



**MINISTERIO DE DEFENSA NACIONAL**

**COMISIÓN INVESTIGADORA DE ACCIDENTES E**

**INCIDENTES DE AVIACIÓN**



# **INFORME FINAL**

**Nº 555**

**AIR TRACTOR  
AT 502-B**

**MATRÍCULA CX-QCH-R**

**Aeropuerto Departamental de Treinta y Tres**

**Departamento de Treinta y tres**

**18 DE DICIEMBRE DE 2013**

## ADVERTENCIA

El presente Informe es un documento técnico que refleja el punto de vista de la Comisión Investigadora de Accidentes de Aviación, en relación con las circunstancias en que se produjo el accidente objeto de la investigación, con sus causas y sus consecuencias.

De conformidad a lo señalado en las Normas y Métodos Recomendados Internacionales – Anexo 13 al Convenio sobre Aviación Civil Internacional “INVESTIGACIÓN DE ACCIDENTES E INCIDENTES DE AVIACIÓN”, el único objetivo de la investigación de accidentes o incidentes, será la prevención de futuros accidentes e incidentes.

El propósito de esta actividad no es determinar la culpa o la responsabilidad.

La investigación tiene carácter exclusivamente técnico sin que se haya dirigido a la declaración o limitación de derechos ni de responsabilidades personales o pecuniarias. La conducción de la investigación, ha sido efectuada sin recurrir necesariamente a procedimientos de prueba y sin otro objeto fundamental que la prevención de futuros accidentes.

Los resultados de la investigación no condicionan ni prejuzgan los de cualquier expediente sancionador.

\*\*\*\*\*

**INDICE**

Advertencia.	I
Índice.	II
Abreviaturas.	IV
<b>Informe Final, Accidente aeronave de Aviación Agrícola</b>	<b>1</b>
Sinopsis.	2
1. INFORMACIÓN SOBRE LOS HECHOS.	2
1. Antecedentes del vuelo.	5
1.2 Lesiones a Personas.	5
1.3 Daños sufridos por la Aeronave.	6
1.4 Otros daños.	6
1.5 Piloto al mando.	6
1.6 Información sobre la aeronave.	7
1.7 Información Meteorológica.	9
1.7.1 Situación Sinóptica.	9
1.7.2 Condiciones meteorológicas sobre el Aeródromo de Treinta y Tres	9
1.8 Ayudas para la navegación.	11
1.9 Comunicaciones.	12
1.10 Información de aeródromo.	13
1.11 Registradores de vuelo.	13
1.12 Información sobre los restos de la aeronave y el impacto.	13
1.12.3 Examen del motor de la aeronave.	15
1.13 Información médica y patológica.	15
1.14 Incendio.	17
1.15 Supervivencia.	17
1.16 Ensayos e investigaciones.	18
1.16.2 ¿Qué es la Desorientación espacial?.	18
1.16.3 Incidencia de la Desorientación.	19
1.16.4 Factores vinculados con el vuelo.	19
1.16.5 Factores Humanos.	19
1.17 Información sobre organización y gestión.	20
1.18 Información adicional.	21
2. ANÁLISIS.	22
2.2 Análisis Meteorológico.	24
2.2.1 Análisis de imagen satelital GOES-13.	24
2.2.2 Análisis de otra información meteorológica suministrada.	25
2.2.2 Análisis del video del despegue y fotos de la aeronave siniestrada.	26
3. CONCLUSIONES.	28
3.1 Causa probable.	29
3.1 Causa endémica.	29
4. RECOMENDACIONES SOBRE SEGURIDAD.	29



## SÍMBOLOS Y ABREVIATURAS

### A

AD	Aeródromo. (Nomenclatura utilizada por la Publicación de información aeronáutica)
Ac	Altocumulus
AIP	Publicación de información aeronáutica
ARP	Punto de referencia de la antena
AOC	Certificado explotador de servicios aéreos

### B

BECMG	Indica un cambio de las condiciones meteorológicas pronosticadas, que se espera ocurrirá, de forma regular o irregular, a una hora no especificada dentro del período
BKN	Broken, Cubierto de 5 a 7 octavos.

### C

CAVOK	cielo y visibilidad OK
C.I.A.I.A.	Comisión Investigadora de Accidentes e Incidentes de Aviación
CVR	Registrador de la voz en el puesto de pilotaje Cockpit Voice Recorder

### D

DI.N.A.C.I.A.	Dirección Nacional de Aviación Civil e Infraestructura Aeronáutica
---------------	--

### E

E	Este
ELT	Transmisor de localización de emergencia
ELEV	Elevación

### F

FAA	Administración Federal de Aviación
FDR	El grabador de datos de vuelo (FDR). Flight Data Recorder
FEW	Nubes escasas de 1 a 2 octas.
FIR	Región de información de vuelo
Ft	pies

### G

GPS	Sistema de Posicionamiento Global
-----	-----------------------------------

### H

h	Hora
---	------

### I

IFR	Reglas de vuelo por instrumentos
IMC	Condiciones meteorológicas de vuelo por instrumentos

### J

J.I.A.A.C.	Junta de Investigación de Accidentes de Aviación Civil, Argentina.
------------	--

### k

KIAS	Velocidad Indicada en Nudos
kg	Kilogramo(s)
km/h	Kilómetros por hora
kt	Nudo(s)

### L

LAR	Reglamento Aeronáutico Latinoamericano.
Lbs	Libras
LT	Hora Local(Local Time)

### M

m	metros
MDN	Ministerio de Defensa Nacional.
MET	Meteorológico.

### N

NE	Noreste
METAR	Report Meteorológico de Aeródromo.
MSL	Nivel medio del mar

### O

OACI	Organización de Aviación Civil Internacional
OVC	Overcast, cubierto de nubes 8/8

### P

PAPI	Sistema Indicador de Senda de Aproximación de Precisión
PSN	Posición.

### R

RAU	Reglamento Aeronáutico Uruguayo
RAU AGA	Reglamento Aeródromos - Diseño y Operaciones de Aeródromos.
RAU AIG	Reglamento para la Investigación de Accidentes e Incidentes de Aviación Civil
REILS	Luces de identificación de final de pista
RPM	Revoluciones por minuto

### S

S	Sur
SAR	Search and Rescue (Búsqueda y salvamento)
SCT	Escasa nubosidad de de 3 a 4 octavos.
SE	Sur Este.
SPECI	Informe de observación meteorológica especial seleccionado para la aviación.
SADF	Denominación OACI Aeropuerto de Internacional de San Fernando, Argentina
SULS	Denominación OACI Aeropuerto Internacional de Laguna del Sauce.
SUSO	Denominación OACI Aeropuerto de Salto
SUMU	Denominación OACI Aeropuerto de Carrasco

### T

TAF	Pronóstico de aeródromo
TDN	Tiempo desde Nuevo
TDURG	Tiempo desde última revisión General
TMA	Área de control terminal
TWR	Torre de control de aeródromo

### U

UTC	Tiempo universal coordinado
-----	-----------------------------

### V

VFR	Reglas de vuelo visual
VHF	Muy alta frecuencia (30 a 300 MHz)
VMC	Condiciones meteorológicas de vuelo visual

### Z

Z	HORA UTC
---	----------

# INFORME FINAL

## ACCIDENTE DE AERONAVE DE AVIACIÓN AGRICOLA

<b>EXPLOTADOR</b>	Charles Chalking S.A.
<b>FABRICANTE:</b>	Air Tractor Inc.
<b>MODELO:</b>	AT 502-B
<b>NAC. / MAT. :</b>	CX-QCH-R
<b>LUGAR:</b>	Aeropuerto Departamental de Treinta y Tres
<b>FECHA:</b>	18 de Diciembre 2013
<b>HORA:</b>	06:10 h aprox.

Nota: las horas son aproximadas y están expresadas en hora Oficial Uruguay (UTC - 2, horario de verano)

La denuncia del accidente fue realizada por el Jefe del Aeropuerto Departamental de Treinta y Tres Director de la Comisión Investigadora de Accidentes e Incidentes de Aviación (C.I.A.I.A.), el día 18 de diciembre de 2013 a las 06:30 hs.

La C.I.A.I.A. tomó a su cargo la investigación del accidente de conformidad con lo establecido en el Art. N° 92 de la Ley N° 14.305 de 29/11/974 Código Aeronáutico Uruguayo, Decreto 160/013 del 24/05/2013 y el RAU AIG aprobado por la Resolución 657-2010 de la DI.N.A.C.I.A. Asimismo tendrá a su cargo la divulgación del informe.

Fueron realizadas todas las notificaciones correspondientes.

La investigación del accidente se basó en:

- Investigación de campo.
- Entrevistas de testigos, familiares e integrantes de la empresa.
- Relevo fotográfico aéreo.
- Relevo fotográfico Policía Científica.
- Video del despegue de la aeronave.
- Información técnica del Destacamento de Bomberos interviniente.
- Reglamentos Aeronáuticos Uruguayos (RAU 91 y 137 Revisión).
- Informe técnico de la inspección y desarme del motor, por Pratt & Whitney Company.
- Desorientación Espacial (FAA Aviation Safety).

## **Sinopsis**

El piloto al mando y único ocupante realizó un despegue próximo a la hora 06:00 desde el Aeropuerto Departamental de Treinta y Tres para cumplir con un vuelo de traslado; en el ascenso ingresa en un manto de niebla y a los pocos segundos se precipita a tierra.

El piloto resultó fallecido.

La aeronave resulta destruida por el impacto y la posterior producción de fuego.

El fuego fue combatido por el Destacamento de Bomberos de la ciudad.

Hubo daños a terceros.

El accidente ocurrió próximo a la hora 06:10, con luz diurna.

## **1. INFORMACIÓN SOBRE LOS HECHOS**

El día miércoles 18 de diciembre de 2013 el piloto de la aeronave Air Tractor AT502B, matrícula CX-QCH-R, se disponía a realizar un vuelo de traslado desde el Aeropuerto Departamental Treinta y Tres hacia una pista eventual de operación agrícola distante a 38,5 km, localizada en el punto S33° 18' 08" y W53° 57' 11", para un trabajo de aplicación de urea en dos chacras de 166 y 159 ha.respectivamente, lo que le insumiría 4 horas aproximadamente.

Se presentó en las instalaciones de la empresa para realizar los preparativos para el vuelo, donde previamente el equipo de apoyo le había dejado la aeronave fuera del hangar antes de dirigirse al lugar de trabajo de aeroaplicación, no quedando nadie para la atención de la salida del vuelo.

La aeronave había sido abastecida con 400 lts. de combustible, lo que le daría una autonomía de vuelo de 2 horas aproximadamente. El vuelo de traslado le insumiría 10 minutos aproximadamente.

Debido a la presencia de niebla y neblinas matinales, muy comunes en este lugar en esas fechas, el piloto realiza una llamada al equipo de apoyo para interiorizarse de las condiciones meteorológicas del lugar adonde se tiene que dirigir y la respuesta que obtiene es que las mismas son "buenas, libres de niebla y buena visibilidad".

El piloto toma referencia de los datos de la estación meteorológica portátil ubicada en las instalaciones de la empresa.

Hace una segunda llamada al equipo de apoyo para avisarles que: “preparen todo, que estoy saliendo para allá”.

La aeronave despegó de la pista 19 del aeródromo de Treinta y Tres con rumbo 190º, aproximadamente a las 06:08 horas local del día 18 de diciembre de 2013. Posterior al despegue, 2 a 3 minutos después, alrededor de las 06:10 horas local, se precipitó en una zona próxima al aeródromo.

La aeronave se disponía a realizar un vuelo en condiciones diurnas, y por las características del aeródromo de Treinta y Tres según el AIP Uruguay en AD 2.16-2 el tipo de tránsito permitido es VFR (vuelo visual).

El AIP Uruguay en ENR 1.2 “Reglas de vuelo visual” establece que los vuelos VFR se realizarán en forma que la aeronave vuele simultánea y continuamente en condiciones de visibilidad y distancia de las nubes iguales o superiores a las especificadas en la tabla, que determinan para espacio aéreo G: libre de nubes a la vista de la superficie y 1500 metros de visibilidad.

También estipula que los vuelos VFR operarán desde 30 minutos antes de la salida del sol hasta 30 minutos después de la puesta del sol y que no se realizarán vuelos VFR sobre nubes, niebla y otras formaciones meteorológicas cuando ellas obstruyan más de 4 octavos de la superficie terrestre, vista desde la aeronave en vuelo.

Según testigos consultados, en ese momento había varias aeronaves de aeroperación en el aeropuerto, las cuales estaban aguardando mejoras en las condiciones meteorológicas, “debido a la presencia de nieblas” para poder despegar.

