de control de la exposición en forma a lo menos mensual, de forma de informar a las tripulaciones acerca de cuanta dosis están recibiendo. Para esto es importante realizar un seguimiento de cada ruta volada y calcular la dosis que recibe en esa ruta, llevando un registro de dosis de radiación recibida por cada tripulante. Lo anterior permitirá determinar que tripulante se encuentra más expuesto.
 - En el caso de las mujeres embarazadas pertenecientes a la tripulación aérea, se debe requerir que tan pronto como la tripulante embarazada informe de su embarazo a la empresa, se le deben garantizar condiciones de empleo de la tripulante embarazada tales que la dosis equivalente para el feto sea tan baja como sea razonablemente posible y que sea improbable que dicha dosis supere 1 mSv al menos durante el resto del embarazo.



Fernando Mujica Fernández
Ingeniero Aeronáutico
MSc Ingeniería Nuclear (M.I.T.)

Referencias:

1. ICRP (1990) "*1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection*", Sección 5, párrafo (136), pp 33 y 34, ICRP Publication 60, Pergamon Press, Oxford.
2. Federal Aviation Administration (FAA), "*In-flight Radiation Exposure*", Advisory Circular N° 120-61B, 21.Nov.2014.
3. Directiva de la Unión Europea 2013/59/EURATOM, "*Por la que se establecen normas de seguridad básicas para la protección contra los peligros derivados de la exposición a radiaciones ionizantes*", 05.Dic.2013.
4. IAEA (International Atomic Energy Agency), "*Radiation, People and the Environment*", Cap 9 Occupational Exposure, pp. 39-42, Feb.2004
5. Friedberg, W., Copeland K., "*What Aircrews Should Know About Their Occupational Exposure to Ionizing Radiation*", Report DOT/FAA/AM-03/16, Oct.2003, Office of Aerospace Medicine FAA.
6. Nicholas, J., Friedberg, W., Copeland K., "*Galactic Cosmic Radiation Exposure of Pregnant Aircrew Members II*", Report DOT/FAA/AM-00/33, Oct.2000, Office of Aerospace Medicine FAA.

Anexo A

Dosis de radiación recibida por los pilotos del estudio, calculados con el CARI-7 y los valores medidos con el dosímetro proporcionado por la CCHEN

Pilotos Wide Body

Piloto			Dosis recibida calculada con CARI-7 (mSv)		Dosis recibida medida con dosímetro CCHEN (mSv)	
Corr.	No.	Sexo	Cálculo 6 meses	Proyección anual	Medición 6 meses	Proyección anual
1	WB-01	M	1.25	2.50	1.26	2.52
2	WB-02	M	1.38	2.77	1.42	2.84
3	WB-03	M	0.96	1.92	1.12	2.24
4	WB-06	M	1.25	2.49	1.44	2.88
5	WB-07	M	1.25	2.50	1.56	3.12
6	WB-08	M	1.29	2.58	1.03	2.06
7	WB-09	M	1.16	2.32	1.26	2.52
8	WB-10	M	1.37	2.74	1.14	2.28
9	WB-11	M	1.37	2.75	1.26	2.52
10	WB-12	M	1.25	2.51	1.99	3.98
11	WB-13	M	1.40	2.81	1.20	2.40
12	WB-14	M	1.65	3.31	1.99	3.98
13	WB-15	M	1.03	2.06	1.52	3.04
14	WB-16	M	1.29	2.58	1.71	3.42
15	WB-17	M	0.94	1.89	1.28	2.56
16	WB-18	M	1.05	2.10	1.20	2.40
17	WB-20	M	1.40	2.80	1.08	2.16
18	WB-21	M	1.08	2.17	0.61	1.22
19	WB-22	M	1.27	2.55	1.20	2.40
20	WB-23	M	1.11	2.22	1.09	2.18
21	WB-25	M	1.34	2.69	1.24	2.48
22	WB-27	M	1.31	2.62	1.11	2.22
23	WB-29	M	1.47	2.95	1.97	3.94
24	WB-30	M	1.10	2.19	2.18	4.36
25	WB-31	M	1.07	2.14	1.02	2.04
26	WB-32	M	0.91	1.82	1.04	2.08
27	WB-33	M	1.26	2.52	1.70	3.40
28	WB-34	M	1.19	2.39	2.22	4.44
29	WB-35	M	1.52	3.04	1.90	3.80
30	WB-36	M	1.28	2.55	1.10	2.20
31	WB-38	M	1.50	2.99	1.04	2.08
32	WB-39	M	1.18	2.36	1.20	2.40
33	WB-40	M	1.10	2.20	0.98	1.96
34	WB-41	M	1.67	3.33	1.16	2.32
35	WB-42	M	1.12	2.24	1.78	3.56
36	WB-44	M	1.41	2.81	1.75	3.50
37	WB-45	M	1.72	3.44	1.25	2.50
38	WB-47	M	1.45	2.89	1.83	3.66
39	WB-48	M	2.07	4.15	2.02	4.04
40	WB-49	M	2.03	4.07	1.15	2.30
41	WB-52	M	1.94	3.87	1.59	3.18
42	WB-53	M	1.44	2.87	0.88	1.76
43	WB-54	M	0.78	1.56	1.81	3.62
44	WB-55	M	1.54	3.07	2.49	4.98
45	WB-56	M	1.57	3.13	1.52	3.04
46	WB-57	M	1.25	2.49	1.03	2.06
47	WB-59	M	1.32	2.64	2.00	4.00
48	WB-60	M	1.19	2.38	2.72	5.44
49	WB-62	M	1.68	3.37	1.83	3.66
50	WB-63	M	1.40	2.80	1.06	2.12
51	WB-64	M	1.14	2.27	1.68	3.36
52	WB-65	M	1.65	3.29	1.87	3.74

