

**AIG**

## Investigación de Accidentes de Aviación

Modulo 07 : Registradores de vuelo.



2019 AIG. All Rights Reserved.

**AIG**

## Fuentes

- Anexo 13 — Investigación de accidentes e incidentes de aviación;
- Manual sobre organizaciones regionales de investigación de accidentes e incidentes (Doc 9946);
- Manual de políticas y procedimientos de investigación de accidentes e incidentes (Doc 9962);
- Riesgos en los lugares de accidentes de aviación (Cir 315);
- Guía de instrucción para investigadores de accidentes de aviación (Cir 298).
- Manual de investigación de accidentes e incidentes de aviación (Doc 9756) Partes I, II, III y IV.

**AIG**

## Requisitos Normativos

- OACI
- Anexo 6, Apéndice 8 Registradores de Vuelo.
- DGAC
- RAP 121.900 a RAP 121.915 (INSTALACION, TIPOS, ETC)
- RAP 121.2250 (e)(2) a (e)(5) (Manipulación)

**AIG**

## Un poco de historia

- David Warren
- Perdió a sus padres en un accidente de aviación en 1934.
- Inventó la primera "Memory Unit" en 1956 para la RAAF.



**AIG**

## Evolución



**AIG**

## Evolución



**AIG** **Evolución**

**AIG** **Evolución**

**AIG** **Evolución**

**AIG** **Evolución**

**AIG** **Evolución**

**AIG** **Evolución**

**PFLR: 1) Deployable Combined Recorder with ELT**

**Technology:**

- Dual Combination Recording System with:
  - ADFR with integrated ELT installed in Vertical Fin
  - Crash detection circuits
  - CVDR installed in Avionics Bay
  - 25 hours recording
  - Common system across A350, A380, A330, A321
- **Entry into Service expected before mandate date**

**Extraction principle:**

- Airfall releases from aircraft within milliseconds
- Aerodynamic force "lifts" aerial away from the aircraft
- Floats on water indefinitely

**communications** **AIRBUS**

**AIG** **Evolución**



Enhanced Airborne Flight Recorder (EAFR)

BOEING PROPRIETARY. ESDN 1294

**AIG** **Evolución**

Forward EAFR & RIPS



© 2014 THE BOEING COMPANY

**AIG**



**Capítulo 1:  
Generalidades**

**AIG** **1. Generalidades**



**AIG** **Definición**

- **Registrador de vuelo:**
- Cualquier tipo de registrador instalado en la aeronave a fin de facilitar la investigación de accidentes o incidentes.



**AIG** **1. Generalidades**

- El término "Grabadora de Vuelo" abarca diferentes tipos de registradores los cuales pueden ser instalados en aeronaves, con el propósito de complementar la investigación de accidentes e incidentes.
- La OACI requiere registradores que sobrevivan a los impactos para los propósitos de la investigación de accidentes que incorporan las funciones comúnmente asociadas con una Grabadora de Datos de Vuelo (FDR) y una Grabadora de Voces (CVR).
- Sin embargo, muchas aeronaves también cuentan con otros tipos de registradores los cuales no son resistentes a los impactos pero que son utilizados de manera rutinaria en las operaciones diarias.



## 1. Generalidades

- Estas grabadoras pueden llegar a ser muy útiles para los investigadores y por lo general podrían sobrevivir a un impacto aunque no hayan sido diseñadas para sobrevivir a este tipo de eventos.
- Los registradores combinados, los cuales registran múltiples funciones en la misma unidad, también se están convirtiendo cada vez más comunes.
- Los registradores resistentes a los impactos están diseñados para resistir altas fuerzas de impacto, fuego de corta y larga duración, penetración y otras condiciones ambientales a fin de maximizar el potencial de sobrevivir a un accidente.
- Estos distintos tipos de registradores, los resistentes al impacto y los que no lo son, comúnmente referidas como "registradores de vuelo" generalmente son las siguientes:



## 1.1 Flight Data Recorder



## 1.1 Flight Data Recorder



## 1.2 Cockpit Voice Recorder



## 1.2 Cockpit Voice Recorder



## 1.3 Image Recorder



### AIG 1.4 Data Link Recorder

**FIGURE 1 AVIONICS SYSTEM**

The diagram illustrates the avionics system architecture. It shows an aircraft connected to a Ground Station via a Satellite. The aircraft's avionics system includes a Cockpit Voice Recorder (CVR), a Data Link Recorder (DLR), and a Flight Data Recorder (FDR). The DLR and FDR are connected to a central processing unit that receives data from various sensors and systems. The Ground Station is connected to a Data Link Recorder (DLR) and a Flight Data Recorder (FDR) via a Satellite. The DLR and FDR are connected to a central processing unit that receives data from various sensors and systems.