El piloto al mando puso en marcha la aeronave y comenzó a rodar para la pista 01/19, donde al circular frente a las aeronaves estacionadas mencionadas anteriormente, enciende las luces estroboscópicas, causando asombro entre los pilotos que observaban dicha situación, al punto que uno de ellos decidió filmar con su celular de lo que estaba sucediendo.

Acto seguido, la aeronave inicia la carrera de despegue y una vez que comienza a ascender se pierde de vista al ingresar en una capa de niebla/neblina que cubría la zona, donde se logra escuchar por parte de testigos, un ruido diferente en el ruido del motor como si estuviese virando a la derecha, luego de



unos minutos se escucha una explosión y se divisa el resplandor de un fuego al sur del aeródromo.

De acuerdo al lugar donde debía dirigirse la aeronave, la misma tendría que haber virado a la izquierda con rumbo 108°.

Los propios testigos del despegue se encargaron de realizar la denuncia del hecho a las autoridades policiales así como también comunicar a la empresa propietaria de la aeronave involucrada.

La aeronave tomó fuego inmediatamente al precipitarse, previo a embestir un muro lindero de concreto de una vivienda.

El piloto resultó fallecido.

La aeronave resultó destruida.

El accidente ocurrió de día, próximo a la hora 06:10.



Foto 1. Vista de la posición final de la aeronave siniestrada.

## 1.1 Antecedentes del vuelo

**1.1.1** De acuerdo a la información proporcionada por la empresa propietaria de la aeronave accidentada, la actividad anterior al accidente se había desarrollado con absoluta normalidad, donde había realizado un trabajo de 570 ha. con esparcimiento de urea. Su regreso a la base fue a media tarde, próximo a las 15:00hs, donde el piloto tomó una siesta a modo de descanso y luego se quedó en las instalaciones de la empresa hasta la hora 22:00 donde se retiró para cenar y luego ir a dormir a la oficina que dispone la empresa en la ciudad.

Desde el día 13 de diciembre estaba teniendo una actividad continua en la aeronave accidentada, totalizando 1840 ha. realizadas en ese lapso de tiempo. El piloto contaba en su haber con un total de 4.500 hs de vuelo, 3.400 fueron en aeroplación, de las cuales 400 aproximadamente fueron realizadas en el tipo de aeronave accidentada.

**1.1.2** La instrucción inicial y su formación, en su carrera de piloto fue realizada por la empresa propietaria de la aeronave. De acuerdo a las consultas y entrevistas realizadas no lo aquejaba ningún problema relacionado a su salud, problemas familiares, económicos, etc.

**1.1.3** Respecto al lugar del suceso:

Latitud S33°12'21" longitud W54°21'04", 1.300 m al S de pista 19, tomando como referencia el centro de la misma.

Tenía como obstáculo una antena a 1.200 metros de la cabecera 19 con una altura de 42 mts.

La hora del suceso local fue las 06:10, siendo de día.

La salida del sol fue a las 06:18, el crepúsculo comenzó 05:48.

## 1.2. Lesiones a personas

LESIONES	TRIPULACIÓN	PASAJEROS	TOTAL	OTROS
Mortales	1	0	1	0
Graves	0	0	0	0
Leves	0	0	0	0
Ninguna	0	0	0	0
TOTAL	1	0	1	0

### 1.3 Daños sufridos por la aeronave.

**1.3.1** La aeronave resultó destruida por el impacto contra el terreno y posterior incendio.

### 1.4 Otros daños.

La aeronave embistió una sección de un muro perimetral de una vivienda. Daños sobre la superficie de un terreno baldío por el arrastre de la aeronave y la propagación de fuego.

### 1.5. Piloto al mando

<b>Sexo</b>	Masculino
<b>Nacionalidad</b>	Uruguayo
<b>Fecha de nacimiento</b>	12 de junio de 1979
<b>Licencia</b>	Piloto Comercial expedida 11-03-03
<b>Habilitaciones</b>	Aviones Monomotores hasta 5700 kg., Aeroaplicador
<b>Horas totales</b>	4.444 h
<b>Horas Aeroaplicación</b>	3.400 h
<b>Ultimo Certificado Médico</b>	28 de junio de 2013 (Vto.30-06-14)

Tenía en su haber las siguientes Licencias de Vuelo:

Piloto Comercial Avión, expedida el 11 de marzo de 2003, con última renovación efectuada el 28 de junio de 2013, con vencimiento del examen psicofísico el 30 de junio de 2014.

Piloto Instructor, expedida el 27 de junio de 2012 con vencimiento el 30 de junio de 2013, la cual al momento del accidente no estaba vigente.

Sus Habilitaciones vigentes eran:

Aviones Monomotores Terrestres hasta 5.700 kg.

Aeroaplicador (aeronaves G-164, G 164B, AT 502B)

Combate de Incendios

Habilitaciones no vigentes:

Vuelo por Instrumentos, su última renovación fue realizada con prueba de suficiencia el 01/05/2004

No contaba con antecedentes de accidentes o incidentes.

## 1.6 Información sobre la aeronave.

<b>Fabricante</b>	AIR TRACTOR INC
<b>Modelo</b>	AT-502 B
<b>Matrícula</b>	CX-QCH-R
<b>Número de Serie</b>	502B 2719
<b>Fecha de fabricación</b>	20/10/2010
<b>Certificado de Aeronavegabilidad</b>	Nº 1293 Venc. 19/12/14
<b>Certificado de Matrícula</b>	30/12/10
<b>Categoría</b>	Restringido Aeroaplicación
<b>Tipo de tren</b>	Convencional
<b>Propietario</b>	Charles Chalkling S.A.
<b>Explotador</b>	Charles Chalkling S.A.
<b>T.D.N.</b>	971 Hs
<b>Habilitado hasta</b>	29/9/2014

### Especificaciones de la aeronave

Motor P&W PT6A-34AG S.H.P. 750 a 2200 RPM

Hélice Hartzell HC-B3TN-3D/T10282+4

Peso máximo de despegue 9.400 lb (4.263 kg)

Peso máximo de aterrizaje 8.000 lb (3.628 kg)

Peso vacío c/spray equip 4.860 lb (2.204 kg)

Capacidad de combustible 170 U.S.gal. (1.890 L)

### Peso al momento del accidente

Peso vacío de la aeronave 4.860 lb

Piloto 176"

Combustible 770"

Peso al despegue 5.806"



Es uno de los aviones más populares, específicamente diseñado para tareas de aeroaplicación, mono turbohélice, monoplaza, con tren de aterrizaje del tipo convencional fijo, de construcción totalmente metálica, con un total de más de 600 unidades fabricadas desde 1987, el AT-502B tiene una capacidad de 1.893 litros (500 galones) para reducir la cantidad de viajes de regreso al campo, lo que se traduce en menor cantidad de aterrizajes y despegues.

Posee una generosa envergadura alar de 52 pies permite una cobertura más ancha. Con controles compensados para disminuir los esfuerzos para maniobra y con aire acondicionado como equipamiento estándar del AT-502B.

<b>PLANTA MOTRIZ</b>	<b>MOTOR</b>
<b>Fabricante</b>	PRATT & WHITNEY
<b>Modelo</b>	PT6A-34AG
<b>Nº de Serie</b>	PCE-PH0567
<b>Fecha de fabricación</b>	2010
<b>T.D.N.</b>	971 Hs
<b>Vencimiento</b>	3.500 Hs

Usa combustible JET A1, con un consumo promedio de 180/200Lts. por hora.

**HÉLICE:**

<b>Fabricante</b>	HARTZELL PROPELLER INC.
<b>Modelo</b>	HC-B3TN-3D/T10282NS+4
<b>Nº de Serie</b>	BUA31736
<b>T.D.N.</b>	971 hs
<b>Vencimiento</b>	3.000 Hs o 20/10/2014

Hélice tripala, de construcción metálica, de paso variable, velocidad constante y posibilidad de paso reverso.

**1.7 Información Meteorológica.**

La información meteorológica es proporcionada por la Oficina de Vigilancia del Aeropuerto Internacional de Carrasco, según esta especificado en el AIP.

**1.7.1 Situación sinóptica.**

La situación sinóptica de acuerdo a la carta de superficie de las 00:00 UTC del 18 de diciembre de 2013, suministrada por el Instituto Uruguayo de Meteorología (INUMET), era de un borde occidental de sistema de relativa alta presión cubriendo la zona este del país, mientras un frente frío se ubicaba al suroeste de nuestro territorio.

En la PRONAREA para la FIR Montevideo suministrada por el INUMET, con validez 03 – 15 UTC, confirma que la situación sinóptica sobre la carta de la 00:00 UTC era de un borde occidental de sistema de alta presión.

En la sección pronóstico de aeródromos de la PRONAREA para la FIR Montevideo se pronosticó que la visibilidad sería de 10 kilómetros temporariamente reducida por brumas y neblinas matinales al este de 8-5 kilómetros, los vientos del sector noreste al sureste 05-10 nudos y condiciones de cielo claro y algo nuboso, siendo las consideraciones de mayor nubosidad para la zona oeste y suroeste, no existiendo otros elementos de importancia que considerar.

En un sistema de alta presión, la distribución del campo de presión atmosférica se desarrolla de tal forma que en el centro del sistema la presión es mayor a la que existe a la misma altura a su alrededor. Estos sistemas de isobaras (líneas de igual presión atmosférica) cerradas tienen circulación de viento en sentido anti-horario, lo que provoca subsidencia del aire y favorece al tiempo estable.

La información de la carta sinóptica y de la PRONAREA determina que el sistema de alta presión no tendría la influencia de ningún elemento meteorológico que lo

afectara a excepción de las reducciones de visibilidad generadas por la humedad y estabilidad de la masa de aire.

### **1.7.2 Condiciones meteorológicas sobre el Aeródromo de Treinta y Tres.**

Para determinar las condiciones meteorológicas sobre el aeródromo de Treinta y Tres, es necesario precisar que el aeródromo no cuenta con oficina meteorológica. De acuerdo al AIP Uruguay en AD 2.16-11, se establece que no posee oficina meteorológica asociada.

Por una cuestión de proximidad, se cuenta con la información de la estación meteorológica de Treinta y Tres, que se encuentra en la ciudad aproximadamente 5 kilómetros al suroeste del aeródromo, y la misma comienza a funcionar a partir de las 10:00 UTC, lo que corresponde a las 08:00 horas local en período de cambio de horario (De acuerdo al Decreto del Poder Ejecutivo 1303/06 de fecha 4 de setiembre de 2006, el domingo 6 de octubre de 2013 a las 02:00 horas se procedió a efectuar el cambio de horario nacional adelantando una hora).

En cuanto a las condiciones meteorológicas sobre Treinta y Tres, se puede considerar que de acuerdo a los informes QAM producidos por la estación meteorológica de dicha ciudad y suministrados por el INUMET, a las 10:00 UTC, hora del primer informe meteorológico, el viento era de los 070° 5 nudos, la visibilidad de 800 metros por niebla (42 en tiempo significativo corresponde a niebla con cielo visible debilitándose) y la nubosidad de 4 octas de estratocúmulos a 400 metros y 2 octas de cirrus, temperatura 19,6°C, punto de rocío 18,6°C con 94 % de humedad relativa y presión de 1010.49 Hpa.

Analizando la secuencia de datos de la estación de Treinta y Tres y el resto de estaciones meteorológicas de la red nacional, se puede observar que la única estación que registró reducciones de visibilidad por niebla fue Treinta y Tres en su informe de las 10:00 UTC (primer informe), ya que para las 11:00 UTC la visibilidad era de 15 kilómetros sin fenómenos significativos. En general, la nubosidad que predominaba en la zona era nubosidad baja del tipo estratocúmulos en el orden de las 4 octas, la que se mantuvo en los informes de las 10:00, 11:00 y 12:00 UTC, elevándose en altura paulatinamente hasta la hora 13:00 UTC que se habría disipado.

Es necesario apreciar que las condiciones meteorológicas pueden variar significativamente en pocos kilómetros, y los datos expuestos con anterioridad corresponden a una estación meteorológica que no se encuentra en el aeródromo.

Por otra parte, la red nacional de estaciones meteorológicas no posee una densidad muy importante, por lo que encontramos datos de las estaciones más próximas que distan cientos de kilómetros, por lo tanto si bien ninguna estación estaba reportando fenómenos significativos de reducciones de visibilidad por niebla o neblina.

