

INGEACUS 2011

Congreso Internacional de Acústica y Audio Profesional

UACH, Valdivia – Chile
9, 10, 11 de Noviembre 2011



AA03 – Comparación de metodologías para el monitoreo continuo de ruido y detección de aeronaves en las proximidades de aeropuertos

Alejandro Osses Vecchi (aosses@acustical.cl),
Laboratorio de Acústica, Sociedad Acustical S.A.



Max Glisser Donoso, Christian Gerard Büchi,
Gerard Ingeniería Acústica SpA. (Control Acústico)



Ricardo Guzmán López,
Dirección General de Aeronáutica Civil DGAC



Agenda

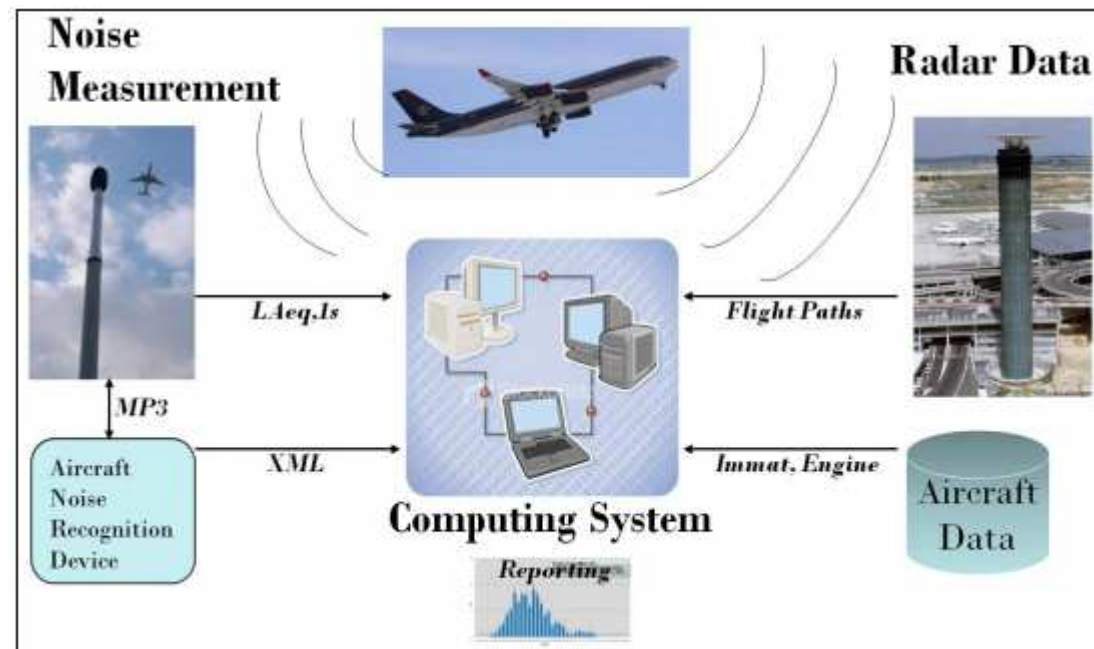
- Motivación del estudio
- Caso del Aeropuerto Internacional Arturo Merino Benítez AMB
- Plan de Monitoreo de Ruido
- Mediciones
- Metodologías para detección de eventos
- Resultados y análisis
- Conclusiones

Motivación

- Cada aeropuerto posee una realidad diferente.
- Establecimiento de límites de emisión de ruido: necesidad de realizar monitoreos continuos de ruido y/o modelaciones (elaboración de mapas de ruido).

Motivación

- Diagrama de un sistema de ruido:



- Correlación exitosa de aproximadamente un 80% de las operaciones aéreas.

Motivación

- ¿Se puede realizar la detección de operaciones aéreas en ausencia de una señal de RADAR?
- En el presente trabajo se presentan 2 metodologías basadas en el análisis del historial temporal de los niveles de ruido ponderados en A.