### AIG 1.4 Data Link Recorder

#### Honeywell HOW THE BLACK BOX IN THE SKY WORKS

1. The aircraft's avionics system records flight data and cockpit voice.
2. The recorded data is transmitted to a satellite in orbit.
3. The satellite relays the data to a ground station on the ground.
4. The ground station processes the data and makes it available to investigators.
5. The ground station also provides real-time monitoring and alerting capabilities.
6. The ground station provides real-time monitoring and alerting capabilities.
7. The ground station provides real-time monitoring and alerting capabilities.

### AIG 1.5 Combined Recorder

#### 787 Data - Recorded & Downlinked Enhanced Airborne Flight Recorder (EAFR)

First application of ARINC 787 Enhanced Airborne Flight Recorder (EAFR) which combines the following recording functions:

- A Cockpit Voice Recorder (CVR) (2 hours) and
- A Flight Data Recorder (FDR) (25 hours) (actually up to 50 hrs)
- A DataLink Recorder (DLR) (2 hours) via
- An ARINC 664 Ethernet interface.

EAFR (Enhanced Airborne Flight Recorder)  
RIPS (Recorder Independent Power Supply)  
AMP (Aircraft Maintenance Panel)

### AIG 1.6 Quick Access Recorder

The image shows various components of the Quick Access Recorder, including a main black unit, a smaller black unit, and a red and blue unit. The main unit is a rectangular black box with a yellow label. The smaller unit is a black box with a silver handle. The red and blue unit is a smaller, more compact device.

### AIG

## Capitulo 2: Instalación y protección

### AIG 2. Instalación y protección

- Los registradores de vuelo destinados a subsistir después de accidentes están instalados típicamente en la cola de la aeronave (sea en el área presurizada o en la no presurizada) donde más probablemente experimentarán menos daño físico en un accidente.
- En el caso de registros combinados (cuando se instalan dos registradores combinados), se recomienda que ambos registradores estén separados colocando uno en la cola y otro en la proa (o morro) de la aeronave.
- Si bien la proa de la aeronave es un entorno más hostil en caso de accidente, también constituye una distancia más corta a los micrófonos del puesto de pilotaje, con lo que mejora la posibilidad de capturar los últimos milisegundos de información acústica que pueden ser críticos para una investigación.

## AIG 2. Instalación y protección

- La caja protectora contra accidentes de los registradores de vuelo debería estar diseñada para cumplir las normas internacionales aceptadas que se han publicado para este fin.
- Las normas de Eurocae y de la FAA son internacionales y están aceptadas en términos de protección contra accidentes.
- Los registradores de vuelo deberían recibir su energía eléctrica desde la barra conectora que provee la máxima fiabilidad para el funcionamiento del registrador sin comprometer el servicio para satisfacer otras cargas esenciales o de emergencia.

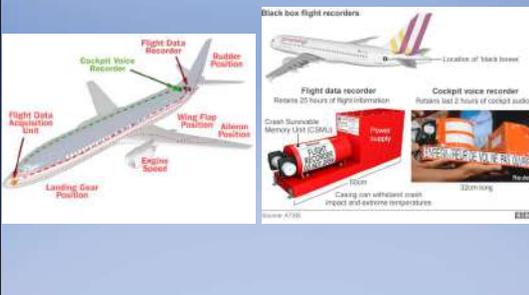
## AIG 2. Instalación y protección

- **Current Survivability Standards**
- TSO C123a (CVR) and C124a (DFDR) FAA, EASA
- Fire (High Intensity) - 1100°C flame covering 100% of recorder for 30 minutes. (60 minutes if ED56 test protocol is used)
- Fire (Low Intensity) - 260°C Oven test for 10 hours
- Impact Shock - 3,400 Gs for 6.5 ms
- Static Crush - 5,000 pounds for 5 minutes on each axis
- Fluid Immersion - Immersion in aircraft fluids (fuel, oil etc.) for 24 hours
- Water Immersion - Immersion in sea water for 30 days
- Penetration Resistance - 500 lb. Dropped from 10 ft. with a ¼-inch-diameter contact point
- Hydrostatic Pressure - Pressure equivalent to depth of 20,000 ft.