- Normalmente los pilotos de la empresa obtienen dicha información en base a los datos proporcionados por una estación meteorológica sita en las instalaciones de la empresa en el aeropuerto.
- El piloto se comunica con el equipo de apoyo para interiorizarse de cómo estaba la meteorología en el lugar donde debía operar a lo que le comunican que las condiciones eran muy buenas tanto en visibilidad horizontal como vertical.
- De acuerdo a las manifestaciones de testigos que estaban en el aeródromo a hora del suceso, las condiciones meteorológicas reinantes no eran las apropiadas para realizar un despegue debido a la presencia de niebla localizada y rastrera que estaba afectando el lugar. La visibilidad horizontal estaba en los 500 m y la visibilidad vertical de 30 a 50 m, cielo invisible, viento calmo, temperatura de 19° C, libre de precipitaciones.
- La presencia de nieblas matinales a esa altura del año era una condición normal debido al lugar donde está emplazado el aeródromo, las mismas estaban localizadas en un radio de 2 a 5 km donde generalmente es difícil predecir hasta que altura está comprendida la misma.
- A la hora del despegue no estaba en horario de funcionamiento la estación meteorológica distante a 5 Km del aeródromo.
- La presencia de la niebla en el lugar del accidente fue reconocida por un integrante de empresa propietaria de la aeronave, quien llegó al lugar a los 15 minutos de ocurrido el accidente.
- Condiciones de luz natural en la hora del accidente, eran de cielo invisible por niebla, la hora de la salida del sol fue a las 06:18, la posición del sol respecto a la dirección del vuelo era de 90° a la izquierda.

### **1.8 Ayudas para la navegación.**

La aeronave disponía de un equipo GPS para trabajos aéreos y otro para navegación.

No estaba certificada para vuelos IFR.

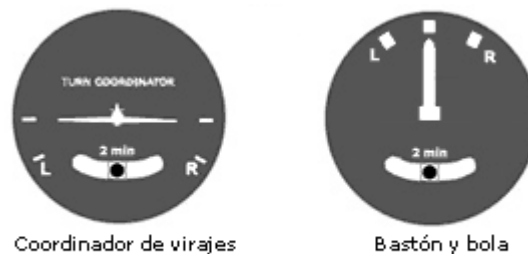
No poseía instrumento de Horizonte Artificial.





Foto perteneciente a la cabina del CX-CMC-R, el cual estaba equipado de manera idéntica al CX-QCH-R, como referencia de la actitud de vuelo el piloto cuenta solamente con un indicador de viraje y coordinación (círculo naranja).

INDICADOR DE VIRAJES. Como casi siempre la nomenclatura es amplia, a veces confusa y no siempre acertada. Al indicador de viraje también se le denomina indicador de inclinación, indicador de giro, o "bastón". Al indicador de coordinación de giro, se le denomina a veces inclinómetro, indicador de resbalos y derrapes, indicador de desplazamiento lateral, o "bola". Este instrumento era el único que le podía dar una muy reducida información o referencia de la actitud de la aeronave en vuelo. Por mas información ver ANEXO 1, donde se describe el sistema.



Coordinador de virajes

Bastón y bola

Fig.2.8.1 - Indicador de viraje y coordinación.

## 1.9 Comunicaciones.

No aplicable.

## 1.10 Información de aeródromo.

1.10.1 Las coordenadas del centro de pista del Aeropuerto Departamental de Treinta y Tres (SUTR) son 33°11'42"S 54°20'50"W

01-19 de 1070 m de largo x 38 m de ancho.

10-28 de 600 m de largo x 24 m de ancho.

Las pistas son de pasto.

Está ubicado a 5 Km al NE de la ciudad.

La ondulación geoidal en AD PSN ELEV es de 14 M<sup>1</sup>.

El tipo de tránsito permitido es VFR

Para extinción de incendio el AD cuenta con extintores manuales.

En caso de accidente cuenta con el apoyo de aeronaves de la Fuerza Aérea Uruguaya de respuesta inmediata, con personal de rescate de la misma fuerza, Personal de Bomberos y facultativos especializados en politraumatismos graves. La información meteorológica es proporcionada por la Oficina de Vigilancia del Aeropuerto Internacional de Carrasco.

### **1.11 Registradores de vuelo.**

No aplicable.

### **1.12 Información sobre los restos de la aeronave y el impacto.**

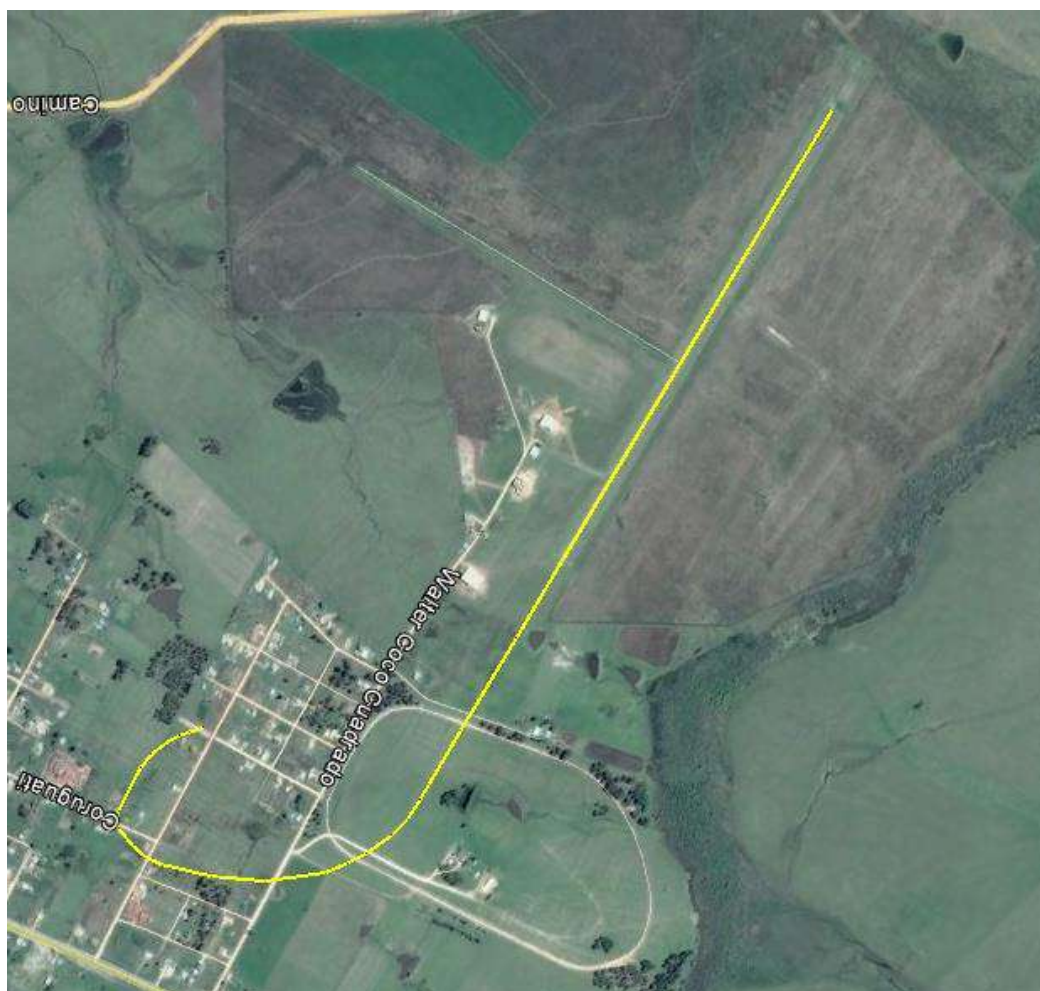
**1.12 .1** La aeronave toca violentamente con su ala derecha la superficie del terreno de una vivienda e inmediatamente enviste la cerca perimetral de concreto y tejido, con un rumbo de Norte aproximado, con un elevado ángulo de descenso cercano a los 40° y una inclinación muy pronunciada hacia la derecha, el impacto del ala derecha contra el muro de concreto hace que la aeronave gire e impacte violentamente contra el suelo.

La cerca afectada por la colisión era de mampostería de bloques de hormigón desde el piso hasta 0,78 metros de altura y malla de alambre desde los bloques hasta una altura de 1,00 metro y contaba como elementos estructurales portantes de sostén y refuerzo en la forma de columnas de mampostería de ladrillo de campo de 2,15 metros de altura con una separación de 5,90 metros entre ellas que no fueron afectadas por el impacto, lo que indica (conjuntamente con la huella

---

<sup>1</sup> Datos extraídos de la AIP AD 2.16.1 de fecha 01/12/2013

de impacto del ala derecha mencionada y el corte en una planta del terreno adyacente a la huella de impacto) que la aeronave accidentada, solo pudo producir los reducidos daños en la cerca, si al momento de la colisión con esta, volaba con su ala derecha baja en ángulo de 40/45° aproximadamente, con respecto al plano de tierra.



La línea amarilla muestra el posible recorrido de la aeronave desde que inició la carrera de despegue, hasta que impactó contra la superficie del terreno.



Foto 2. Se muestra el impacto del ala derecha primero contra el suelo (Círculo rojo) y luego contra el muro de concreto.

1.12.2 De acuerdo al relevamiento fotográfico realizado por Policía Científica unos 20 a 30 minutos posterior al accidente, en el mismo se aprecia la presencia de nieblas localizadas en los alrededores del lugar del accidente. Ver ANEXO 2

### **1.12.3 Examen del motor de la aeronave.**

De acuerdo a las pericias realizadas al mismo por, el Servicio de Investigación de Accidente e Incidentes de Pratt and Whitney (fabricantes del motor) y Técnicos de la Comisión Investigadora, concluyó que el mismo al momento del accidente estaba entregando energía a un alto régimen de potencia. Se apreció que el mismo no mostraba evidencias de daños o indicios de mal funcionamiento antes del impacto con la superficie del terreno.

1.12.4 Listas de comprobación al momento del despegue, dicen que el piloto debe prestar atención a los parámetros del motor y realizar el ajuste de 2.100 RPM.

### 1.13 Información médica y patológica.

1.13.1 De acuerdo a la autopsia realizada al cuerpo del piloto por el médico forense, el mismo "...En la morgue local, al examen externo: cuerpo de masculino con quemaduras generalizadas intensas, generalizadas, amputación y pérdida de extremidades en cuatro miembros, ambas piernas con exposición ósea hasta la rodilla y pulverización ósea, se calcula exposición al calor y fuego de mayor intensidad por tipo de lesiones en miembros inferiores alcanzando una temperatura estimada en torno a 600-800°C, carbonización generalizada hasta el cráneo, ambas extremidades superiores en posición de semiflexión y defensa, denotando la vitalidad de la víctima durante la exposición al fuego.

Cráneo: no elementos de fractura, en macizo facial, se constata boca abierta y protrucción lingual; Tórax: quemaduras intensas hasta costillas y carbonización ósea, fracturas costales por contusión directa sobre parrilla costal a nivel de 3er. costilla hemitórax derecho; 3, 4, 6 y 7ma. costillas de hemitórax izquierdo, corazón: con gran contusión cardíaca y a nivel de aorta ascendente con laceración y hemorragia, pulmones: edematosos y congestivos; Abdomen: protrucción visceral a nivel de región umbilical.

Al examen interno: cráneo sin particularidades, tórax: gran contusión en región cardíaca con rotura y laceración de aorta ascendente y hemorragia interna, congestión edematosa en ambos pulmones; abdomen: gran laceración hepática a nivel de 4º y 5º lóbulo; estómago; contenido gástrico sin elementos anormales, resto sin particularidades.

Se estima que la muerte sobrevino como consecuencia de la explosión al fuego y sus altas temperaturas.

Se extrajo sangre venosa de aurícula para toxicología (alcohol, sicofármacos, plaguicidas, drogas).

En suma: fallecimiento por Siniestro aéreo.

Precipitación.

Carbonización. Paro cardio-Respiratorio."<sup>2</sup>.

1.13.3 La relación de las lesiones y vestigios patológicos a las fuerzas de deceleración con respecto a la actitud de la aeronave en el momento del impacto no pudieron ser evaluadas al igual que el diseño de los asientos y medios de sujeción, debido a que la magnitud del incendio consumió la mayor parte de la aeronave.

1.13.4 De acuerdo al examen toxicológico "...La cantidad de sangre remitida resultó insuficiente para la realización de otros análisis. Para screening toxicológico deben remitirse no menos de 20 ml. de muestra de sangre, en recipiente hermético, refrigerado a 4°C hasta el momento de entrega de la muestra al Laboratorio. Debe remitirse además muestra de orina para screening de metabolitos urinarios de drogas y sicofármacos".