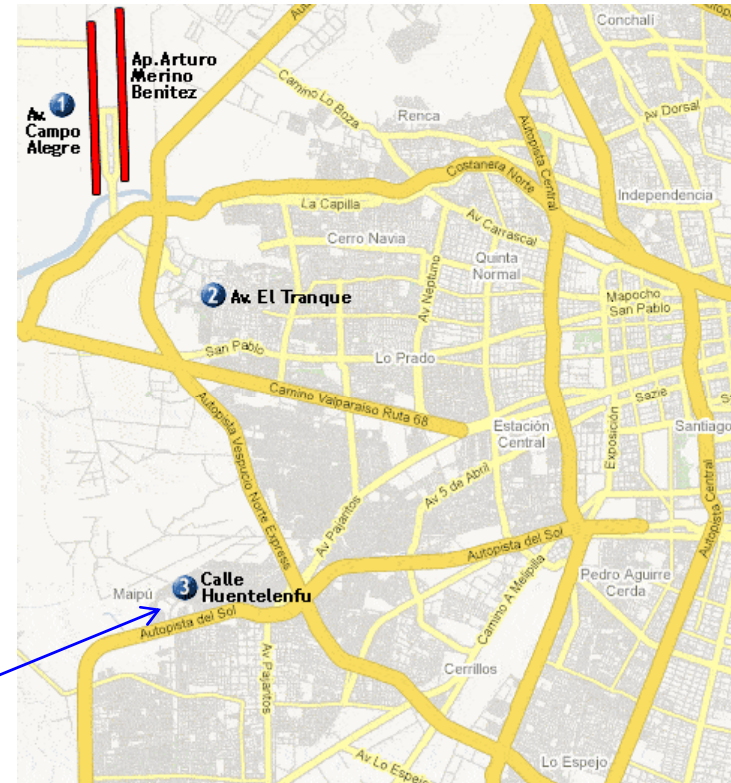
Aeropuerto AMB

- Es el mayor aeropuerto en Chile
- Se presentaron 114.129 Operaciones durante el año 2010 (un promedio de 313 operaciones diarias)
- Posee 2 Pistas (17L, 17R).
- Posee un Sistema de Monitoreo de Ruido: 3 Terminales (TMR)

Aeropuerto AMB

- Despegues y aterrizajes:
3 puntos de monitoreo continuo de ruido

[Punto de monitoreo de ruido considerado en este estudio](#)



Punto de monitoreo de ruido

- Localizado en una zona residencial
- Infraestructura del TMR:
 - Micrófono de intemperie a una altura de 5 m
 - Instrumentos Clase 1 de acuerdo a IEC 61672-1:2002
 - Uso de protector contra viento y contra aves
- Condiciones ambientales:
 - Ausencia de precipitaciones
 - Temperaturas entre 13 y 31°C