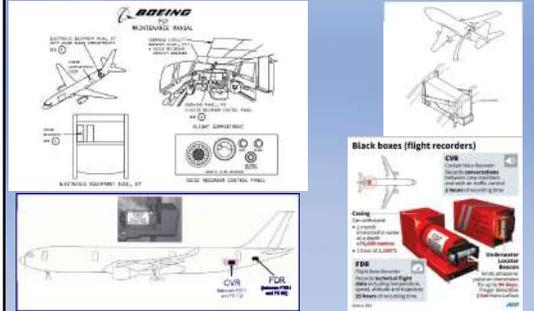
## AIG 2. Instalación y protección



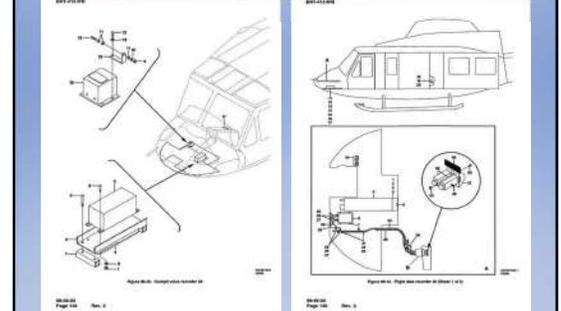
## AIG 2. Instalación y protección



## AIG 2. Instalación y protección



## AIG 2. Instalación y protección

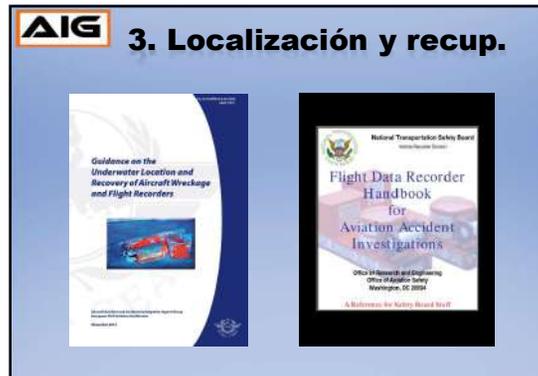






**AIG 3. Localización y recup.**

- Luego de un accidente catastrófico de aviación, la recuperación de los registradores de vuelo puede ser una labor muy difícil. Algún tipo de guía sobre que buscar podrá ser necesario para encontrar los registradores.
- Probablemente debido a las fuerzas del impacto y al fuego, la apariencia de los registradores haya cambiado, dificultando su reconocimiento. Si bien estas han sido diseñadas con estándares muy altos de supervivencia, no son indestructibles.
- Las circunstancias del accidente a veces exceden los límites de diseño y podrían comprometer los espacios donde se encuentran los medios de grabación, ya sea por fuego o por las fuerzas de impacto.





### AIG 3. Localización y recup.

- En algunos casos, el modulo blindado podría haber sido dañado, exponiendo la cinta o la tarjeta de procesadores de almacenamiento de la información.
- Si esto sucediese debería colocarse todos estos componentes dentro de una bolsa electrostática.
- Es sumamente importante anotar la localización de los registradores así como documentar las condiciones en que fueron encontradas en el lugar del accidente.

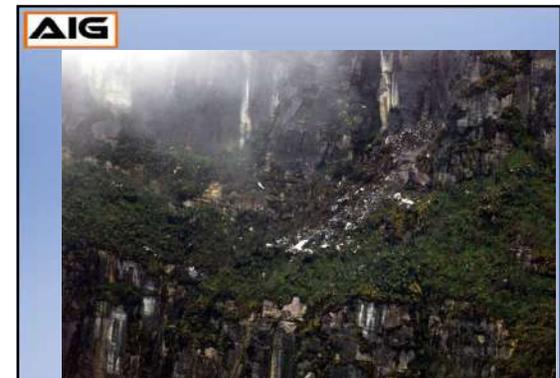
### AIG 3. Localización y recup.