---

<sup>2</sup> INFORME FORENSE

### **1.14 Incendio.**

De la inspección visual, realizada a la aeronave después de la extinción del fuego, no se detectaron indicios de la existencia de fuego con anterioridad al impacto, quedando claro sí como punto de origen del fuego el sector del ala derecha con su unión al fuselaje y proximidades a la cabina. Esta sección de la aeronave fue la que impactó contra el muro de concreto y el hecho de estar contenido dentro del ala, los tanques de combustible hicieron que el correspondiente al ala derecha el cual fue el que tomó contacto violento con el muro, hizo que el calor y la temperatura del motor originaran el fuego.

El agente de extinción utilizado para sofocar el fuego fue agua altamente presurizada (aprox. 1000 litros), resultando ésta la indicada y apropiada para el tipo de combustible involucrado.

El tiempo transcurrido entre la alerta al Destacamento de Bomberos y su arribo al lugar fue de 10 minutos.

El tiempo transcurrido desde el arribo de los Bomberos y el ataque al fuego fue menos de un minuto.

El fuego se limitó al entorno de los restos de la aeronave y el pastizal que había en ese lugar.

No existieron dificultades de acceso al lugar del siniestro ni para el emplazamiento del ataque (despliegue de mangueras, equipos de extinción y salvamento).

De acuerdo a los testigos se escucharon dos explosiones, la primera posiblemente fue cuando la aeronave embiste el muro de concreto y la segunda cuando toma fuego el tanque de combustible del ala derecha.

### **1.15 Supervivencia.**

Al arribo al siniestro de la dotación de Bomberos interviniente, se constató en los restos de la cabina al único ocupante del aeronave ya sin vida, envuelto totalmente por fuego su cuerpo, no pudiéndose constatar que el mismo tuviera puesto cinturón de seguridad u otro elemento de retención al ser retirado de su habitáculo, como así tampoco que usara casco por las consecuencias del incendio.

Se encontró el casco del piloto a una distancia aproximada de 1 metro o más de su cuerpo.

De acuerdo al relevamiento fotográfico de la Policía Científica, se puede afirmar la presencia de nieblas y neblinas después del accidente.

No se determinó si la cabina estaba abierta o cerrada por la destrucción sufrida por el fuego.

La notificación del accidente a los servicios de emergencia, fue inmediatamente de que el personal del aeropuerto escuchara las explosiones y el tiempo de respuesta fue de aproximadamente 10 minutos.

## **1.16 Ensayos e investigaciones.**

**1.16.1** La **silla de Barany** o **silla de Bárány**, llamado para el fisiólogo húngaro Robert Bárány, son un dispositivo usado para la fisiología aeroespacial en la formación, en particular para alumnos pilotos que realizan sus primeros vuelos. La persona se coloca en la silla, con sus ojos vendados, luego se lo hace girar sobre el eje vertical donde se pide que la persona vaya moviendo la cabeza hacia los lados e inclinándola. Luego de unos momentos se le pide realizar tareas tales que determinen su dirección de la rotación o intentar señalar un objeto inmóvil luego que la silla para de girar.

La silla es usada para demostrar los efectos de la desorientación espacial, demostrando que no deben confiar en el sistema vestibular en el vuelo y que deberían confiar en la indicación de sus instrumentos de vuelo.

Se cita en este informe para que se tenga una idea de lo fácil que un piloto se puede desorientar en segundos, especialmente cuando se vuela con una aeronave que no cuenta siquiera con un horizonte artificial como referencia a la actitud de vuelo.

El dispositivo también se usa en el mareo para su terapia.

Bárány usó este dispositivo en su investigación del papel del oído interior en el sentido del equilibrio, que le ganó el Premio Nobel de 1914.

### **1.16.2 ¿Qué es la Desorientación espacial?**

En la aviación, la desigualdad entre lo que nosotros percibimos y lo que nosotros esperamos es una ilusión. Dicho en otros términos, sería la diferencia entre la percepción y la realidad. Este fenómeno que ocurre como consecuencia de una apreciación incorrecta de la posición, movimiento u orientación, en relación a los tres planos del espacio, es lo que denominamos Desorientación Espacial.

Podemos distinguir dos formas de desorientación:

- Tipo I. El piloto no aprecia o reconoce estar desorientado. Será la más peligrosa para la seguridad del piloto y de la aeronave, ya que puede basar el control de su aeronave en una percepción errónea.

- Tipo II. El piloto sufre un conflicto entre lo que le dicen sus sentidos y la información que obtiene de los instrumentos del avión. Es la más común y se resuelve con satisfacción ya que el piloto está entrenado para reconocer que sus sentidos le pueden engañar.

Las ilusiones pueden ocurrir durante todas las fases del vuelo por lo que el piloto debe ser consciente de la posibilidad de interpretar mal la información recibida, ya que no depende de que tenga una gran experiencia. Las ilusiones pueden afectar a todos nuestros sentidos pero los que particularmente conciernen a la aviación son aquéllos que afectan al órgano de la visión (en aviación sería el sentido más fiable) y las que afectan a los órganos del equilibrio, en el oído medio.

En vuelo, las indicaciones que se reciben son las de la propia aeronave y su entorno. Estas señales van a verse afectadas por las aceleraciones lineales y angulares a las que el piloto se ve sometido, así como por la ausencia de otras señales que, por razones ambientales (meteorología) o de otro tipo, no se llegan a recibir a través del aparato visual.

### **1.16.3 Incidencia de la Desorientación.**

A pesar de los esfuerzos en prevención, el coste sigue siendo muy alto, tanto en vidas humanas, como en número de aeronaves perdidas.

“La incidencia de desorientación espacial en la aviación comercial es la tercera causa por su relevancia en los accidentes inevitables: el 16 % de los mismos se da en condiciones nocturnas o de mala meteorología. En el 90 % de los accidentes en los que se describen fenómenos de desorientación espacial, hay pérdidas humanas. En el 45 % son en las fases de vuelo de aproximación y aterrizaje”<sup>3</sup>.

### **1.16.4 Factores vinculados con el vuelo.**

Esencialmente vinculados con la experiencia del piloto a volar en condiciones visuales o instrumental. Experimentarán bastante más desorientación espacial aquellos pilotos que no estén familiarizados con el vuelo instrumental.

### **1.16.5 Factores Humanos.**

La selección del piloto es muy importante debido a las diferencias individuales que hacen a un piloto estar más o menos predispuesto a padecer desorientación. La aptitud psicofísica es decisiva. Va a llevar al piloto a ser baja temporal o definitiva dependiendo del proceso agudo o crónico que padezca. Errores de percepción y atención focalizada se intensificarán cuando confluyan circunstancias como ansiedad, miedo, fatiga, exceso de trabajo, etc.

---

<sup>3</sup><http://www.hispaviacion.es/desorientacion-espacial/>



Cualquier sustancia que tenga efectos sobre el sistema nervioso central (SNC) puede disminuir la capacidad cognitiva del piloto, y consecuentemente aumentar los fenómenos de desorientación espacial. El alcohol, debido a que inhibe el Sistema Nervioso Central, puede promover las ilusiones tanto vestibulares como visuales. El entrenamiento. El uso de entrenadores como la silla de Barany, el Vertífigo y el Vertigón, o aquellos que permiten la estimulación en los tres planos del espacio como el Gyrolab, serán indispensables en la prevención de la desorientación espacial.

Por más información de desorientación espacial referirse al ANEXO 3



### **1.17 Información sobre organización y gestión**

1.17.1 La empresa propietaria de la aeronave accidentada es titular de dos aeronaves Air Tractor AT 502B (CX-QCH-R y CX-CMC-R).

1.17.2 La empresa cuenta con la respectiva habilitación de la DINACIA para realizar trabajos de aeroaplicación.

1.17.3 El mantenimiento de la aeronave era realizado por la propia empresa propietaria, la cual cuenta con un TAR habilitado y siguiendo las exigencias y regulaciones previstas por el fabricante.

1.17.4 La empresa está en proceso de certificación para obtener su Certificado de explotador de servicios aéreos (AOC) de acuerdo a la nueva reglamentación de la autoridad aeronáutica. Al momento del accidente se encontraba en la primera fase.

1.17.5 RAU 137 (Revisión 1 del 1/set/2013) es el que regula las Operaciones de aeronaves Agrícolas, donde se pueden ver los siguientes detalles que se aplicarían a la investigación de este accidente como ser:

RAU 137.1 (b) Todas las operaciones conducidas bajo este RAU deberán efectuarse exclusivamente en condiciones VMC.

RAU 137.13 Calificaciones del personal responsable para las operaciones aeroagrícolas

RAU 137.23 (b) excepto durante el trabajo específico de aplicación y durante la partida y aterrizaje en áreas de operación eventual, toda la operación aérea se ajustara a las disposiciones del RAU 91, publicado en Página Web: [dinacia.gub.uy](http://dinacia.gub.uy) – RAU 137 Revisión 1.

## 1.18 Información adicional.

1.18.1 El entrenamiento fisiológico constituye uno de los pilares básicos de la Medicina Aeronáutica siendo un medio indispensable para enseñar a las tripulaciones aéreas los problemas que desde un punto de vista medioambiental pueden poner en serio riesgo su vida, en su interrelación con el medio inmediato que les rodea, y en base a los elementos de protección de que disponen para contrarrestarlos (equipos de soporte de vida personales y de la propia aeronave).

En las Unidades de entrenamiento Fisiológico, se pretende, por tanto, el entrenamiento y reentrenamiento de las tripulaciones aéreas en áreas de interés fisiológico para el vuelo tales como Desorientación Espacial, Aceleraciones e Hipoxia.

Los medios que se utilizan para el entrenamiento fisiológico de las tripulaciones aéreas son:

- La Cámara de Baja Presión o Hipobárica
- Las unidades de Desorientación Espacial (Silla de Barany y Vertífono) y
- La Centrífuga Humana.

1.18.2 Un informe que suple a la Advisory Circular N°60 4A de la Federal Aviation Administration FAA, es muy clara y contundente respecto a la desorientación espacial que le puede ocurrir a los pilotos en vuelo y cuáles son las acciones recomendadas para poner en práctica.

## 2. ANÁLISIS

**2.1 Generalidades.** Para desarrollar el análisis del accidente, vamos a tener en cuenta ciertos acontecimientos que luego de sumarlos nos dan las claves del porqué ocurrió el mismo.

2.1.1 Aeronave. Era una de las más grandes y modernas que había en nuestro país, la cual estaba habilitada para trabajos de aeroaplicación, no teniendo equipamiento y habilitación para vuelos IFR.

2.1.2 Aeródromo. No tiene controlador, sus operaciones son visuales y la información meteorológica es proporcionada por la Oficina de Vigilancia de SUMU, donde a su vez la presencia de niebla/neblina en el lugar era notoria y obligaba a retrasar la partida de las aeronaves.

El lugar donde tendría que realizar el trabajo estaba a 40 km y por la información que le prestó el equipo de apoyo las condiciones eran totalmente visuales y adecuadas para la operación de la aeronave según los mismos.

2.1.3 Operación de la aeronave. De acuerdo a la Reglamentación Aeronáutica Uruguay (RAU`s), la operación está regida por el RAU 137 Operaciones de Aeronaves Agrícolas (Revisión 1) del 1/9/2013, donde establece que todas las operaciones conducidas bajo este RAU deberán efectuarse exclusivamente en condiciones VMC (RAU 137.1 (b)), donde la figura del Responsable General toma parte en el hecho de asegurar de que todo el personal cumpla con los requisitos especificados de este RAU 137.

Queda especificado también en el RAU 137.23 (b) que, excepto durante el trabajo específico de aplicación y durante la partida y aterrizaje en áreas de operación eventual, toda la operación aérea se ajustará a las disposiciones del RAU 91.

El hecho de no haber ningún responsable de la empresa, al momento para supervisar la operación del despegue, para dirigirse al área eventual de trabajo, dejó en manos del piloto al mando toda la responsabilidad (aunque la decisión final sea de este) la decisión de salir en las condiciones reinantes en ese momento, dando lugar a una pobre evaluación de la meteorología.

De acuerdo a las investigaciones realizadas no se encontró que la operación fuera llevada a cargo por presiones de trabajo, planificaciones o compromisos del piloto o la aeronave en ese día.

Todos los vuelos de aeroaplicación se realizan siempre VFR, lo que implica que el piloto al mando debe poseer licencia de vuelo comercial y tener habilitación de piloto aeroaplicador, se le exime de tener habilitación de vuelo por instrumentos, donde surge que el mismo no renovaba dicha habilitación desde hacía 8 años.

2.1.4 Mantenimiento de la aeronave. De la documentación de la aeronave no surge ninguna evidencia de irregularidades en su mantenimiento, así como tampoco de las pericias realizadas al motor y su hélice, donde se confirma que la aeronave impactó con la superficie del terreno con los mismos a plena potencia.