Punto de monitoreo de ruido

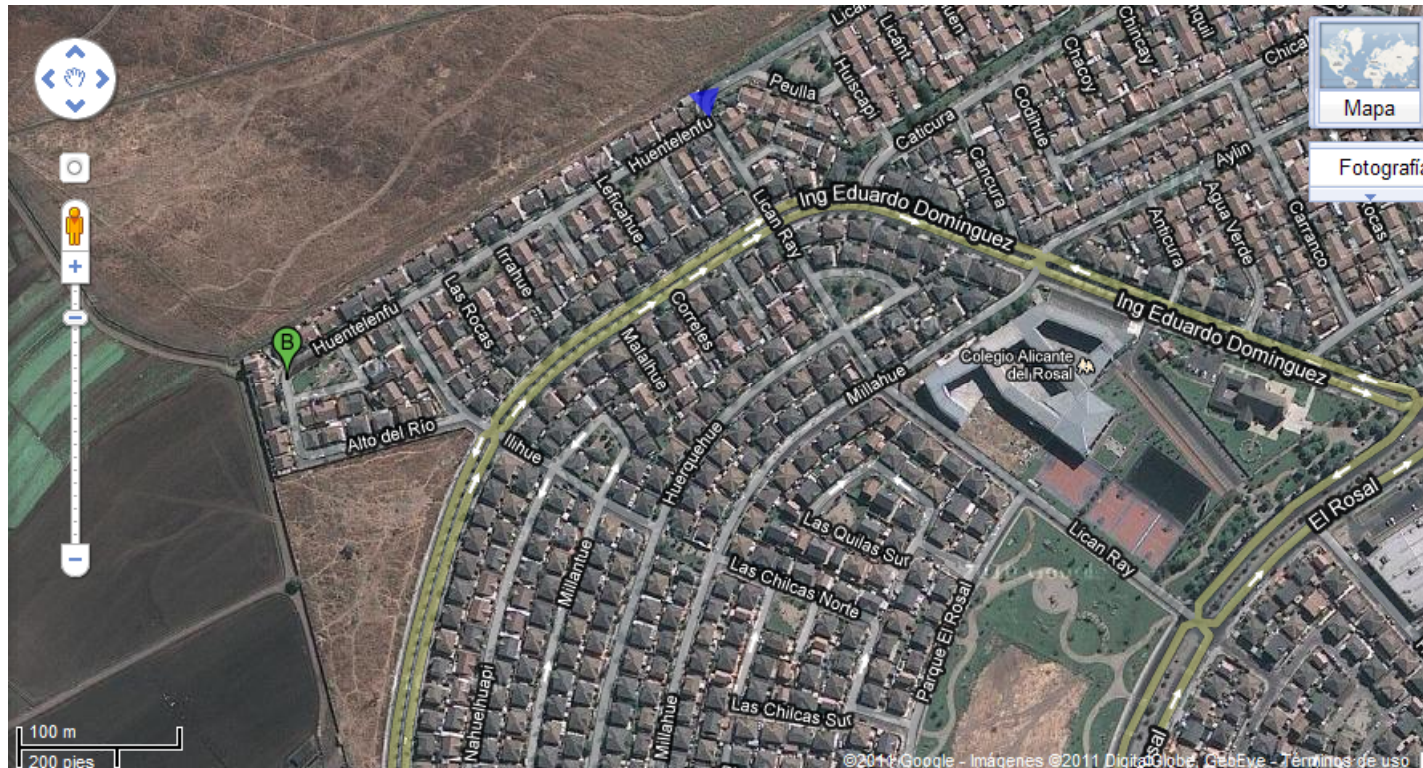


Unidad de Micrófono +
Protector contra viento y
contra pájaros

Punto de monitoreo de ruido



Punto de monitoreo de ruido



Mediciones

- Monitoreo continuo de ruido con una resolución temporal de $1/8^{\circ}$ de segundo desde el 18 de febrero al 1 de marzo.
- Registro de $L_{Aeq,1\text{ seg}}$, L_{AS} , L_{AF} , bandas de 1/1 y 1/3 de octava (simultáneos).

Método 1

- Está basado en la relación típica entre el Nivel de Exposición Sonora (SEL) y el Nivel de Presión Sonora Máxima (L_{max}) durante un determinado tiempo de integración.
- Para eventos de ruido de aeronaves:
$$X \text{ dB} < SEL - L_{max} < Y \text{ dB}$$
- Además, como segunda condición:
$$SEL > Z \text{ dB(A)}$$
- Los valores X , Y y Z deben ser determinados empíricamente.

Método 1

- Está basado en la relación típica entre el Nivel de Exposición Sonora (SEL) y el Nivel de Presión Sonora Máxima (L_{max}) durante un determinado tiempo de integración.
- Para eventos de ruido de aeronaves:
$$10 \text{ dB} < SEL - L_{max} < 13 \text{ dB}$$
- Además, como segunda condición:
$$SEL > 75 \text{ dB(A)}$$

Método 1

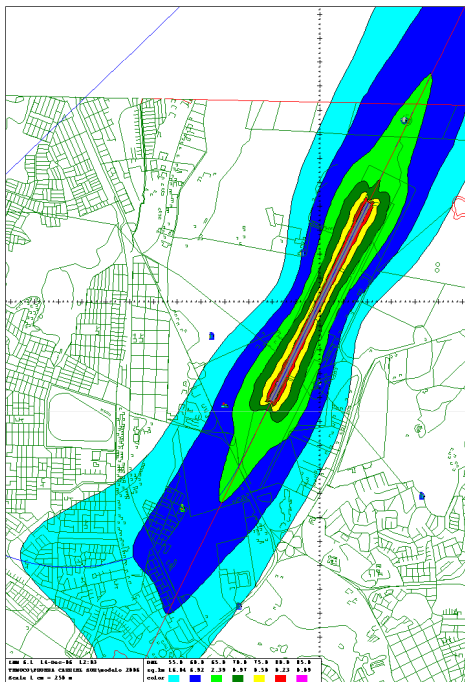
- Este método se ha utilizado en la evaluación de:



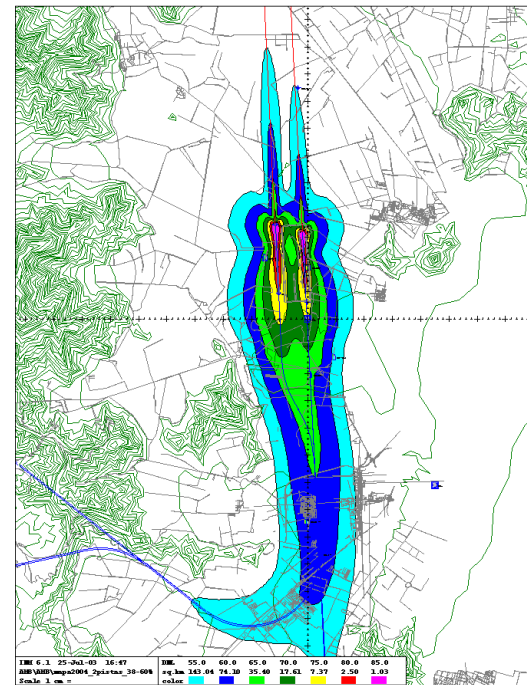
Método 1

- Este método ha sido utilizado para calibrar modelaciones realizadas en INM:

Aeropuerto Carriel Sur (CCP, Concepción)



Aeropuerto Arturo Merino Benítez (SCL, Santiago)



Método 2

- Está basado en un gatillado por múltiples umbrales, considerando la variación entre una muestra actual y una muestra previa:

$$\frac{\partial a(t)}{\partial t} \approx \frac{a(t) - a(t-h)}{h}$$

- Donde $a(t)$ es un descriptor acústico: $L_{Aeq,1\text{ seg}}$
- Diferentes eventos poseen diferentes duraciones (por ejemplo, el sobrevuelo de una aeronave puede durar 30 s y un disparo, 1 s)

Método 2

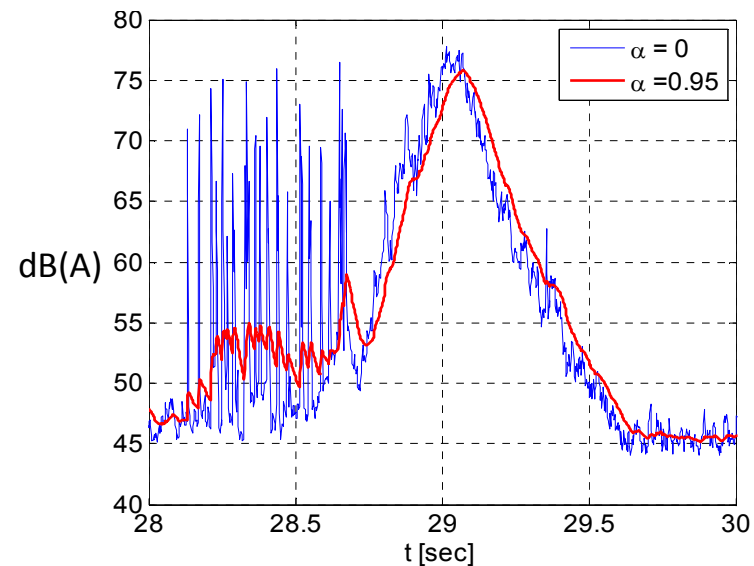
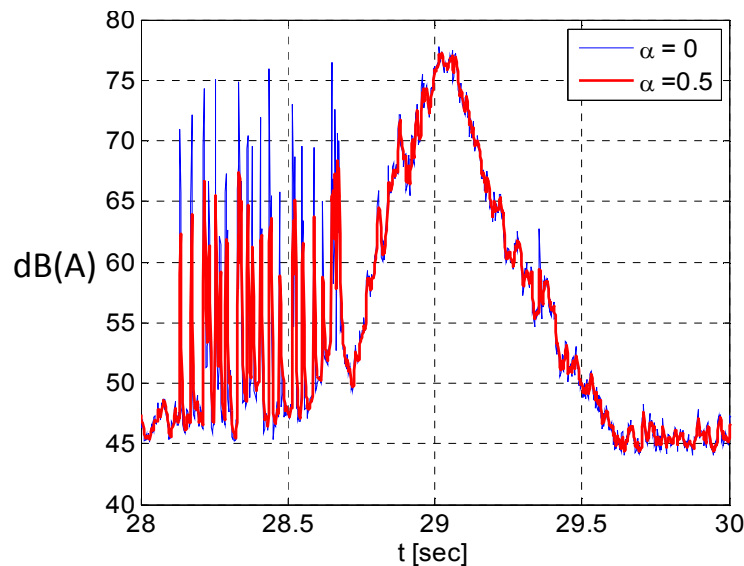
- Para no considerar fuentes de ruido impulsivas (por ejemplo, ladridos de perro), el descriptor acústico elegido debe ser suavizado:

$$y_n = \alpha x_n + (1 - \alpha) y_{n-1}$$

- Y_n : muestra actual suavizada
- X_n : muestra actual sin suavizar
- α es llamado coeficiente de suavización ($0 < \alpha < 1$)