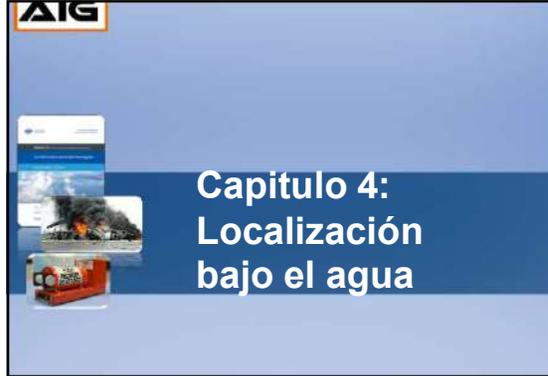


### AIG 3. Localización y recup.



### AIG 3. Localización y recup.

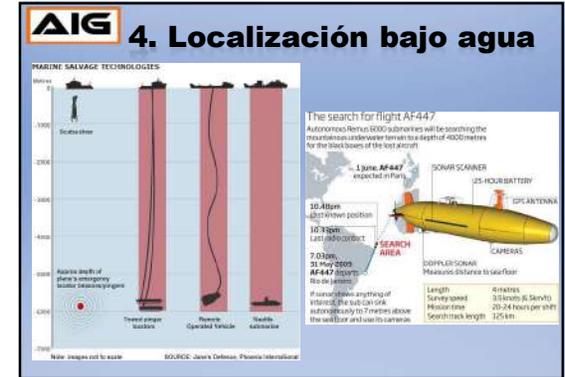
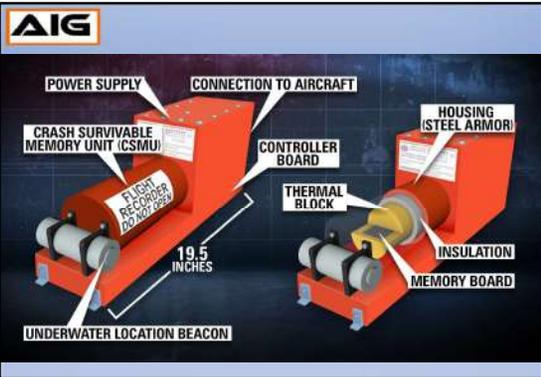
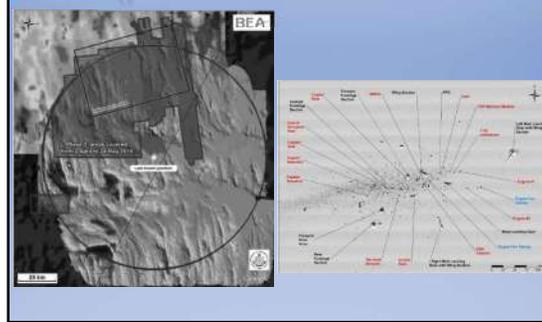




### AIG 4. Localización bajo agua

- Si los restos de la aeronave son ubicados bajo el agua y no se puede definir la localización de los registradores, deberá utilizarse equipo especializado para la ubicación de los mismos.
- El CVR y el FDR vienen equipados con un dispositivo de localización subacuático (ULB – Underwater Locator Beacon) comúnmente llamado “pinger”. Este dispositivo al entrar en contacto con el agua emite una señal de 37.5 Khz. durante 30 días aproximadamente

### AIG 4. Localización bajo agua



#### **AIG** 4. Localización bajo agua



#### **AIG** 4. Localización bajo agua



#### **AIG** 4. Localización bajo agua



#### **AIG** 4. Localización bajo agua

• Si los registradores se encuentran bajo el agua, es necesario recuperarlos y transportarlos de manera adecuada para mitigar posibles daños adicionales. Se podrán utilizar dos contenedores herméticos, tales como coolers, un poco mas grandes que los registradores.

• Una vez localizados, los registradores deberán ser lavados con agua dulce (destilada o desionizada) y colocados dentro de estos contenedores con agua dulce para evitar la oxidación.

#### **AIG**



#### **AIG**





**AIG 5. Prep. para la lectura**

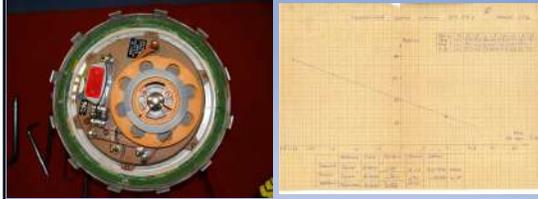
- Sin importar de que tipo de registrador se trate, no deberá intentarse descargar los datos en el lugar del accidente, ni en la aeronave ni utilizando lectoras portátiles. Esto debido a que podría tener daños internos ocasionados por el fuego o el impacto.
- Los registradores deberán ser llevados a mano a una instalación adecuada, con personal debidamente entrenado, para su pronta lectura y extracción de datos.
- Previo al envío de los registradores a alguna instalación, sería conveniente enviar lo mayor cantidad de información posible (n/p, n/s,) fotografías, información de mantenimiento, etc y detalles tales como tipo de aeronave, localización del evento y cualquier tipo de información que ayudaría en la preparación de la lectura y extracción de datos.



## AIG 5. Prep. para la lectura



## AIG 5. Prep. para la lectura



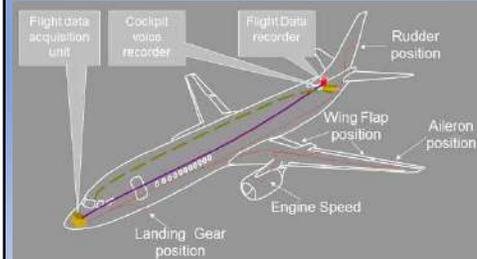
AIG

## Capitulo 6: Flight Data Recorder FDR

## AIG 6. Flight Data Recorder

- El propósito primario de un sistema moderno de FDR es el de capturar toda la data significativa relacionada a la operación y performance de la aeronave proveniente de la inmensa cantidad de datos provenientes de los diversos sistemas de la aeronave.
- Generalmente el FDR también registrara el estatus de los numerosos sistemas así como las advertencias que pudieran haberse activado.
- Existen 4 tipos de medios para la grabación de datos:
  - a) Discos ópticos (QARs y DARs antiguos)
  - b) Tarjetas PCMCIA (QARs y DARs)
  - c) Cinta (grabadoras antiguas)
  - d) Estado sólido

## AIG 6. Flight Data Recorder



## AIG 6.1 FDR Lectura y análisis

- Existen dos procesos claramente definidos para las FDRs y las CVRs así como para otros tipos de registradores usadas en las investigaciones.
- El primer proceso es la extracción de los datos "crudos" de la registradora en su estado aun no procesado.
- El segundo es la conversión a información significativa tal como unidades de ingeniería para el caso de la FDR y audio para el caso de la CVR.