Pilotos Narrow Body

Piloto			Dosis recibida calculada con CARI-7 (mSv)		Dosis recibida medida con dosímetro CCHEN (mSv)	
Corr.	No.	Sexo	Cálculo 6 meses	Proyección anual	Medición 6 meses	Proyección anual
1	NB-01	M	0.46	0.93	0.55	1.10
2	NB-02	M	0.55	1.11	0.68	1.36
3	NB-03	F	0.51	1.01	0.88	1.76
4	NB-04	M	0.63	1.27	0.57	1.14
5	NB-05	M	0.44	0.88	0.82	1.64
6	NB-07	M	0.67	1.34	1.04	2.08
7	NB-08	F	0.68	1.37	0.97	1.94
8	NB-09	M	0.49	0.97	1.25	2.50
9	NB-10	M	0.66	1.31	1.00	2.00
10	NB-12	M	0.63	1.26	0.86	1.72
11	NB-13	M	0.67	1.34	0.81	1.62
12	NB-14	M	0.70	1.40	1.09	2.18
13	NB-15	M	0.67	1.33	1.33	2.66
14	NB-16	F	0.73	1.47	1.68	3.36
15	NB-17	M	0.71	1.42	1.04	2.08
16	NB-18	M	0.70	1.40	1.84	3.68
17	NB-19	M	0.58	1.17	0.73	1.46
18	NB-21	M	0.44	0.88	0.56	1.12
19	NB-22	M	0.59	1.18	0.92	1.84
20	NB-23	F	0.64	1.28	1.40	2.80
21	NB-24	M	0.73	1.46	1.61	3.22
22	NB-25	M	0.61	1.22	0.92	1.84
23	NB-26	M	0.70	1.40	0.91	1.82
24	NB-27	M	0.66	1.33	0.85	1.70
25	NB-28	M	0.74	1.49	0.85	1.70
26	NB-30	M	0.24	0.47	0.71	1.42
27	NB-31	M	0.54	1.07	0.85	1.70
28	NB-33	M	0.68	1.37	0.71	1.42

Anexo B

Situación de los Límites de dosis a la Radiación Ionizante en Chile

La realidad chilena es que los trabajadores chilenos está expuestos y NO protegidos ya que la **legislación está obsoleta en cuanto a los límites de dosis de radiación ionizante:**