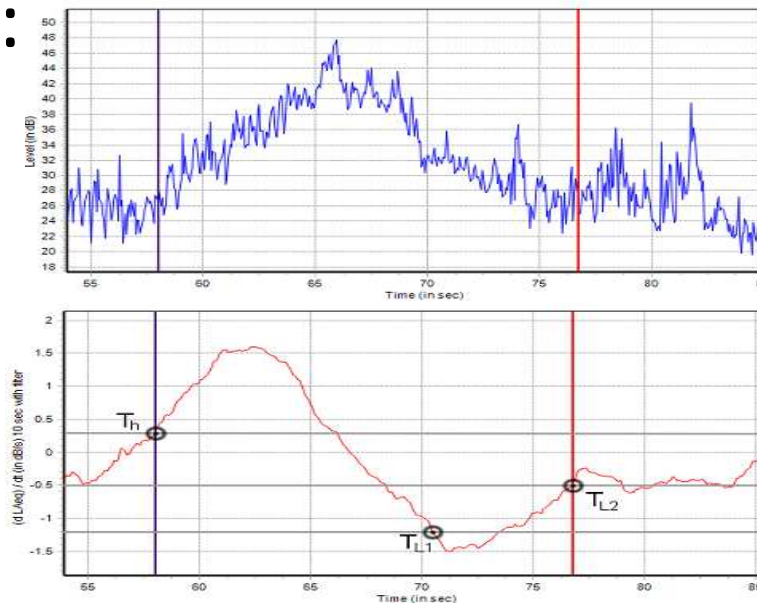
Método 2

- Se muestra una aeronave en presencia de fuentes de ruido imprevisto, usando $\alpha = 0$ (0%); 0,50 (50%) y 0,95 (95%):



Método 2

- La detección por umbral es aplicada a la derivada, considerando la respuesta suavizada:



Historial temporal
de niveles dB(Z)

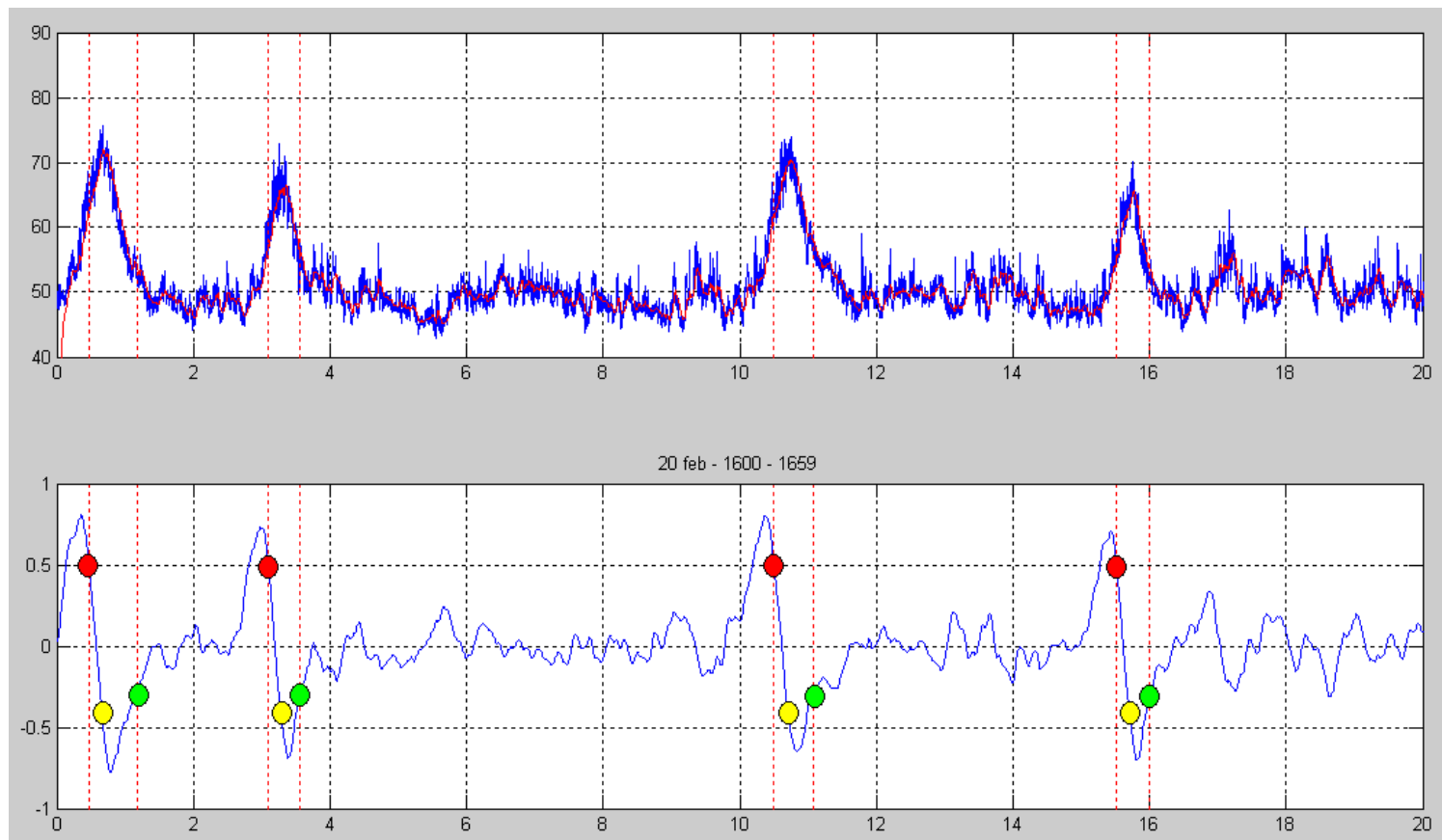
Derivada de los
valores dB(Z)
suavizada

- T_h , T_{L1} , T_{L2} , α y h deben ser determinados empíricamente.