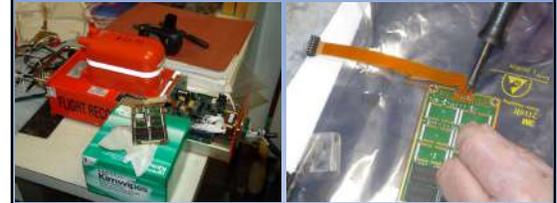
## AIG 6.1 FDR Lectura y análisis



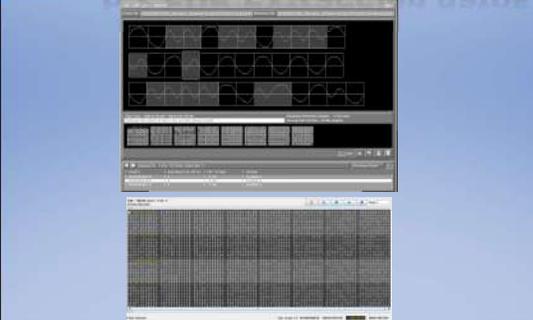
## AIG 6.2 FDR Extracción datos



## AIG 6.2 FDR Extracción datos



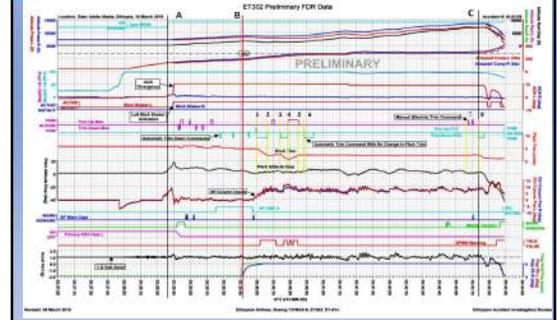
## AIG 6.2 FDR Extracción datos

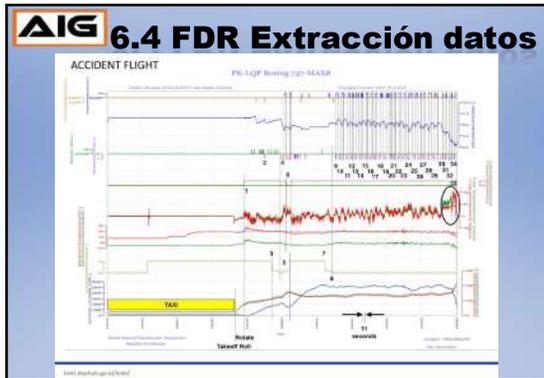


## AIG 6.3 Conversión y selección

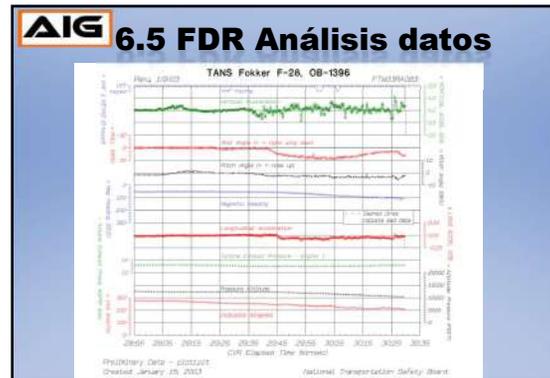
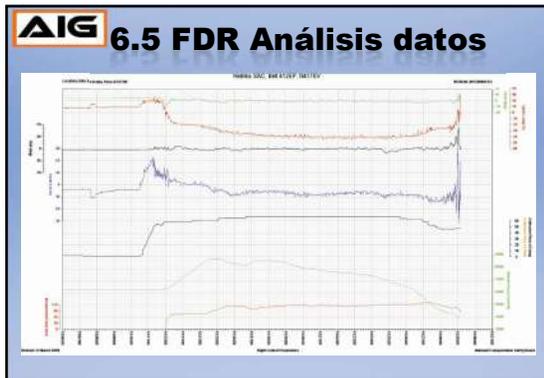
- Una vez extraídos los datos de los registradores, estos son convertidos a unidades de ingeniería, los cuales son más fáciles de entender e interpretar durante el curso de la investigación.
- Debido a la gran cantidad de información en la actualidad no es práctico el convertir toda la data extraída sino únicamente los que más interesantes sean para la investigación.