2.1.5 Sobrevivencia. Se estimó que la sobrevivencia del piloto al mando no fue posible producto de la consecuencia de la explosión al fuego y a sus altas temperaturas.

La dotación del Cuerpo de Bomberos y todos los servicios de emergencia actuaron eficazmente en tiempo y forma gracias a que los testigos que estaban en el aeropuerto dieron cuenta rápidamente del hecho a las autoridades, lo que a pesar de los tiempos que insumió su llegada al lugar del hecho no pudo rescatar al piloto por la magnitud que había tomado el incendio.

2.1.6 Factores Humanos. Tal cual como lo demuestran las marcas y daños ocasionados por la aeronave en tierra y el poco tiempo de vuelo inmerso en la niebla, dan la pauta de que pudo existir una desorientación espacial por parte del piloto al mando, el cual al no tener ninguna referencia del horizonte y datos visuales de la superficie del terreno, inmediatamente se desconcertó de la actitud real que llevaba, lo cual es demostrable en las pruebas que se realizan con la silla de Barany.

La desorientación espacial y sus acciones correctivas están muy bien detalladas en el estudio realizado por la FAA respecto a este tema y es muy importante que todos los pilotos tengan conocimiento de ella, donde hay situaciones o factores contribuyentes en las cuales nadie piensa que pueden afectar una situación de desorientación espacial como ser el reflejo de las luces exteriores, la luz del sol a través de la nubes o niebla, el reflejo de las luces de anticollisión o las estrobos, etc. ANEXO 3

2.1.7 Por lo expuesto, la Comisión Investigadora entiende que los factores humanos jugaron un rol fundamental en el desarrollo del accidente, al momento de tomar la decisión de realizar un vuelo cuando las condiciones meteorológicas no eran las apropiadas por presencia de bancos de niebla en el aeropuerto de salida.

2.1.8 El factor medio ambiente. Tuvo su incidencia contribuyente en cuanto a la presencia de la niebla, la cual era muy común que se desarrollara en esa época del año, especialmente por el lugar donde se encuentra físicamente el aeropuerto, donde lo oportuno es esperar un lapso prudente de tiempo para esperar que las mismas se disipen y realizar la operación de forma segura de acuerdo al equipamiento y habilitación de la aeronave, por lo que hubo una pobre evaluación de las condiciones meteorológicas.

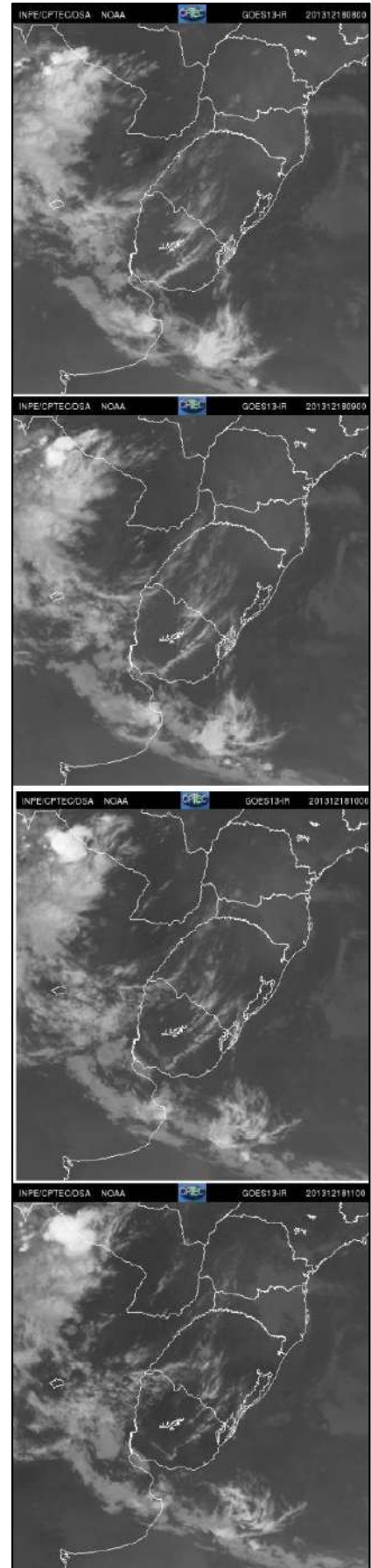
## 2.2 Análisis Meteorológico.

### 2.2.1 Análisis de imagen satelital GOES-13:

La secuencia de imágenes satelitales del GOES-13 que se exponen a la derecha, corresponde al período de las 06:00 a las 09:00 Local (siendo la de las 06:00 la superior y la de las 09:00 la inferior), las mismas son imágenes satelitales infrarrojas (IR), tomadas utilizando el canal infrarrojo, y son capaces de determinar la radiación IR en un mapa térmico asociado a las superficies representadas en una escala de grises.

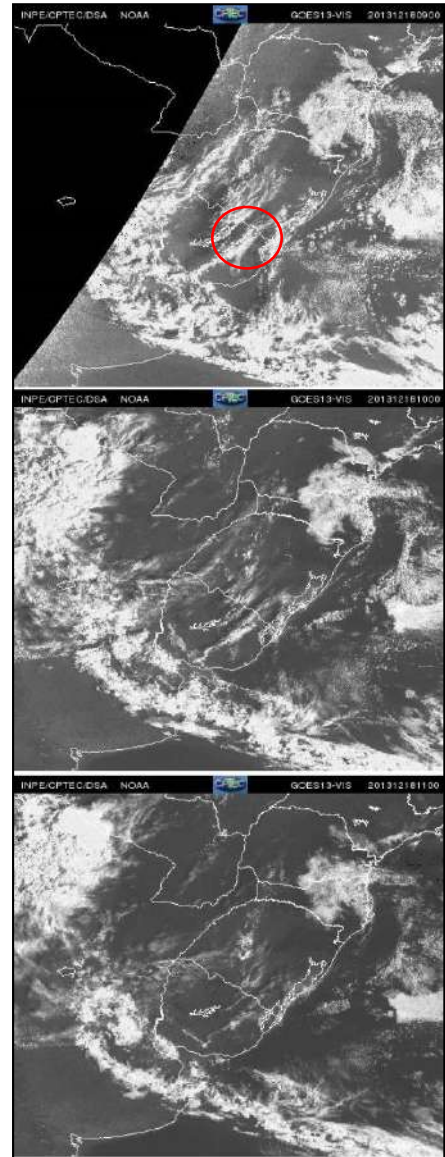
Realizando un análisis de las mismas, se observa que para las 06:00 Local, en el este del país se encontraba alguna zona con colores gris tenue, lo que podría corresponder a niebla y nubosidad baja, que paulatinamente comenzaba a atenuarse cambiando levemente su color y forma.

Obsérvense las diferencias entre la primer imagen IR de las 06:00 y la última correspondiente a las 09:00 Local obtenidas por el satélite GOES-13.



A los efectos de observación, se expone una secuencia de imágenes satelitales en canal visible del satélite GOES-13. La misma corresponde al período entre las 07:00 y las 09:00 Local (Figura de la derecha) y se observa que para las 07:00 Local (foto superior) todavía se encontraba una zona gris tenue que podría corresponder a niebla y nubosidad baja que paulatinamente va atenuándose y cambiando de forma.

Cabe resaltar que a los efectos de observar el fenómeno de niebla y la nubosidad baja del tipo estratiforme, las imágenes en el canal visible son las más utilizadas, ya que al ser su temperatura muy similar a la de la Tierra el infrarrojo no suele detectarlas.



### 2.2.2 Análisis de otra información meteorológica suministrada:

En cuanto a los TAF (pronóstico de aeródromo) suministrados por el Instituto de Meteorología, los mismos corresponden a los aeropuertos de Carrasco, Laguna del Sauce, Colonia, Adami, Durazno, Salto y Rivera, por lo que para los efectos de la investigación no aportan elementos que puedan ser utilizados.

Lo mismo en cuanto a la información METAR suministrada por el INUMET, ya que corresponden al aeropuerto de Carrasco.

### **2.2.3 Análisis del video del despegue y fotos de la aeronave siniestrada:**

En base al análisis del video realizado por otros pilotos desde el aeródromo de Treinta y Tres, en el que presuntamente se muestra la filmación del despegue de la aeronave CX-QCH-R, se puede precisar que desde el punto de vista de los parámetros meteorológicos, el mismo ofrece algunos elementos a considerar y cotejar con la información meteorológica existente.

Si bien no se puede realizar fehacientemente una apreciación de distancias que determine la visibilidad y techo de nubes presentes, es claro el hecho de que existe un oscurecimiento que se incrementa hacia el sector suroeste – sur del aeródromo.

Este oscurecimiento, en primera instancia es debido a que para ese día se esperaba una salida de sol aproximadamente para las 06:18 horas, y considerando que la aeronave decoló aproximadamente a las 06:08 horas local, se encontraba en el período de crepúsculo, por lo que es de esperarse una mayor iluminación hacia el sector este del aeródromo. De acuerdo al plano del aeródromo, la aeronave se dispuso a decolar de pista 19, hacia la cabecera de pista 19 se encuentra el sector norte, hacia la izquierda de la pista en sentido de despegue se encuentra el sector este y hacia la cabecera opuesta de pista 01 se encuentra el sector sur.

Por otra parte, si bien la apreciación de distancias puede verse distorsionada y no ser certera, es de observarse un oscurecimiento debido a la presencia de hidrometeoros. Estos hidrometeoros en apariencia generan reducciones de visibilidad por niebla o neblina, ya que en la visualización del entorno los objetos preponderantes como árboles y luces se observan con apariencia distorsionada. Por otra parte se observa también la presencia de nubosidad baja, ya que la aeronave posterior al despegue ingresa en zona nubosa perdiendo la nitidez y posteriormente su visualización. No se puede estimar la cantidad de cielo cubierto ya que la filmación abarca la zona norte, este y sur.

Pero sí se puede determinar que hacia estos sectores no se observa en apariencia porción de cielo sin nubes.

Por definición la niebla y neblina poseen ambos fenómenos el mismo proceso de formación y disipación y básicamente están compuestas por gotitas de agua en suspensión, la diferencia entre ellas radica en la cantidad de gotitas de agua

presentes, ya que la niebla restringe la visibilidad a menos de 1 kilómetro, y con neblina la visibilidad es superior a 1 kilómetro. Si bien no se puede determinar la visibilidad reinante en el aeródromo, se entiende que en el caso de existir neblina, la visibilidad no sería muy superior a un kilómetro.

Otro de los elementos que se pueden apreciar con la filmación observando el cono de viento, es la presencia de viento prácticamente calmo o suave con una intensidad que oscilaba entre la calma y unos 2 a 5 nudos.

Por otra parte y analizando las fotografías de la aeronave siniestrada tomadas por técnicos de Policía Científica unos 20 a 30 minutos posterior al accidente (Anexo 2), se observa que para ese momento, alrededor de las 06:40 horas local, todavía existían en la zona reducciones de visibilidad notorias.

Cotejando la información del video del despegue y las fotos de la aeronave siniestrada con la información meteorológica disponible, se puede determinar que es muy probable la existencia en la zona del aeródromo y sus alrededores de reducciones de visibilidad por niebla o neblina y nubosidad baja, ya que para las 08:00 horas local, hora del primer informe de la estación meteorológica ubicada a unos 5 kilómetros del aeródromo, el mismo cifraba vientos de los 070° con 05 nudos, con 800 metros de visibilidad horizontal y nubosidad baja a 400 metros, condiciones presentes aproximadamente 1 hora y media posterior al siniestro.

Por otro lado y cotejando la información con las imágenes satelitales, en las mismas se presentaba apariencia de tonalidades con características de niebla y nubosidad baja, que paulatinamente comenzaba a atenuarse cambiando levemente su color y forma a medida que se avanzaba en el tiempo, lo que se confirma con el informe de la estación meteorológica de Treinta y Tres que cifraba 1 hora después visibilidad de 15 kilómetros y sin fenómenos de tiempo significativo.



### 3. CONCLUSIONES

La aeronave contaba con su Certificado de Aeronavegabilidad vigente al día del accidente.

El mantenimiento de la aeronave era el adecuado según las especificaciones del fabricante de la misma.

El motor al momento del accidente estaba entregando energía a un alto régimen de potencia. Se apreció que el mismo no mostraba evidencias de daños o indicios de mal funcionamiento antes del impacto con la superficie del terreno.

De acuerdo a su equipamiento, la aeronave estaba habilitada solo para vuelos VFR.