Método 2

- Para el punto de monitoreo estudiado se usó:

$$T_h = 0,50; T_{L1} = -0,45; T_{L2} = -0,30; \alpha = 0,95; h = 20 \text{ s}$$



Método de Referencia

- De acuerdo a la norma ISO 20906:2009, cualquier método usado para detectar el ruido de aeronaves debe cumplir:
 - (a) La incerteza del nivel de exposición acumulado para todas las aeronaves no debe exceder los 3 dB;
 - **(b) Al menos el 50 % de los eventos de ruido de aeronaves deben ser correctamente clasificados como ruido de aeronaves;**
 - **(c) El número de eventos de ruido incorrectamente clasificados como ruido de aeronaves debe ser menor al 50% de las operaciones presentadas.**

Método de Referencia

- Los porcentajes de los criterios (b) y (c), consideran el número total de eventos de ruido de aeronaves en función de la **correlación manual** entre los niveles de ruido y las bitácoras de vuelo asociadas.
- Las bitácoras de vuelo fueron provistas por la Dirección General de Aeronáutica Civil, DGAC.

Resultados y Análisis

- Correlación Manual (Método de referencia)

Mens. N°	Date	Hours	N° Departures	L _{Aeq} dB(A)		
				Aircraft	Residual	Total
1	2011/02/18	13:00-13:59	7	52.2	59.9	60.6
2	2011/02/18	23:00-23:59	10	61.5	61.1	64.3
3	2011/02/19	00:00-00:59	1	50.6	56.6	57.5
4	2011/02/19	07:00-07:59	10	55.9	50.0	56.9
5	2011/02/20	15:00-15:59	9	59.2	63.6	64.9
6	2011/02/20	16:00-16:59	9	55.8	55.8	58.8
Total			46	57.4	59.6	61.7

Resultados y Análisis

Meas. N°	Date	Hours	N°	L _{Aeq} dB(A) Aircraft			L _{Aeq} dB(A) Aircraft		
			Departures	Reference	Method 1	Diff	Reference	Method 2	Diff dB
1	18/02/2011	13:00-13:59	7	52,2	59,2	7,00	52,2	57,1	4,90
2	18/02/2011	23:00-23:59	10	61,5	56,1	-5,40	61,5	61,5	0,00
3	19/02/2011	00:00-00:59	1	50,6	52,0	1,40	50,6	50,8	0,20
4	19/02/2011	07:00-07:59	10	55,9	52,4	-3,50	55,9	56,1	0,20
5	20/02/2011	15:00-15:59	9	59,2	62,2	3,00	59,2	61,0	1,80
6	20/02/2011	16:00-16:59	9	55,8	51,5	-4,30	55,8	56,1	0,30
Total			46	57,4	57,5		57,4	58,4	

- Diferencia global:

Método 1: $57,5 \text{ dB(A)} - 57,4 \text{ dB(A)} = 0,1 \text{ dB}$

Método 2: $58,4 \text{ dB(A)} - 57,4 \text{ dB(A)} = 1,0 \text{ dB}$

Resultados y Análisis

- De acuerdo a las bitácoras de vuelo oficiales:

Meas. N°	Date	Hours	N° Departures
1	2011/02/18	13:00-13:59	7
2	2011/02/18	23:00-23:59	10
3	2011/02/19	00:00-00:59	1
4	2011/02/19	07:00-07:59	10
5	2011/02/20	15:00-15:59	9
6	2011/02/20	16:00-16:59	9
Total			46

- Detección de eventos de ruido de aeronaves usando los métodos 1 y 2:

Meas. N°	Method 1		Method 2	
	N° of detected sound events		N° of detected sound events	
	Aircraft	Non-aircraft	Aircraft	Non-aircraft
1	4	0	7	1
2	8	0	9	0
3	1	3	1	0
4	5	0	10	1
5	7	1	8	4
6	3	0	8	0
Total	28	4	43	6
%	61%	9%	93%	13%