## AIG 6.4 FDR Extracción datos





- AIG 6.5 FDR Análisis datos**
- Por lo general el proceso de análisis es llevado a cabo por un equipo multi disciplinario que incluyen a analistas experimentados de datos de vuelos, ingenieros aeronáuticos, especialistas de operaciones y especialistas de sistemas, etc.
  - El análisis de los datos registrados, de las animaciones, de los gráficos, etc, son todos técnicas efectivas que empiezan a documentar los aspectos relevantes de las grabaciones las cuales nos empiezan a contar una historia.



- AIG 6.6 FDR Performance de la aeronave**
- Una parte fundamental del proceso es la de verificar si la aeronave performaba o no de acuerdo a la data, o si estos eran incorrectos.
  - Con las modernas computadoras existentes hoy en día el proceso de validación se ha hecho mucho mas practico y barato.
  - Los fabricantes también poseen simuladores que pueden ser utilizados para la validación de dicha data.



**AIG 7. Cockpit Voice Recorder - CVR**

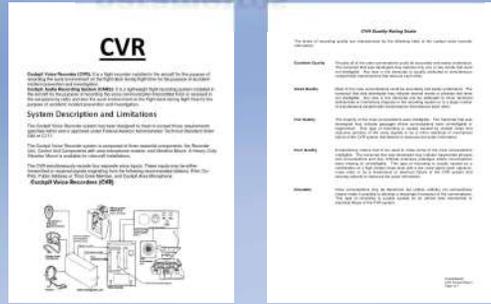
- La necesidad de instalar registradores de voz de cabina resulta del hecho de que en muchos accidentes e incidentes, las acciones o falta de ellas, de la tripulación de vuelo son un componente significativo para comprender la investigación.
- Adicionalmente a la comunicación entre la tripulación, el ambiente acústico de una cabina de mando puede darnos una importante luz en muchas investigaciones.
- El propósito primario de un registrador de voces de cabina es el de proporcionar a la investigación de accidentes de un registro de las comunicaciones de la cabina de mando, las comunicaciones con los controles en tierra así como registrar el ambiente acústico en general a bordo de la aeronave.



## AIG 7.1 CVR Selección de parámetros

- Los registradores de voces deberán registrar los siguientes parámetros:
- a) Voz y/o comunicaciones digitales transmitidas de o recibidas en la aeronave vía radio;
- b) Comunicaciones de voz de los miembros de la tripulación de vuelo en la cabina de mando;
- c) Comunicaciones de voz de los miembros de la tripulación de vuelo en la cabina de mando utilizando los sistemas de intercomunicación de la aeronave;
- d) Audio o voz que identifiquen señales de navegación o aproximación dentro de audífonos o altoparlantes, y
- e) Comunicaciones de voz de los miembros de la tripulación utilizando el sistema de altavoz de la cabina de pasajeros, siempre y cuando exista dicho sistema y el cuarto canal de grabación no se encuentre en uso.

## AIG 7.1 CVR Selección de parámetros



## AIG 7.2 CVR Lectura y análisis

- Existen dos procesos en la lectura y análisis de los CVRs. Estos son:
- a) El proceso de extracción de datos (similar al FDR).
- b) El proceso de transcripción y análisis.

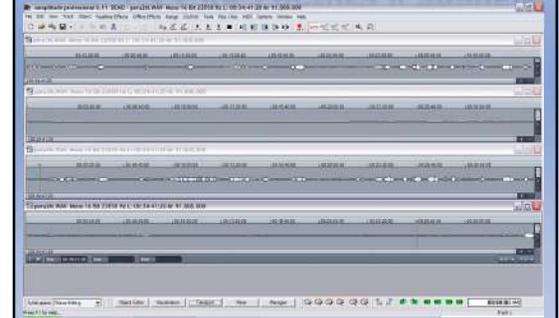
## AIG 7.2 CVR Lectura y análisis



## AIG 7.2 CVR Lectura y análisis



## AIG 7.2 CVR Lectura y análisis



## AIG 7.2 CVR Lectura y análisis



## AIG 7.2 CVR Lectura y análisis



## AIG 7.2 CVR Lectura y análisis



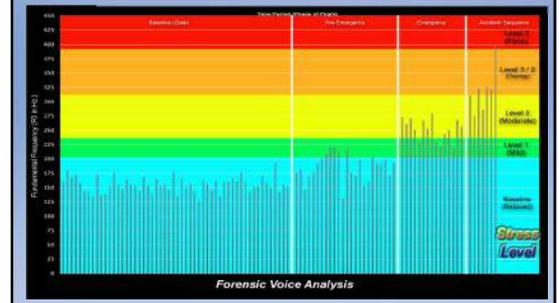
## AIG 7.2 CVR Lectura y análisis



## AIG 7.3 CVR Análisis operacional y HF

- El análisis del contenido del CVR típicamente incluye una revisión de los procedimientos operacionales, interacciones y performance de la tripulación.
- Este análisis puede ser muy amplio y podría incluir eventos generales o puede ser muy específico hasta el punto de analizar patrones de lenguaje de los miembros de la tripulación o la pronunciación de sílabas específicas.
- También puede proporcionarnos información muy importante sobre las acciones físicas de la tripulación, a través de gruñidos o ruidos durante la conversación.
- El uso del análisis del CVR en conjunto con hallazgos de otra áreas de la investigación pueden facilitar la identificación de acciones hechas por la tripulación, el estado de la tripulación y cualquier otro factor potencial que podrían afectar la performance humana (tal como algún impedimento debido a una condición medica).