Como referencia para el vuelo, tenía un instrumento de coordinación de viraje y no poseía horizonte artificial.

No se habían reportado novedades de mantenimiento, no había ningún vestigio de falla de la célula o de mal funcionamiento de los sistemas antes del accidente.

El peso y centro de gravedad de la aeronave estaban dentro de los límites prescritos.

El piloto al mando estaba debidamente habilitado por la Autoridad Aeronáutica para operar la aeronave accidentada.

No poseía habilitación para volar vuelos IFR desde el año 2005.

La empresa propietaria estaba en la primera fase del proceso de recertificación, para obtener su Certificado de explotador de servicios aéreos (AOC), de acuerdo a la nueva reglamentación de la DI.N.A.C.I.A.

La operación del aeropuerto donde despegó la aeronave solamente es VFR.

Se consideró inapropiada la decisión de realizar el despegue debido a la presencia de niebla/neblina en el aeropuerto, dando lugar a una pobre evaluación de la meteorología.

Del análisis de todo lo expuesto en conjunto, se puede determinar que hubieron elementos de las condiciones meteorológicas que afectaron los resultados, ya

que existían condiciones meteorológicas marginales que podrían haber tenido influencia en la percepción espacial del piloto de la aeronave.

La desorientación espacial del piloto al mando al entrar en el manto niebla pudo haber motivado el accidente, favoreciendo el hecho de llevar las luces estroboscópicas encendidas.

Los factores humano y medio ambiente fueron los desencadenantes directos del accidente.

La aeronave resultó destruida producto del impacto con un muro lindero de concreto en primera instancia y luego por el incendio generado posteriormente.

Los servicios de emergencia actuaron en tiempo y forma.

### **3.1 Causa probable**

Probable desorientación espacial del piloto al mando, al pretender realizar un despegue en un aeródromo de operación visual que se encontraba en condiciones de operación instrumental por presencia de niebla, cuando la aeronave estaba habilitada solo para vuelos VFR.

### **3.2 Causa endémica**

No ceñirse a las Reglamentaciones Aeronáuticas Uruguayas.

## **4. RECOMENDACIONES SOBRE SEGURIDAD**

### **4.1 Para Empresas de Aeroaplicación**

Todas las operaciones en aeroaplicación y tal cual está estipulado en el RAU 137 Operaciones de Aeronaves Agrícolas (Revisión 1) del 1/9/2013, donde establece que todas las operaciones conducidas bajo este RAU deberán efectuarse exclusivamente en condiciones VMC, RAU 137.23 (b) dice que, excepto durante el trabajo específico de aplicación y durante la partida y aterrizaje en áreas de operación eventual, toda la operación aérea se ajustará a las disposiciones del RAU 91.

## **4.2 A la DINACIA**

La prevención de accidentes está a cargo de su Departamento de Seguridad Operacional, por lo tanto es necesario que se organicen seminarios, talleres, conferencias acerca de una de las causas más importantes en la ocurrencia de accidentes de aviación, tanto a nivel nacional como internacional, como lo son la Desorientación Espacial y la pérdida de la Conciencia Situacional.

Sólo los pilotos militares pasan por la experiencia de la prueba de la desorientación espacial cuando se les realizan en laboratorios del exterior. Sería importante que los pilotos civiles tuvieran esa oportunidad de experimentar dichas pruebas a fin de prevenir que la experiencia de desorientarse en vuelo y no la tengan que padecer como experiencia en un vuelo real.

### **A la DINACIA**

Chequear que la antena que se encuentra a un kilómetro de distancia al sur del aeródromo, en prolongación de pista 19, en posición aproximada S 33°12'37.87", W 54°20'36.64", no interfiera en la operación de la pista 19-01. Y de ser así tomar las medias que correspondan.

## **4.3 A los propietarios de aeronaves tipo Air Tractor 502 B y similares**

Es importante que sus pilotos estén debidamente capacitados para volar dicho modelo de aeronave, que tengan la adaptación y el entrenamiento adecuado para poder desempeñarse con total seguridad.

Existen cursos dictados por el propio fabricante de la aeronave donde se profundiza la operación tanto de la aeronave así como su motor. Es una inversión en seguridad y confianza para el piloto que debe operar este modelo de aeronaves.

## ANEXO 1

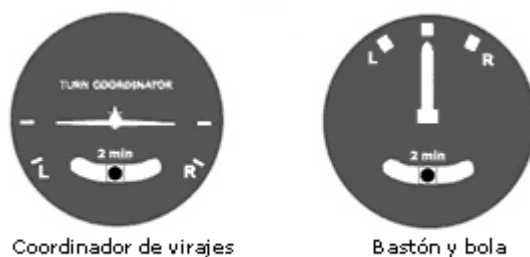
### 1.8.1 INDICADOR DE VIRAJE/COORDINACIÓN

Este aparato consta realmente de dos instrumentos independientes ensamblados en la misma caja: el indicador de viraje y el indicador de coordinación de viraje.

Este fue uno de los primeros instrumentos usados por los pilotos para controlar un aeroplano sin referencias visuales al suelo o al horizonte. El indicador de viraje tenía la forma de una gruesa aguja vertical o "bastón" y el indicador de coordinación consistía en una bola dentro de un tubo, recibiendo por ello la denominación de "bola". Al conjunto del instrumento se le denominaba "bastón y bola".

Hoy en día el indicador de viraje tiene la forma del perfil de un avión en miniatura, y el indicador de coordinación sigue teniendo la misma presentación mediante una bola. El instrumento en su conjunto recibe el nombre de coordinador de giro (turncoordinator), aunque la denominación coloquial "bastón y bola" se sigue empleando de forma indistinta, puesto que ambos instrumentos muestran la misma información pero de forma diferente.

Como casi siempre, la nomenclatura es amplia, a veces confusa y no siempre acertada. Al indicador de viraje también se le denomina indicador de inclinación, indicador de giro, o "bastón". Al indicador de coordinación de giro, se le denomina a veces inclinómetro, indicador de resbales y derrapes, indicador de desplazamiento lateral, o "bola".



**Fig.2.8.1 - Indicador de viraje y coordinación.**

### 1.8.2 **Velocidad angular de viraje.**

Por velocidad angular de viraje o ratio de viraje se entiende el número de grados por segundo que gira el avión sobre un eje vertical imaginario. Si para realizar un giro de  $90^\circ$  se tardan 30 segundos, la velocidad angular o ratio de viraje es de  $3^\circ$  por segundo ( $90^\circ/30''=3^\circ$  p/segundo).

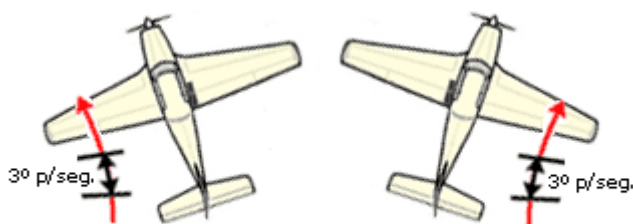


Fig.2.8.2 - Velocidad angular o ratio de viraje.

### 1.8.3 Indicador de viraje.

El indicador de viraje, en forma de avión miniatura o de "bastón", muestra si el avión está girando, hacia qué lado lo hace y cuál es la velocidad angular o ratio del viraje.

Otra función del indicador de viraje consiste en servir como fuente de información de emergencia en caso de avería en el indicador de actitud (horizonte artificial), aunque este instrumento no dé una indicación directa de la actitud de alabeo del avión. Conviene tener claro que el horizonte artificial señala la inclinación (alabeo) del avión en grados mientras que el bastón indica en grados el régimen de viraje: son dos cosas distintas.

Su funcionamiento se basa en la propiedad giroscópica de precesión.

Este instrumento está constituido por un giróscopo, cuyo rotor es accionado por el sistema de vacío (girosucción) o eléctricamente. El giróscopo se monta por lo general en un ángulo de 30°, de forma semirrígida, lo cual le permite girar libremente sobre los ejes lateral y longitudinal, pero teniendo restringido el giro alrededor del eje vertical. Un muelle acoplado al giróscopo mantiene a este vertical cuando no se le aplica ninguna fuerza deflectiva. En algunas ocasiones, este muelle es ajustable para permitir la calibración del instrumento para una determinada tasa de giro. Adicionalmente, un mecanismo de amortiguación impide las oscilaciones excesivas del indicador.

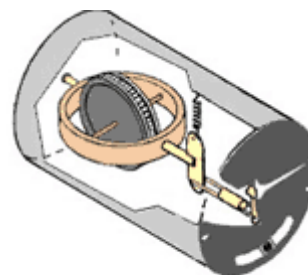


Fig.2.8.3 - Coordinador de viraje.

Cuando el aeroplano gira alrededor de su eje vertical, la deflexión aplicada al giróscopo hace que este precesión, lo cual se traduce en el movimiento del indicador, es decir que el avión en miniatura que aparece en el dial del instrumento se ladee hacia la izquierda o hacia la derecha. A medida que la tasa de giro se incrementa también lo hace la fuerza de precesión. Cuanto más rápido sea el viraje, mayor será la precesión y el ladeo del avión miniatura.



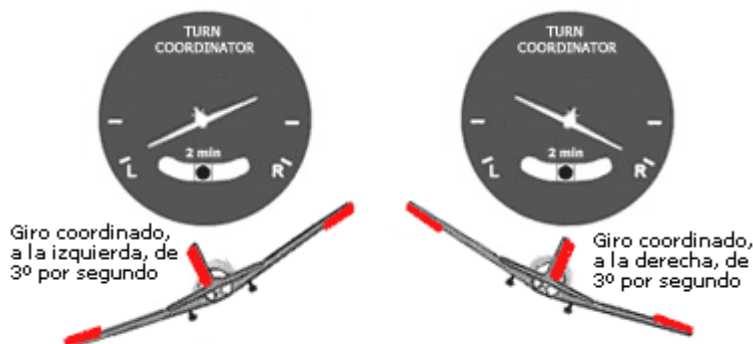
**Fig.2.8.4 - Funcionamiento del indicador de viraje.**

En el dial del instrumento, además del avión miniatura o el bastón, hay una marca central vertical en el caso del bastón o dos marcas centrales horizontales en el caso del coordinador, y en ambos casos una marca a cada lado con las letras **L** (Left=Izquierda) y **R** (Right=Derecha) respectivamente. Si el avión gira a la izquierda, el bastón se desplazará hacia la marca de la izquierda (L) o el avioncito se ladeará hacia la marca de ese lado; si el viraje es a la derecha, sucederá lo mismo respecto a la marca de la derecha (R).

Hay dos tipos de indicador de viraje: de 2 minutos y de 4 minutos. Esto quiere decir que un giro de 360° requiere 2 minutos para completarse, o lo que es lo mismo el avión gira a una tasa de 3° por segundo (360°/120 segundos). De la misma manera, en el indicador de 4 minutos, la tasa de giro sería de 1,5° por segundo (360°/240 segundos).

#### 1.8.4 Lectura del indicador de viraje.

Cuando las alas del avión en miniatura se alinean con las pequeñas líneas junto a la "L" ("izquierda") o la "R" ("derecha"), esto significa que el avión tiene una velocidad angular de viraje estándar, que suele ser de 3° por segundo (en un coordinador de viraje de 2 minutos); como se ha dicho antes, esto implica que el avión realizará un giro de 360° grados en 2 minutos, o de 180° en 1 minuto, etc.



**Fig.2.8.5 - Lectura del indicador de viraje.**

Para mantener un giro coordinado a una tasa determinada, se requiere un ángulo de alabeo que dependerá de la velocidad. Obviamente, no es lo mismo realizar un giro de 3° por segundo a una velocidad de 90 nudos que a una velocidad de 200 nudos. Para mantener una misma velocidad angular o tasa de viraje, a mayor velocidad del avión mayor será el ángulo de alabeo requerido.

Por esta razón, el régimen normalizado de viraje en aviones ligeros suele ser de 2 minutos ( $3^\circ$  por segundo) mientras que en aviones grandes o que desarrollan altas velocidades, el régimen normalizado suele ser de 4 minutos ( $1,5^\circ$  por segundo) para evitar precisamente ángulos de alabeo demasiado pronunciados. Otro detalle a tener en cuenta, es que la inercia y la fuerza centrífuga en un avión de 300 Tm. es muchísimo mayor que en un avión de 1 Tm. lo que significa que el primero tiene mayores dificultades para mantener tasas de viraje elevadas.

### 1.8.5 Coordinador de viraje o bola.

La dirección de movimiento de un avión no es necesariamente la misma a la cual apunta su eje longitudinal, o lo que es lo mismo, el morro del avión. Es más, los aviones disponen de mandos separados e independientes para controlar la dirección de vuelo (alergones) y el punto adonde enfila el morro del avión (timón de dirección).