> 50%

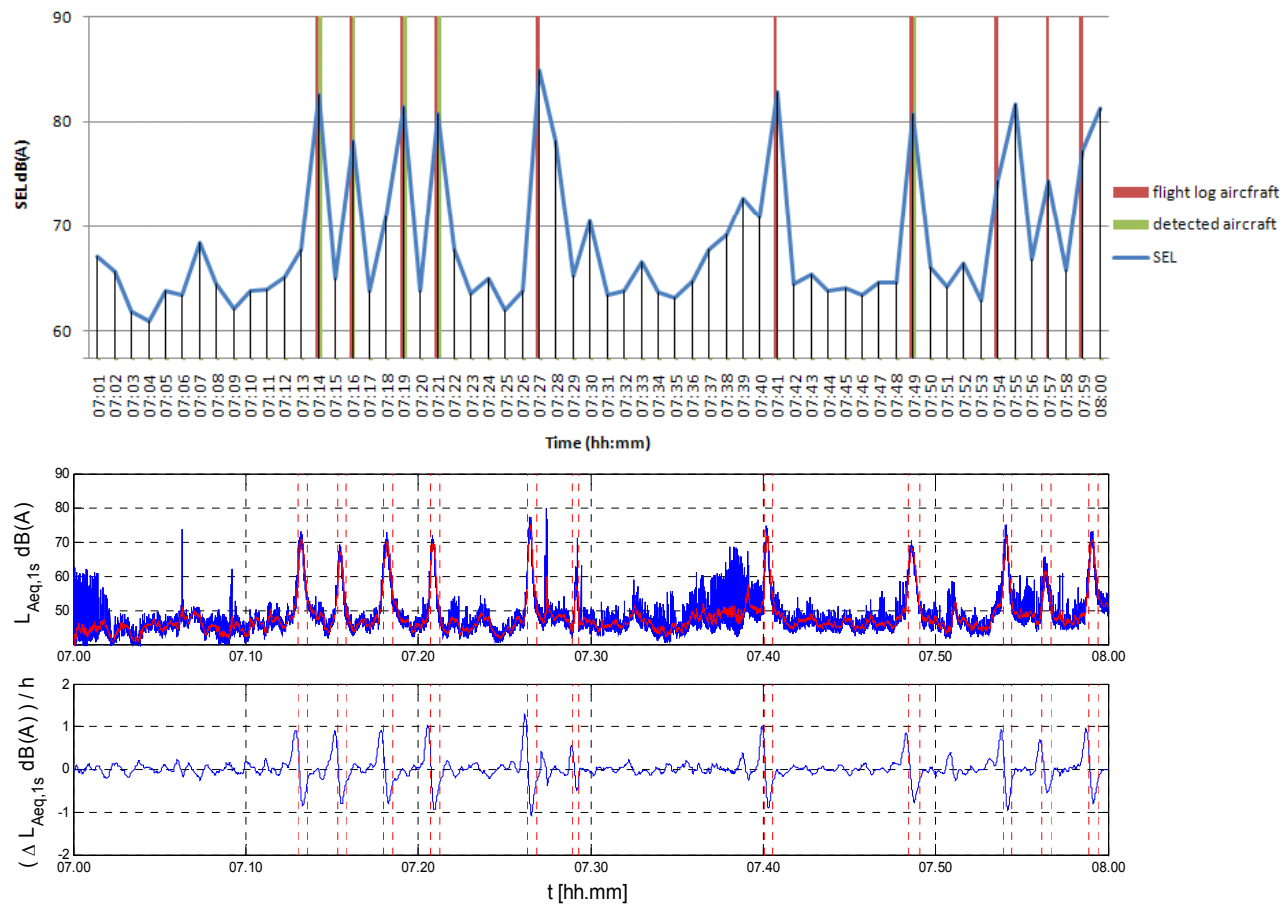
< 50%

> 50%

< 50%

Resultados y Análisis

- 19 de febrero de 2011, de 7.00 a 7.59 Hrs.



Observaciones

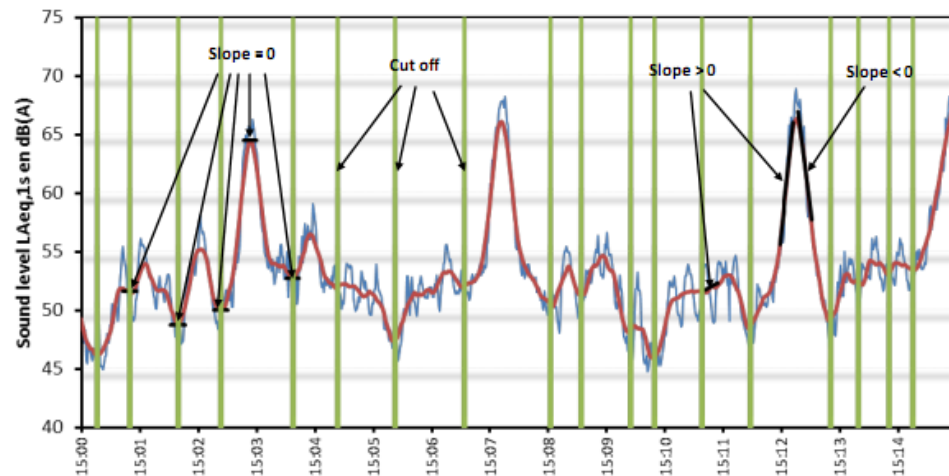
- Se usó un set de parámetros fijos para cada método.
- El Método 1 depende del ruido de fondo. El rendimiento se incrementa si se utilizan diferentes umbrales para el día y para la noche.
- El Método 2 puede ser complementado con el gatillado por umbral usando otros descriptores acústicos (Análisis en bandas de frecuencia).