## AIG 7.2 CVR Lectura y análisis

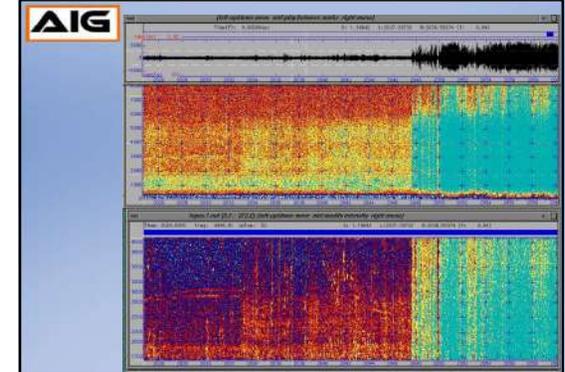


## AIG 7.2 CVR Lectura y análisis



## AIG 7.3 CVR Análisis acústico

- El uso primario de un CVR es el de registrar las comunicaciones. La mayoría de los sistemas de CVR han sido diseñados para voces y poseen un ancho de banda y/o filtros que optimizan la grabación de la voz humana.
- El CVR no es una grabadora acústica, no todo el audio va a ser recibido por los micrófonos, la fidelidad de los micrófonos podría estar sujeta a diferentes condiciones ambientales y variar también con la antigüedad de las aeronaves.
- Sin embargo con todas estas limitaciones es posible obtener información acústica útil para analizar distintos aspectos de la aeronave, incluyendo velocidad del motor, velocidad rotacional de la hélice, operación de las bombas hidráulicas, etc. Esta información podría ser grabada en el micrófono de área de la cabina.



AIG



## Capítulo 8: Animaciones de vuelo

## AIG 8. Animaciones de vuelo

- Los beneficios de la animación con datos incluyen la asimilación de información compleja y la facilitación de análisis. En algunos casos, cuando se investigan escenarios complejos, la animación de vuelo puede dar credibilidad a los hallazgos y a sus recomendaciones.
- Lo negativo de las animaciones incluye al síndrome de la foto bonita (ver para creer), información subjetiva, y la obtención de conclusiones sin entender los principios básicos.
- Las actuales limitaciones de resolución, arquitectura de la aeronave (de donde se obtienen los parámetros), temas de interpolación y dificultad en la medición de factores tales como el tiempo, afectan la objetividad y la calidad de una animación de vuelo.



## ANIMATION

Accident on 28 December 2014  
in Java sea (Indonesia)  
to the Airbus A320  
registered PK-AXC  
operated by AirAsia

BEA

CAM-2 ---it might be \*  
mechanical damage, too.



NTSB

17875ft.

04:19:12

7010



09:44:59:01



AIG

## Capitulo 9: Otros dispositivos de registro



AIG

### 9. Otros dispositivos

- Muchas aeronaves cuentan con dispositivos a bordo distintas a los CVR y FDR, estos son utilizados de manera rutinaria para las operaciones diarias.
- Estas no son protegidas contra el impacto, sin embargo contienen valiosa información que ayudaría en la investigación de un accidente.
- Los avances en la tecnología aeronáutica han hecho posible para los fabricantes de aeronaves y sus componentes el recolectar y utilizar la data de manera rutinaria, para controlar procedimientos de mantenimiento, hacer diagnóstico de problemas, establecer tendencias de datos e identificar problemas de seguridad.