Para hacer un viraje, el piloto alabea el avión hacia el lado al cual quiere virar, mediante los alergones, y acompaña este movimiento girando el timón de dirección hacia ese mismo lado, presionando el pedal correspondiente. De este modo trata de poner al avión en una nueva dirección y mantener el eje longitudinal alineado con ella, lo que se llama un viraje coordinado. Si el piloto actuara sobre un solo mando, el avión trazaría la curva, penosamente, pero la acabaría trazando.

Si al actuar sobre ambos mandos, la cantidad de movimiento sobre uno de ellos es relativamente mayor o menor al movimiento dado al otro, el avión no hará un giro coordinado sino que girará "resbalando" o "derrapando", es decir su eje longitudinal apuntará a un punto desplazado de la dirección de movimiento. *Si el viraje es coordinado, el morro del avión apunta a la dirección de giro; si derrapa o resbala, apunta a un lugar desplazado de esta dirección.*

El instrumento que nos muestra la calidad del giro, es decir, si es coordinado, si el avión "derrapa", o si "resbala" es el coordinador de viraje o bola, lo cual le hace una referencia fundamental para la coordinación de los controles que intervienen en el giro (alergones y timón de dirección).

Esta parte del instrumento, consiste en un tubo transparente de forma curvada, que contiene en su interior un líquido, normalmente queroseno, y una bola negra de ágata o acero, libre de moverse en el interior de dicho tubo. El fluido del tubo actúa como amortiguador asegurando el movimiento suave y fácil de la bola.

La curvatura del tubo es tal que en posición horizontal la bola tiende a permanecer en la parte más baja del tubo. Dos líneas verticales en esta parte del tubo ayudan a determinar cuando la bola está centrada.

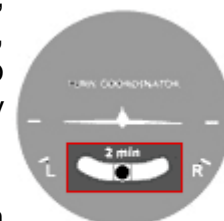


Fig.2.8.6 - "Bola"

La bola, lo mismo que el avión, está sometida a la fuerza de la gravedad y a la fuerza centrífuga provocada por el giro. En un giro coordinado, ambas fuerzas están compensadas y la bola debe permanecer en el centro del tubo, entre las dos líneas de referencia verticales. Pero si el giro no es coordinado las fuerzas no están balanceadas y la bola se desplazará a uno u otro lado del tubo, en la dirección de la fuerza mayor (gravedad o centrífuga). La bola sirve pues como indicador de balance de estas dos fuerzas, mostrándonos de forma visual la coordinación o descoordinación en el uso de los mandos.

### 1.8.6 Resbale y derrape.

**Resbale.** Si la bola cae hacia el lado del viraje, el avión está resbalando. La fuerza de la gravedad es mayor que la fuerza centrífuga. El régimen de viraje es demasiado bajo para la inclinación dada, o la inclinación es excesiva para ese régimen. Para corregir un resbale, hay que aumentar el régimen de viraje (más presión sobre el pedal del lado del viraje) o disminuir el ángulo de alabeo (menos deflexión en los alerones), o ambas cosas.

**Derrape.** Si la bola se mueve hacia el lado contrario al viraje, el avión está derrapando. La fuerza centrífuga es mayor que la gravedad. El régimen de viraje es demasiado alto para el alabeo dado, o el alabeo es insuficiente para ese régimen. Para corregir un derrape, se debe disminuir el régimen de viraje (menos presión sobre el pedal del lado del viraje) o aumentar el ángulo de alabeo (más deflexión en los alerones), o ambas cosas.

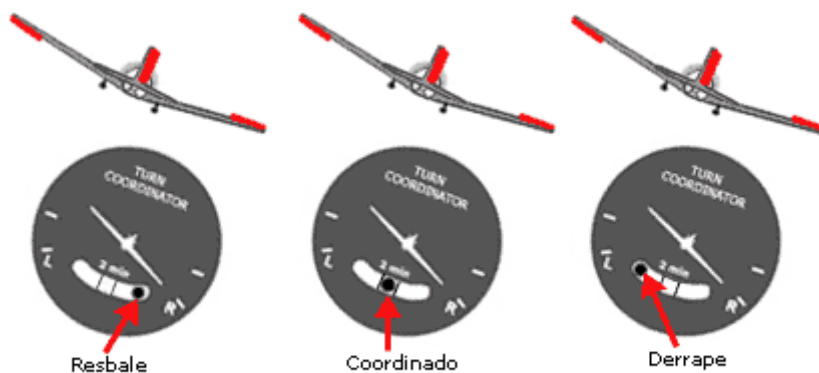


Fig.2.8.7 - La "bola" indica la calidad del viraje.

Es importante para el piloto, comprender que la bola debe mantenerse centrada en todo momento, tanto en los giros como en vuelo recto y nivelado, salvo que se desee realizar un resbale intencionado. Si la bola no está centrada, el avión no está volando eficientemente.



## Sumario:

- El indicador de viraje y coordinación consta de dos instrumentos: el indicador de viraje o "bastón" y el indicador de coordinación o "bola".
- El instrumento en su conjunto recibe el nombre de coordinador de giro o "bastón y bola".
- El indicador de viraje muestra si el avión está girando, hacia qué lado lo hace y la velocidad angular del viraje.
- Velocidad angular es el número de grados por segundo que gira el avión sobre un eje vertical imaginario.
- El funcionamiento del indicador de viraje se basa en la propiedad giroscópica de precesión.
- Hay dos tipos de indicador de viraje: de 2 minutos y de 4 minutos. El régimen normalizado para cada uno de ellos es de  $3^{\circ}$  por segundo ( $360^{\circ}/120''$ ) o de  $1,5^{\circ}$  por segundo ( $360^{\circ}/240''$ ).
- Un giro coordinado, con una tasa de viraje específica, requiere un ángulo de alabeo que depende de la velocidad con que se realice este viraje.
- En un viraje coordinado el morro del avión apunta a la dirección de giro; en un derrape o resbale no.
- La bola indica la relación entre el ángulo de alabeo y la tasa de viraje, o sea que indica la "calidad" del giro, es decir, cuando el avión mantiene un ángulo de alabeo adecuado para la tasa de viraje dada.
- En un resbale, el régimen de viraje es demasiado bajo para la inclinación dada, o la inclinación es excesiva para ese régimen.
- En un derrape el régimen de viraje es demasiado alto para el alabeo dado, o el alabeo es insuficiente para ese régimen.

## ANEXO 2 - Fotos de Policía Científica



**En ambas fotos se aprecia la niebla/neblina de fondo a 40 minutos de ocurrido el accidente.**

### ANEXO 3 (Extractado de <http://www.hispaviacion.es/desorientacion-espacial/>)

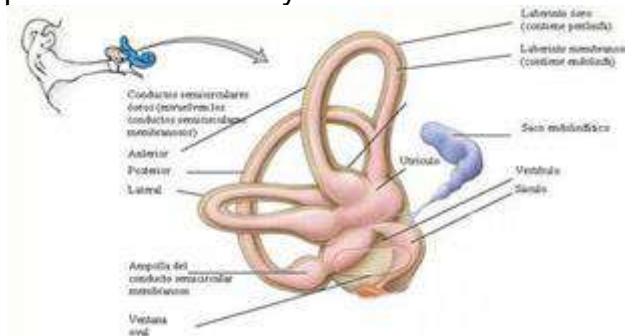
## Órganos de la orientación

Son tres los sistemas que nos permiten orientarnos correctamente en el espacio: el órgano de la visión, el aparato vestibular del oído interno y el sistema propioceptivo.

- **El aparato visual** está formado, por dos sistemas distintos. Uno por el que podemos identificar objetos de una forma detallada, visión focal, (dependiente de la visión central (fovea) de la retina). El otro sistema se refiere a la visión periférica (ambiental), en el que estarían involucradas las áreas más periféricas de la retina. El vuelo en condiciones visuales dependería de esta visión periférica.



- **El aparato vestibular** u órgano del equilibrio del oído interno, está formado por: Los canales semicirculares son tres conductos membranosos, situados en el interior del hueso temporal. En el interior de los canales se encuentra un líquido, “endolinfa”, similar al líquido cefalorraquídeo. Y entre la parte membranosa y la ósea se encuentra el líquido denominado “perilinfina”.



Cada canal termina en una zona más ancha o ampolla, donde a modo de protuberancia se encuentra la cresta ampollar, en la que se incluyen los receptores sensoriales. Su estimulación (al mover la cabeza) se debe al desplazamiento de la ampolla mediante el movimiento del líquido que la rodea (endolinfa).

Los canales semicirculares están situados en los tres planos del espacio uno en sentido horizontal y dos en sentido vertical por cada oído. De forma que los horizontales responderían a aceleraciones angulares en el sentido de derrape (guiñada) y los verticales a los movimientos de cabeceo y alabeo.

Si el estímulo no llega al umbral de estimulación (0,05 grados/seg<sup>2</sup>) no sería detectado por las células sensoriales, sería el caso de un alabeo suave que no rebase dicho umbral. Por otro lado, puede existir lo que se conoce como la sensación de ausencia de giro, en el que la velocidad, al ser constante las células sensoriales dejan de ser estimuladas.

Los canales semicirculares responden a movimientos de rotación o aceleraciones angulares compuestos por receptores dinámicos.

El órgano otolítico del oído interno se encuentra localizado delante de los conductos semicirculares e intercomunicadas con ellos y constituyen dos estructuras en forma de saco y perpendiculares entre sí (utrículo y sáculo).

Los órganos otolíticos, o receptores estáticos, que responden a estímulos producidos por la aceleración gravitoinercial y movimientos de traslación o aceleraciones lineales.

- **El sistema propioceptivo**, constituido por receptores sensoriales distribuidos en la piel, articulaciones, haces musculares y ligamentos, responde a una gran diversidad de estímulos como dolor, calor, presión y estiramiento. Son elementos que a través del sistema nervioso periférico, procesan una información relacionada con la situación relativa del sujeto con el medio que le rodea. Los tres sistemas estarían interrelacionados.



### Causas de la desorientación espacial

Podemos dividir las causas de desorientación espacial en dos grandes apartados: Errores sensoriales y Errores de Causa Central.

- **Errores sensoriales o de percepción** debidos a una información transmitida al SNC errónea. Entre ellos, podemos incluir los siguientes:

1. Información visual externa insuficiente. El piloto se desorientará porque no existen referencias visuales, debido a fenómenos atmosféricos (niebla, nubes, lluvia, etc.), o al vuelo nocturno. Incluso con buena visibilidad si no hay referencias del terreno que lo distinga (vuelo sobre arena, nieve, mar).

2. Fallo de los instrumentos. En este caso, la información dada por los instrumentos es equivocada o no existe ningún aviso del funcionamiento anormal de los mismos, o en situaciones donde las condiciones para el vuelo visual VFR no son las apropiadas.

3. Alteraciones de la visión. Son todas aquellas situaciones en que el piloto es incapaz de mantener la imagen en la retina como por ejemplo, las vibraciones de la aeronave, altas aceleraciones +Gz o la aparición de nistagmus (desplazamientos rápidos de los ojos).

4. Inadecuadas informaciones de causa vestibular. Se producen cuando las informaciones son inadecuadas, falta de estímulo debido a aceleraciones sostenidas durante más de 10 segundos, o respuestas de los receptores vestibulares a estímulos por debajo del umbral.

- **Los errores de causa central** se producen por un deficiente procesamiento de la información debido a que se realiza en situaciones de sobrecarga física y/o mental propia del vuelo o producida por enfermedad. Se distinguen:

1. Atención focalizada. Se asocia frecuentemente a situaciones de ansiedad, sobrecarga de trabajo y realización de múltiples tareas durante el vuelo (alumno piloto en su entrenamiento inicial). El piloto pone su atención de forma preferente (focaliza) en alguno de las actividades del vuelo descuidando otras, lo que lleva a una disminución de la atención en tareas críticas para la seguridad de vuelo.

2. Errores por costumbre, habituación, familiaridad. Son debidos a la familiarización del piloto con diversos fenómenos fruto de una experiencia anterior, como la altura de los árboles en determinadas zonas, disposición de un lado más brillante en un banco de nubes como consecuencia de la reflexión del sol o presencia de estrellas durante una noche cerrada. La mala interpretación por asociación de estos fenómenos, sin ayuda de los instrumentos, puede dar lugar a confusión de la distancia con respecto al suelo en la fase de aproximación. Confundir las luces de las estrellas con las del suelo o en el mar con las de posición de los barcos pesqueros sería ejemplos típicos de los errores por costumbre, habituación, familiaridad.