- a. El DS N° 594 del año 2001 del Ministerio de Salud “SOBRE CONDICIONES SANITARIAS Y AMBIENTALES BÁSICAS EN LOS LUGARES DE TRABAJO” define en su artículo 110 que “*Los límites de dosis individual para las personas ocupacionalmente expuestas a radiaciones ionizantes son aquellos que determina el Reglamento de Protección Radiológica de Instalaciones Radioactivas o el que lo reemplace en el futuro*”.
El DS 594 actualmente vigente es un texto con modificaciones introducidas por el D.S N°201 de 27 de abril de 2001, del Ministerio de Salud, publicado en el diario oficial N°37.003, del 5 de julio de 2001.
- b. El **Reglamento de Protección Radiológica de Instalaciones Radioactivas**, actualmente vigente fue autorizado por el D.S. N° 3 del 3 de Enero de 1985. En este texto legal, sin modificaciones hasta la fecha, se categoriza a las personas de acuerdo a si trabajan con radiación (ocupacionalmente expuestos) y si reciben radiaciones en forma esporádica (Público).

De acuerdo a este D/S N°3, los ACTUALES límites de dosis anuales de radiación que pueden recibir:

- | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| a. Trabajadores expuestos: | 50 mSv/año |
| i. En el caso de mujeres en edad de procrear:
No sobrepasar 12.5 mSv/trimestre | |
| ii. En caso de mujeres embarazadas:
No sobrepasar 5 mSv/período de gestación | |
| b. Público general: | 5 mSv/año |

- c. El límite de 50 mSv (o 5 Rem que es la unidad de medida antigua) establecido en el DS N°3, era el límite para los trabajadores expuestos ocupacionalmente recomendado internacionalmente en 1956.
- d. Sin embargo, considerando los estudios principalmente de las exposiciones a las bombas atómicas de Japón, es que por medio de la publicación N° 60 del ICRP (International Commission on Radiological Protection) del año 1990, este organismo internacional recomendó fuertemente **REBAJAR** el límite de los trabajadores expuestos a un valor de **20 mSv al año** , y además se restringió la exposición del público desde un valor de 5mSv al año a un valor de 1 mSv.

La publicación N°103 del ICRP del año 2007, mantiene su recomendación de la publicación N° 60, y la OIT tomó esta recomendación en una publicación del

año 2011 denominada “**Protección de los trabajadores frente a la radiación 2011**” que se puede obtener del sitio de la OIT.

- e. Es decir los límites sugeridos en 1990 y en 2007 por el ICRP, adoptados por la OIT, y actualmente vigentes en Europa, son:
- a. **Trabajadores expuestos:** **20 mSv/año**
(promediado en 5 años)
 - i. En caso de mujeres embarazadas:
No sobrepasar 2 mSv/período de gestación,
con máximo de 0.5 mSv /mes.
 - b. **Público general:** **1 mSv/año**
- f. Como se puede apreciar los trabajadores chilenos tienen un límite de dosis de radiación permitida **1,5 veces MAYOR** que el recomendado hace más de 20 años por organismos técnicos internacionales, lo que significa que los trabajadores han recibido mucha más radiación ionizante que la permitida en países desarrollados.

En el caso de las mujeres embarazadas, el actual límite es **2,5 veces mayor en el período de gestación** lo que es un gravísimo daño para el feto.

- g. La misma publicación N° 60 del ICRP del año 1990, estableció en el capítulo 5.1.1 “Tipos de Exposición – Exposición Ocupacional”, en el párrafo (136) que *“la Comisión recomienda que debe haber un requerimiento a incluir la exposición a fuentes naturales como parte de la exposición ocupacional solo en los siguientes casos:” ...*
“ (c) Operación de aviones Jet” ...
y luego detalla que *“En el caso (c) se relaciona principalmente a la tripulación de los aviones, pero debe ponerse atención a grupos como personas correos que vuelan más frecuentemente que otros pasajeros”*.
- h. Tomando en consideración lo antes señalado, se estima que para el caso de las tripulaciones de aviones comerciales en Chile, las que actualmente NO son consideradas ocupacionalmente expuestas, **el límite que deben cumplir es el de público general, es decir 1 mSv al año.**

Claramente se puede apreciar que los pilotos de aviones Wide Body sobrepasan, en promedio, ese límite en casi un 200%, y los pilotos de Narrow Body en casi un 100%.