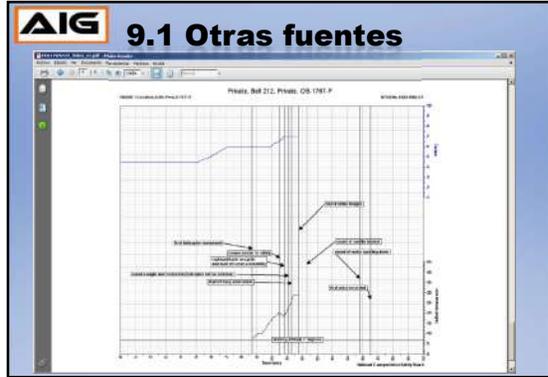


**AIG 9. Otros dispositivos**

ANEXOS

Date and Time	Latitude	TA	Longitude	TA	Max voltage	Flight duration	No. PWS	Alt	Rate	Flight time	Top cycles	PT cycles
DDMMYY	DDMMYY	DDMMYY	DDMMYY	DDMMYY	DDMMYY	DDMMYY	DDMMYY	DDMMYY	DDMMYY	DDMMYY	DDMMYY	DDMMYY
28/10/2019 8:11	4240	28	0	27	23.0	0	4	0	0	0	0	0
28/10/2019 8:11	4420	4740	0	25	25.11	0	55	40	344	0	0.0	0.0
28/10/2019 8:12	4400	4700	0	25	28.11	0	40	11	394	0	0.0	0.0
28/10/2019 8:12	4470	4730	0	27	28.11	0	45	13	206	0	0.0	0.0
28/10/2019 8:14	1200	4950	0	27	28.11	0	54	74	212	0	0.0	0.0
28/10/2019 8:15	5270	4820	0	24	28.11	0	64	54	212	0	0.0	0.0
28/10/2019 8:16	4410	4740	0	24	28.11	0	34	27	347	0	0.0	0.0
28/10/2019 8:17	4540	2220	0	24	28.11	0	4	17	46	0	0.0	0.0
28/10/2019 8:18	4440	4740	0	24	29.11	0	22	0	50	0	0.0	0.0
28/10/2019 8:19	4410	570	0	24	27.02	0	75	73	394	0	0.0	0.0
28/10/2019 8:20	5320	4970	0	24	28.11	0	85	87	342	0.50	1.2	0.7
28/10/2019 8:21	13610	770	0	27	28.11	0	100	49	486	1.50	1.2	0.7
28/10/2019 8:22	2813	563	0	24	28.11	0	40	40	485	2.50	1.2	0.80
28/10/2019 8:23	2804	890	0	25	28.11	0	100	94	487	3.50	1.2	0.80
28/10/2019 8:24	1817	890	0	24	28.11	0	100	98	487	4.50	1.2	0.80
28/10/2019 8:25	1080	890	0	26	28.11	0	100	89	487	5.50	1.2	0.80
28/10/2019 8:26	1481	890	0	24	28.11	0	100	98	487	6.50	1.2	0.80
28/10/2019 8:27	1475	790	0	26	28.11	0	100	84	487	7.50	1.2	0.80
28/10/2019 8:28	1493	790	0	26	28.11	0	100	98	487	8.50	1.2	0.80
28/10/2019 8:29	1241	790	0	26	28.11	0	100	93	487	9.50	1.2	0.80
28/10/2019 8:30	1170	790	0	25	28.11	0	100	98	486	10.50	1.2	0.80
28/10/2019 8:31	1241	790	0	24	28.11	0	100	88	486	11.50	1.2	0.80
28/10/2019 8:32	1196	790	0	25	28.11	0	100	89	486	12.50	1.2	0.80
28/10/2019 8:33	1293	790	0	25	28.11	0	100	89	486	13.50	1.2	0.80





## AIG 9.1 Otras fuentes



## AIG 9.1 Otras fuentes



## AIG 9.1 Otras fuentes



## AIG Capítulo 10: Conclusiones



## AIG 10. Conclusiones

- Las unidades de CVR y FDR obligadas por mandato a ser protegidas contra impactos, son partes integrales de cualquier investigación de accidentes. Para que estas sean de mayor beneficio deben ser debidamente mantenidas y documentadas.
- Luego de ocurrido un evento, los registradores deberán ser rápidamente localizadas e inmediatamente transportadas a una instalación adecuada para su pronto análisis.
- Sus contenidos deberán ser analizados por expertos calificados conjuntamente con toda la otra data concerniente al evento, inclusive la recolectada en la escena y las contribuciones de los participantes para poder lograr el mayor beneficio.
- Para lograr el mayor impacto posible la data debe ser manejada de una manera rápida y eficiente.

## AIG 10. Conclusiones

- Existen muchas fuentes valiosas de información que pueden ayudar durante una investigación. Especialmente en aeronaves electrónicas modernas, la data reunida puede proporcionar pistas vitales tales como fallas, mantenimiento, operaciones de sistemas y acciones de abordaje.
- Programas eficientes de recolección de datos son un paso significativo hacia la prevención de incidentes y accidentes. Los beneficios del uso proactivo de los datos en términos de seguridad y costos, garantizan su desarrollo en el futuro.
- Adicionalmente los avances tecnológicos continuaran cambiando constantemente la aeronave y el ambiente de la cabina de mando y creara una mayor dependencia de la data durante una investigación.
- La información anteriormente obtenida a través de entrevistas, es actualmente registrada en discos duros, tarjetas de computadoras y unidades portátiles. Las técnicas de recolección de datos deben ser mejoradas constantemente para mantenerse al par de la tecnología.



**Muchas Gracias!**