### Ilusiones visuales

En aviación distinguimos, dos tipos de vuelo: vuelo visual VFR o vuelo instrumental IFR. Este último también necesita de la visión por lo que los dos serían “vuelo visual”.

La divergencia entre lo que el piloto percibe y la realidad es lo hemos denominado como Ilusión.

Podemos distinguir diferentes tipos de ilusiones visuales:

1. Movimiento relativo de una aeronave con respecto a otra, ocurre durante vuelos en formación o en los estacionarios de aeronaves de ala rotatoria sobre terrenos en los que se produce un movimiento sincrónico y uniforme por el impacto del aire desplazado por el rotor de la aeronave. Sería el caso de vuelo estacionario sobre agua o campos de trigo o hierba. Hace que el piloto tenga una falsa sensación de movimiento cuando centra su atención en una referencia visual cercana. En el rodaje en la pista de despegue al mirar a un puente de carga moviéndose en el exterior del avión, da la sensación de que el avión se está moviendo.



2. Falsa interpretación de señales externas, ocurre al volar entre un banco de nubes inclinado, confundiéndolo con el horizonte.

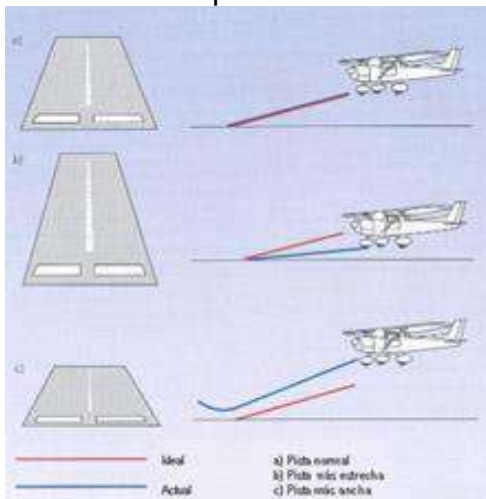
3. Ilusiones estructurales, las imágenes de objetos pueden verse deformadas por la refracción producida al interponerse una estructura no plana, como el cristal de una cúpula o por fenómenos meteorológicos (lluvia, niebla, nieve).

4. “**Flicker vertigo**”, originado por la rotación de las palas del helicóptero que puede reflejar las luces anticollisión de éste, o simplemente la luz solar que incide sobre ellas. Produce un cuadro que cursa con sensación nauseosa y vómitos, cuando la frecuencia de estimulación oscila entre los 4 y 20 ciclos por segundo.



**5. Perspectiva aérea**, se produce durante las maniobras de aproximación y aterrizaje; es importante tener una idea exacta de la altura y distancia a recorrer, que pueden ser interpretadas erróneamente dependiendo de la anchura y longitud de la pista así como de las características del terreno alrededor de la misma.

**6. Efecto autocinético**, se produce en la oscuridad cuando fijamos, durante un tiempo prolongado, nuestra vista en un punto aislado luminoso del exterior, dando la sensación de que el punto luminoso se mueve. Está en relación con el número, tamaño e intensidad de las luces, por lo que la señalización de aeronaves o torres se realiza con puntos de luz intermitentes.



**7. Confusión de referencias**: son ilusiones visuales que se originan al confundir referencias luminosas, debido a la especial disposición de las mismas (carreteras, líneas de ferrocarril, etc.) o a su similitud con referencias visuales normales durante la noche (cielo estrellado y señalización de barcos en áreas cercanas a la costa).

**8. Efecto “agujero negro”**, es una situación parecida a la anterior, se produce si el piloto confía en una aproximación visual a un aeropuerto cercano al mar y donde las luces de la ciudad son el punto de referencia.

### Ilusiones vestibulares

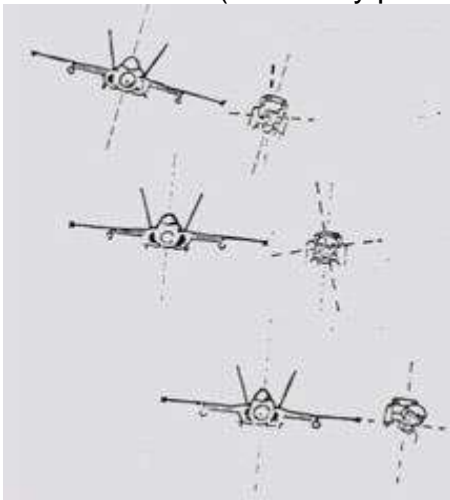
Podemos distinguir dos tipos de ilusiones vestibulares:

- Las ilusiones dependientes de los canales semicirculares
- Las ilusiones del órgano otolítico.

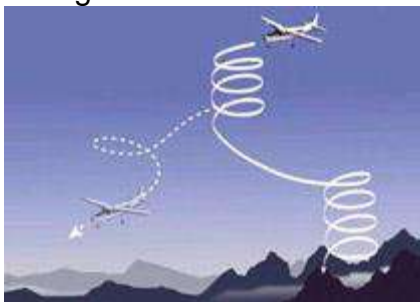
### Ilusiones dependientes de los canales semicirculares o somatogiras

**1. “ladeos o leans”**, son las ilusiones vestibulares más frecuentes y se producen debido a que el movimiento del avión no produce estimulación de los canales semicirculares ya que está por debajo del umbral ( $2,5 \text{ }^\circ/\text{s}^2$ ). El ejemplo más típico es cuando un avión inicia un alabeo derecho o izquierdo por debajo del umbral de estimulación. Cuando por los instrumentos (horizonte) el piloto se da cuenta

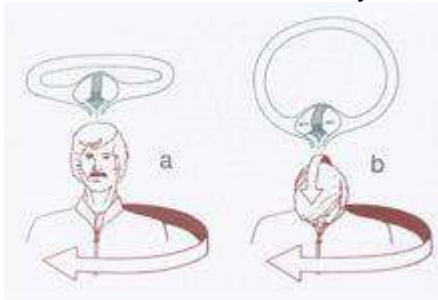
de su posición, al corregir mediante una maniobra brusca, es cuando los canales semicirculares se estimulan por encima del umbral y hace que la sensación que tiene el piloto es de estar inclinado hacia el lado contrario aunque esté volando correctamente (derecho y paralelo al suelo).



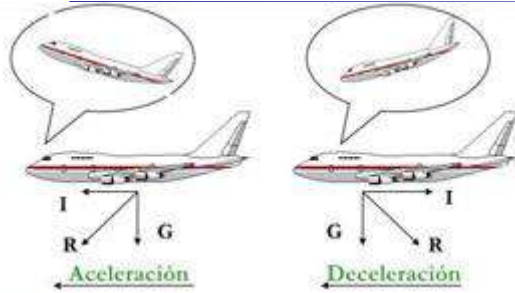
**2. La barrena** es otra ilusión vestibular producida por la estimulación constante de un canal semicircular, por lo que las crestas ampulares dejan de detectar el estímulo. Cuando el piloto comprueba los instrumentos intentará recuperar el avión, lo que hará estimular su canal semicircular en sentido opuesto; si intenta corregir esta falsa sensación entrará de nuevo en la barrena original.



**3. El efecto Coriolis**, es debido a la estimulación cruzada de dos canales semicirculares de planos diferentes. Se produce cuando durante un giro el piloto realiza un movimiento brusco de la cabeza siendo la sensación la de rodar por una pendiente. Este efecto se puede producir si en un giro mantenido se realiza un movimiento súbito mayor de  $3^\circ$  por segundo.



**4. Ilusión oculogira:** es la sensación de movimiento de un objeto cuando se observa bajo los efectos de las aceleraciones angulares. La estimulación del aparato vestibular, debido a las interconexiones vestibulo-oculares, origina un movimiento de los globos oculares produciendo la sensación de que el objeto se mueve.



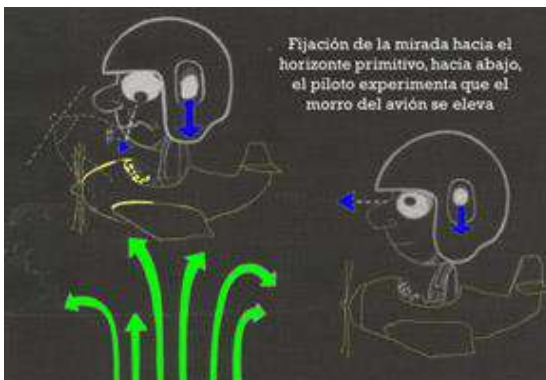
### Ilusiones dependientes del órgano otolítico o somatográvicas

Se definen como aquellas en las que existe una percepción errónea de la posición del sujeto, cuando se somete a una fuerza que es diferente en magnitud y dirección a la gravitoinercial de la superficie terrestre. Los receptores del órgano otolítico responden a los estímulos procedentes de la fuerza de la gravedad y a aceleraciones de tipo lineal.

Cuando un avión acelera o decelera (maniobras de despegue y aterrizaje) la fuerza de inercia, junto con la fuerza de gravedad, tiene como resultante una fuerza que nos simula el cabeceo hacia arriba de la aeronave en caso de aceleración, o hacia abajo en caso de deceleración. Es la ilusión **somatográvica**. La **inversión gravitoinercial** ocurre al nivelar la aeronave bruscamente a una altura deseada, durante su ascenso en forma de parábola. Como consecuencia de ello, el piloto se somete a una fuerza  $-G_z$  hasta el momento de nivelar, a la que se añade otra  $+G_x$ , además de la fuerza gravitoinercial normal,  $1G$ . El resultado es una fuerza que se dirige hacia atrás y arriba con respecto a la posición del piloto, estimulando los otolitos, notando la sensación de estar en vuelo invertido.



**Ilusión en ascensor**, se origina en caso de aceleraciones  $+G_z$  en sentido vertical; el resultado es la fijación de la mirada hacia el horizonte primitivo, es decir, hacia abajo. El piloto experimentará que el morro del avión se eleva. **Ilusión oculográvica**, está en relación con la ilusión somatográvica aunque afecta a la percepción por el aparato visual. Se define como el aparente movimiento de un objeto, que realmente está fijo en relación con el cambio de magnitud o dirección de la fuerza gravitacional. Son ilusiones que se acompañan de un reflejo vestibulo



ocular originando un nistagmus postrotacional con la consecuente alteración visual.

### Ilusiones del sistema propioceptivo



Generalmente aparecen como combinación de las ya descritas para el Sistema Visual y Vestibular. En condiciones de gravedad +1 nuestros receptores sensoriales periféricos nos informan de la posición de nuestro cuerpo con relación al exterior.

Durante el vuelo, en que se están realizando diversos tipos de maniobras, la combinación de la fuerza de gravedad a que es sometido el piloto con las fuerzas de inercia, puede dar origen a diversos tipos de sensaciones, la más común es de ascenso en ausencia de referencias visuales cuando se acelera y descenso cuando se decelera.

El vértigo alternobárico es la intensa sensación vertiginosa que aparece tanto durante el ascenso como descenso, sobre todo a cotas bajas, donde los cambios de presión son mayores. Es de aparición súbita y está relacionado directamente con los cambios de presión que se producen en el oído medio. El vértigo es intenso, acompañado de visión borrosa y movimiento del campo visual. Parece estar directamente relacionado con alteraciones agudas o crónicas que interfieren con la correcta apertura de la trompa de Eustaquio, o cuando se requieren presiones por encima de 4,31 Kpá para abrirla.

### **Prevención de la desorientación espacial.**

Muchos van a ser los factores que deben considerarse dentro de este apartado. Podemos clasificarlos en:

#### **1. Factores que dependen de la aeronave.**

\* Distribución de la cabina (Instrumentación).

**Aspectos ergonómicos:** Las cabinas deberían estar ergonómicamente diseñadas para que no sea necesario realizar movimientos bruscos de cabeza para acceder a los instrumentos; en aterrizajes, despegues y maniobras acrobáticas estos movimientos pueden generar ilusiones. Se debe poner atención para que una cabina sea ergonómica en el color y la disposición de las luces, colocación del panel de instrumentos, localización de palancas, disposición del asiento, diseño de la cúpula, etc.

**Los instrumentos:** En condiciones de vuelo no visual los instrumentos deben ser claros y fiables. En la aviación militar, la utilización del “Head Up Display” (HUD) es de gran ayuda en el intercambio de información desde el medio externo y la cabina. Ciertos sistemas como el horizonte artificial mediante rayo láser “tipo Malcom”, permite una mejor orientación y utilización de la visión periférica.



Si el vuelo es IMC (Instrumental) Haz caso de los instrumentos  
Si el vuelo es VMC (visual) Mira el Horizonte