Observaciones

- Las metodologías de análisis de ruido de aeronaves con información “auto-contenida” en descriptores acústicos determinados pueden ser utilizadas para la validación del reconocimiento de eventos realizados por un sistema de monitoreo de ruido.

Observaciones

- En el Aeropuerto Charles de Gaulle (París) se posee un sistema de monitoreo compuesto por 8 estaciones y se está comenzando a utilizar un sistema de validación de características similares al Método 2:



Rosin; Barbo. "Aircraft Noise Monitoring: Threshold overstepping detection vs Noise level shape and audio pattern recognition detection". ICSV 18th, RJ – Brasil, 2011.

Trabajos futuros

- El Método 1 fue evaluado integrando los niveles de ruido en períodos de 1 minuto, sin embargo otros tiempos de integración podrían incrementar la eficacia del método (30 s, 2 min, etc.).
- En la bibliografía, el Método 2 es propuesto para ser utilizado considerando otros descriptores acústicos. (por ejemplo, los valores dB(Z) de las bandas de 125 y 250 Hz para la detección de aeronaves)




Conclusiones

- Se mostró que los niveles de ruido en dB(A) poseen información autocontenida suficiente para cumplir los requerimientos del estándar ISO 20906:2009 para la detección de eventos de ruido de aeronaves.
- Método 1:
 - Ventaja: resultados globales con gran precisión (se captan las aeronaves más ruidosas)
 - Desventaja: es muy sensible a los cambios en el ruido de fondo; los umbrales X, Y y Z son difíciles de determinar.
- Método 2:
 - Ventaja: es robusto a cambios en el ruido de fondo; método eficiente (alto porcentaje de eventos de ruido de aeronaves correctamente clasificados).
 - Desventaja: los parámetros T_h , T_{L1} , T_{L2} , α , h deben ser determinados para cada punto de monitoreo.

Bibliografía

1. IEC, International Electrotechnical Commission: IEC 61672-1:2002: *Electroacoustics – Sound Level Meters – Part 1: Specifications*, 2002.
2. Glisser, M; Gerard, C. “*Results and methodologies of airport noise studies*”. *J. Acoust. Soc. Am.* **128**, 2420 (2010).
3. ISO, International Standard ISO 20906:2009(E): *Acoustics – Unattended monitoring of Aircraft sound in the vicinity of airports*, Geneva, 2009.
4. A. Osses, M. Glisser, C. Gerard , R. Guzmán, “*Comparison of methodologies for continuous noise monitoring and aircraft detection in the vicinity of airports*”. 18th International Congress on Sound and Vibration, Rio de Janeiro, Brazil, July 10-14 (2011)
5. C. Rosin, B. Bertrand, “*Aircraft Noise Monitoring: Threshold overstepping detection vs Noise level shape and audio pattern recognition detection*”. 18th International Congress on Sound and Vibration, Rio de Janeiro, Brazil, July 10-14 (2011)
6. J. Van der Heijden, “*Recognition and quantification of aircraft noise events inside dwellings*”, *Internoise 2001*, The Hague, The Netherlands, August 27-30 (2001).
7. R. Wright, G. Goulamhousen, “*Improvements in Source Identification from unattended sound level measurements using threshold-triggered audio recording*”, *Internoise 2010*, Lisbon, Portugal, June 13-16 (2010).
8. Meteorology Group, Department of Geophysics, University of Chile (<http://infomet.dgf.uchile.cl/>)

Agradecimientos

- A la Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC) por permitirnos el acceso a las dependencias de los TMR y a las bases de datos de las bitácoras de vuelo.
- A Ricardo Guzmán (DGAC)
- A Guillaume Goulamhousen y Richard Wright 
- A nuestras empresas:  y 
- A los organizadores de este encuentro internacional, por permitirnos participar en este evento.

¿Preguntas?

